8° R 7136 1

Paris
1886

Wundt, Wilhelm

Eléments de psychologie physiologique

Volume 1

ÉLÉMENTS

DE

PSYCHOLOGIE PHYSIOLOGIQUE

TOME PREMIER

8°R
7156

A LA MÊME LIBRAIRIE

BAIN. **L'esprit et le corps.** 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale*, 4e édition, cart., 6 fr.

BAIN. **Les sens et l'intelligence.** 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, traduit par M. CAZELLES, 10 fr.

BAIN. **Les émotions et la volonté,** traduit par M. LE MONNIER. 1 fort vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 10 fr.

CHARLTON BASTIAN. **Le cerveau, organe de la pensée chez l'homme et chez les animaux.** 2 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale*, avec figures, cart., 12 fr.

DELBŒUF. **Psychophysique,** mesure des sensations de lumière et de fatigue ; théorie général de la sensibilité. 1 vol. in-18. 1883, 3 fr. 50.

L. DUMONT. **Théorie scientifique de la sensibilité.** 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale*, 3e édition, cart., 6 fr.

FERRIER. **Les fonctions du cerveau.** 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 10 fr.

HŒCKEL. **Psychologie cellulaire.** 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 2 fr. 50.

H. SPENCER. **Principes de psychologie.** 2 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, traduits par MM. RIBOT et ESPINAS, 20 fr.

LOTZE (H.) **Principes généraux de psychologie physiologique,** traduit par M. PENJON. 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 2 fr. 50.

LUYS. **Le cerveau et ses fonctions,** avec figures. 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale*, 4e édition, cart., 6 fr.

MAREY. **La machine animale,** locomotion terrestre et aérienne, avec de nombreuses fig. 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale* 3e édition augmentée 1886, cart., 6 fr.

MAUDSLEY. **Le crime et la folie.** 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque scientifique internationale*, 5e édition cart., 6 fr.

MAUDSLEY. **La pathologie de l'esprit.** 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 10 fr.

PREYER. **Éléments de physiologie,** traduits de l'allemand par M. Jules SOURY 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine* 1884, 5 fr.

TH. RIBOT **La psychologie allemande contemporaine** (HERBART, BENEKE, LOTZE, FECHNER, WUNDT, etc.) 1 vol. in-8 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 2e édition, 7 fr. 50.

TH. RIBOT. **Les maladies de la mémoire.** 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 3e édition, 2 fr. 50.

TH. RIBOT. **Les maladies de la volonté.** 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine*, 3e édition, 2 fr. 50.

TH. RIBOT. **Les maladies de la personnalité.** 1 vol. in-18 de la *Bibliothèque de philosophie contemporaine* 1885, 2 fr. 50.

ROSENTHAL. **Les nerfs et les muscles.** 1 vol. in-8, avec 75 figures de la *Bibliothèque scientifique internationale*, 3e édition, cart., 6 fr.

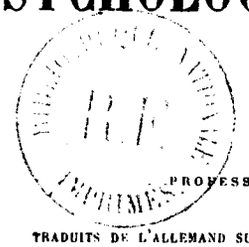
JAMES SULLY. **Les illusions des sens et de l'esprit.** 1 vol. in-8 avec figures de la *Bibliothèque scientifique internationale*, cart., 6 fr.

3071. — ABBEVILLE, TYP. ET STÉR. A. RETAUX. — 1885.

ÉLÉMENTS

DE

PSYCHOLOGIE PHYSIOLOGIQUE



PAR

W. WUNDT

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LEIPZIG

TRADUITS DE L'ALLEMAND SUR LA DEUXIÈME ÉDITION AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR

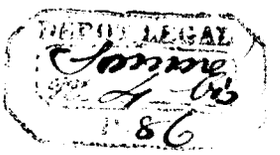
Par le Dr ÉLIE ROUVIER, de Pignan

PRECÉDÉS D'UNE NOUVELLE PRÉFACE DE L'AUTEUR

Et d'une Introduction par M. D. NOLEN, recteur de l'Académie de Douai

AVEC 180 FIGURES DANS LE TEXTE

TOME PREMIER



PARIS

ANCIENNE LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET Cie

FÉLIX ALCAN, ÉDITEUR

108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 108

1886

Tous droits réservés

A

MON MAITRE EN PHILOSOPHIE ET AMI

M. DÉSIRÉ NOLEN

RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE DOUAI
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR
ANCIEN PROFESSEUR DE PHILOSOPHIE
ET DOYEN DE LA FACULTÉ DES LETTRES DE MONTPELLIER.

Seul, sans professeur, je venais d'apprendre l'allemand, quand vous m'avez proposé de faire passer dans notre langue la grande œuvre psychologique de Wundt. Grâce à vos encouragements, à vos conseils et à un éditeur éclairé, j'ai entrepris cette tâche, qui n'a pas été sans labeur, on le pense bien, mais dans laquelle, je le déclare, j'ai trouvé en même temps profit et attrait. Puissé-je n'avoir pas trompé votre confiance et trop présumé de mes forces !

Le traducteur,

Dr ÉLIE ROUVIER.

Pignan-l'Hérault, près Montpellier, 2 *juin* 1885.

ERRATA

TOME PREMIER.

Page 107, ligne 28, *lire :* dissociation macroscopique, *au lieu de :* dissociation microscopique.

Page 154, ligne 12, *lire : d'*irrécusables, *au lieu de :* irrécusables.

Page 335, dernière ligne de la légende de la figure 98, *lire :* internes, *au lieu de :* inernes.

Page 337, dernière ligne de la légende de la figure 99, *lire :* tissu cuti*cu*laire, *au lieu de :* tissu cutilaire.

TOME SECOND.

Page 227, ligne 7, *lire :* semble-t-*il*, *au lieu de :* semble-t-elle.

INTRODUCTION

Le livre dont nous présentons la traduction au public n'est pas l'œuvre d'un inconnu. Depuis plusieurs années déjà, le nom de l'auteur est familier aux philosophes de notre pays. La *Psychologie allemande* de M. Ribot, la *Revue philosophique*, les leçons de M. Soury à l'École des hautes études ont contribué à le faire connaître. Wundt est, de tous les philosophes allemands, sans en excepter Fechner, celui qui représente le mieux la psychologie nouvelle.

Il s'est préparé de longue date à ce rôle. Ses premières études le portèrent vers les problèmes de physiologie. La *Physiologie humaine*, traduite par Bouchard en 1872, et qui en est à la quatrième édition allemande ; son *Traité de physiologie médicale*, traduit par Monoyer, et qui vient d'avoir les honneurs d'une seconde édition française, montrent assez combien il était versé dans les sciences qui touchent de plus près à la psychologie.

Son premier livre de philosophie fut un *Essai sur la théorie de la perception* (Beiträge zur Théorie der Sinneswahrnehmung. — Heidelberg. Winter, 1862). Il y examine les questions relatives à la physiologie des sens, à la vision en particulier. Ses *Leçons sur l'âme de l'homme et des bêtes* (Vorlesungen uber die Menschen und Thierseele 1863) sont consacrées à des recherches sur la sensation,

la mémoire, l'intelligence, et particulièrement, sur le développement esthétique, moral, social, sur le langage enfin de l'homme et des animaux. C'est la doctrine, ébauchée dans ces deux ouvrages, qu'il reprend, après dix années d'observations et d'études de tout genre, dans les *Éléments de psychologie physiologique* (Grundzüge der physiologischen Psychologie. Leipzig. Engelmann, 1874).

Il ne se borne pas à exposer le résultat de ses propres découvertes : il résume et corrige sur certains points les travaux de ses prédécesseurs. Lotze, dans sa *Medicinische Psychologie oder Physiologie der Seele*, 1852, dans d'importants articles du dictionnaire de Wagner, comme dans son *Microcosme*, 1856-64, combattait la vieille doctrine de la force vitale, démontrait les principes de son mécanisme et développait la théorie des signes locaux. Weber et Volkmann avaient, dans le dictionnaire de Wagner, publié leurs ingénieuses analyses des divers sens. Fechner, dès 1860, donnant enfin son nom à la science nouvelle et en déterminant la méthode, faisait paraître ses *Éléments de psychophysique*. Il les enrichissait d'un nouveau chapitre dans sa *Préparation à l'Esthétique* (Vorschule der Aesthetik, 1876), et répondait à de récentes attaques dans : *Au sujet de la psychophysique* (In Sachen der Psychophysik, 1877). Les beaux travaux d'Helmholtz, sur la théorie des perceptions visuelles et auditives, parurent de 1856 à 1866. Enfin les expériences originales de Panum, de Donders, de Hering sont à peu près du même temps.

Tous ces efforts allaient trouver leur appréciateur et leur juge dans le nouvel auteur.

Une seconde édition des *Éléments de psychologie physiologique*, parue en 1880, vint attester le succès de l'œuvre.

Ce que veut Wundt, c'est une psychologie résolûment engagée dans les voies de la science, qui laisse de côté les abstractions pour les faits, et applique aux faits intérieurs dans la mesure du possible l'expérimentation et la mesure.

Tout d'abord, il commence par une étude minutieuse du système nerveux, de ses éléments, de ses formes, de ses voies conductrices, de ses fonctions physiologiques, de l'action nerveuse enfin. Il résume avec précision les récentes découvertes, faisant la part du certain et de l'incertain, et insistant surtout sur ce point, que les éléments nerveux n'ont point d'activité spécifique, que leurs relations et l'exercice rendent suffisamment compte de leurs fonctions diverses : il réfute, en un mot, la théorie des énergies spécifiques.

La loi de Weber est ensuite l'objet de son analyse : il montre bien ce qu'elle peut ; et, sans en exagérer la valeur, ni prêter le flanc aux critiques d'Hering et de Delbœuf, il y voit une mesure relative, applicable aux sensations, mais dans certains cas seulement.

Le chapitre sur la qualité des sensations est une étude très développée des nuances infinies qui différencient les sensations diverses. L'étude des sensations lumineuses est surtout approfondie, et prête à de curieuses remarques, notamment en ce qui concerne l'hypothèse de Young-Helmholtz.

La discussion sur les signes locaux, l'examen des théories nativistes et génétiques sont tout à fait dignes d'attention.

L'auteur arrive à la conscience et se demande jusqu'où elle s'étend. Il n'admet pas l'existence d'idées inconscientes. Il consacre une courte mais substantielle étude à la conscience de soi-même.

Puis nous voyons se succéder de très curieuses pages sur le temps que met une impression pour être aperçue, suivant qu'elle est simple ou complexe, ou qu'il s'agit d'une série de représentations. Et, à ce propos, l'auteur ouvre une très intéressante discussion sur l'équation personnelle des astronomes.

Le chapitre sur les liaisons associatives et les liaisons aperceptives mérite une étude particulière.

Le rôle attribué à l'aperception marque bien la distance qui sépare la doctrine de Wundt du pur empirisme.

Nous ne trouvons que peu de chose sur la mémoire, l'imagination, le talent, les émotions : Wundt s'occupe surtout des faits élémentaires et non des manifestations élevées de l'intelligence.

Il fait du sommeil une analyse assez curieuse dans sa brièveté, et croit pouvoir en conclure que l'organe de l'aperception est le siége du sommeil.

Le chapitre sur la volonté est capital. Wundt montre que l'aperception active et la volonté ne font qu'un; que la volonté est une faculté primordiale; que l'activité externe de la volonté n'est qu'une forme de l'activité interne; que les mouvements automatiques et réflexes ont été d'abord voulus; que le mouvement instinctif est la forme primitive du mouvement volontaire, et que de l'instinct dérivent toutes les autres manifestations de l'activité.

A propos des mouvements d'expression et des trois lois qui les gouvernent, à propos du langage du geste et du langage articulé, il met bien en lumière le rôle et la force de l'instinct.

Il termine en disant son mot sur les hypothèses métaphysiques. Le matérialisme est jugé de main de maître, le spiritualisme est finement réfuté, et l'animisme jugé avec une certaine faveur.

Non content d'avoir mis dans cet ouvrage les résultats de ses propres recherches, comme de celles de ses devanciers Lotze, Weber, Wolkmann, Donders, Fechner, Helmholtz, à la portée du public, Wundt a entrepris d'initier les esprits curieux aux procédés de la psychologie nouvelle. Il a organisé à Leipzig un laboratoire qu'il enrichit chaque jour des appareils les plus ingénieux, et commencé, avec le concours de ses élèves, une série d'expériences, dont une revue publie les résultats sous le nom d'*Études philosophiques*. « On n'y trouve, dit-il, aucun de ces travaux qui sont les « plus courants objets de la presse philosophique, tels que l'im- « manence et la transcendance, le concept de l'être, une faute « d'impression chez Kant; et pourtant ils s'appellent études phi- « losophiques : cela a étonné les uns ou provoqué chez les autres « leurs observations malveillantes et non déguisées. » Deux vo-

lumes ont déjà paru. Il y répond aux objections, reprend et développe ses idées. C'est ainsi que, dans deux articles, il défend la loi psychophysique contre les objections de Zeller, et repousse l'accusation d'inventer des sensations, que lui adresse Volkelt; ou revient sur les méthodes psychologiques, sur le concept d'âme, sur la théorie des concepts abstraits. De nombreux articles sont dus à la plume de ses collaborateurs. Ce sont pour la plupart des essais sur la mesure des faits psychologiques, tentés en commun ou poursuivis isolément dans le laboratoire.

On aurait tort néanmoins de croire que Wundt ramène toute psychologie à la psychologie physiologique. Il sait très bien que les faits élémentaires, que les facultés inférieures se prêtent seuls aux recherches expérimentales.

Mais pour la vie plus complexe, plus haute de l'âme, il faut d'autres moyens d'investigation. Il revient à maintes reprises sur ce sujet dans sa logique surtout, dans un article d'*Unsere Zeit*, intitulé : le problème de la philosophie expérimentale, dans ses études philosophiques (1^er^ fascicule « *les méthodes psychologiques* »).

Dans sa *Logique* (2^e^ vol., 482 à 502) « *les moyens et méthodes de la psychologie,* » il parle d'abord de la méthode psychophysique, puis recommande la méthode de la psychologie comparée, l'étude des enfants, des malades, l'ethnographie, et la méthode philologique et historique. C'est surtout dans ses *Essais sur l'âme de l'homme et des bêtes* qu'il faut voir le parti qu'il sait tirer de la psychologie comparée. Sur le développement du sens moral et religieux, il abonde en fines observations. Cette année même, il fait son cours sur le profit qu'on peut tirer du langage pour la psychologie. Ce qu'il veut avant tout, c'est ramener la psychologie dans les voies de la science. Cette psychologie nouvelle s'inspire donc à toutes les sources: elle ne rejette que ce qui n'est pas fondé sur les faits, sur l'expérience.

En regard de cette psychologie et de ses méthodes, mettons,

pour en mieux faire ressortir le caractère original, plusieurs traités qui ont paru chez nous dans ces derniers temps, trois œuvres assurément distinguées à des titres divers : la *Psychologie* de M. Janet, celle de M. Rabier, celle de M. Charles. Ce sont, il est vrai, des livres inspirés par des préoccupations pédagogiques : ils sont dominés par un programme, et, dans une certaine mesure, par une doctrine générale. Mais bien que faits pour des écoliers, ils ne s'adressent pas moins à des hommes. Quels que soient leurs mérites différents, ils ont tous celui de nous exercer à penser, de nous habituer à ne nous point payer de mots, à aller au fond des choses; ils nous délivrent enfin de ce qui les a précédés : et c'est un précieux service. Mais, au fond, la psychologie des trois auteurs est surtout une théorie de la connaissance et une métaphysique de l'âme, une étude des lois de la connaissance et du principe pensant. C'est à démontrer l'unité et la liberté du moi, et la valeur des vérités *à priori* qu'une grande partie de ces ouvrages est consacrée. Or ce sont là des objets métaphysiques au premier chef, dont la psychologie n'a pas à s'occuper. On ne peut se résoudre à admettre qu'on ne parle pas de la nature de l'âme dans une psychologie. Pourtant on fait bien de la physique, sans se prononcer sur la nature de la matière : pourquoi n'en serait-il pas de même en psychologie?

Ce n'est pas que Wundt soit étranger à la curiosité métaphysique.

Métaphysicien, il l'est à ses heures : et pour dissiper sur ce point tout malentendu, il a, dans deux circonstances solennelles, protesté de son respect pour la recherche métaphysique. En 1874, le 31 octobre, il prononçait à Zurich « *sur le rôle de la philosophie de notre temps* » un important discours. La philosophie de notre temps, disait-il, paraît s'inspirer de Kant. « Mais la marque de « notre développement scientifique paraît être, en général, une « philosophie unitaire, monistique. Personne ne méconnaît que « notre science a des bornes, et qu'elle en aura toujours. Mais si « loin qu'elle s'étende, elle veut former un tout intimement uni,

« et proteste contre la tentative de la diviser en deux parts tout à « fait distinctes. Ces idées flottantes entre le rationalisme et le « mysticisme sont aujourd'hui pour la science un point de vue « dépassé. » (P. 14).

Et en effet, « toute expérience est tout d'abord expérience « interne. C'est ainsi qu'une philosophie monistique est le but de « la science, et elle ne peut être qu'une doctrine qui reconnaît « absolument la priorité de l'expérience interne, par conséquent « l'idéalisme. » (P. 14). Ce but ne peut pas être atteint, sans doute, par la même méthode que celle des successeurs immédiats de Kant. Mais il ne faut pas mépriser pour cela leur œuvre. « L'effort puis- « sant qu'ont tenté les successeurs de Kant ne doit pas être sté- « rile pour nous. De la définition de l'histoire de Hegel, nous « devons au moins retenir ceci, qu'un développement spéculatif, « qui a dominé une génération, ne peut avoir été une pure erreur. « Une philosophie moniste a été pour la première fois développée « avec une conséquence philosophique par le nouvel idéalisme « allemand. En outre, cette doctrine a cet autre mérite, qu'elle « a ramené tous les domaines de la vie spirituelle, l'État et la « société, l'histoire et l'art, à l'idée d'un développement de pen- « sées intérieurement nécessaire, idée qui, même dans le cercle « étroit de la méthode dialectique, n'a pas perdu la force d'une « vérité évidente. La science de la nature elle-même n'a pas « échappé à son action, comme le démontrent plusieurs doctrines « qui, dans la théorie du développement de la biologie actuelle, « rappellent, comme un écho, la philosophie de la nature de « Schelling. Pendant que cette direction de l'idéalisme, qui com- « mence à Fichte, veut être jugée d'après ses principes les plus « généraux, si on ne veut pas en méconnaître la valeur, Herbart « excelle à l'analyse pénétrante des concepts de détail. Le mérite « de son système sera peut-être apprécié à sa juste valeur, lors- « qu'il n'y aura plus d'école qui porte les entraves de son système. « La philosophie ne doit donc pas marcher de l'avant, parce que

« tout son passé n'est que faute, qu'erreur, mais parce que la « science a marché pendant qu'elle restait stationnaire. » (P. 20).

« Le rôle de la philosophie est de vivre en bons rapports avec « les sciences particulières ; elle leur emprunte ce qui lui est « nécessaire, la base de l'expérience, et leur communique ce dont « elles ont besoin, l'accord général des connaissances. » (P. 21.)

Il reprenait les mêmes idées dans son discours inaugural à l'université de Leipzig, en 1875 : « *De l'influence de la philosophie sur les sciences expérimentales.* » Tandis que rien n'était plus commun autrefois, que l'éloignement des savants pour la philosophie, rien n'est plus fréquent aujourd'hui que d'entendre proclamer parmi eux « que Kant est le philosophe dont le point de vue se rapproche le plus de celui des sciences expérimentales. » Ce n'est pas que les savants soient plus familiers qu'autrefois avec les subtilités de la doctrine de Kant : mais ils sont frappés de l'idée générale « que Kant se fait de l'essence de notre connaissance. Elle est, « d'après lui, la résultante d'un côté de l'expérience, de l'autre « d'éléments tels qu'ils existent dans notre conscience avant l'ex- « périence, et servent à lui donner la forme, à l'ordonner. Or « c'est à une pareille conception, que de différents côtés, et de « leur propre mouvement, les sciences expérimentales sont ame- « nées aujourd'hui. » (P. 47).

C'est ainsi que la théorie de la connaissance et la métaphysique sont pleines de ces influences. Il faut donc que la philosophie d'aujourd'hui se fasse l'interprète de ce besoin du siècle.

Ce monisme idéaliste, inspiré par Kant, qui paraît être le secret désir de Wundt, cherchons à en dégager les traits principaux. Nulle part l'auteur ne nous a livré toute sa pensée : nous pouvons essayer de la deviner. Nous en rechercherons les éléments dans *la Logique* publiée en 1880 et en 1883, et dans la deuxième édition de *la Psychologie physiologique*, 1874-1880. Il semble bien que, dans la logique, l'auteur se soit préoccupé de bien définir et de bien justifier les concepts dont il a fait usage en psychologie. Il

nous expose la théorie de la connaissance à laquelle obéit sa psychophysique. Écoutons-le.

« L'antique scepticisme n'a pas seulement raison en ce qu'il « considère les sensations ou plus généralement les faits élémen- « taires de notre conscience comme la seule chose qui nous soit « immédiatement certaine, mais encore en ceci qu'il n'accorde à « ces faits qu'une certitude subjective. Mais il aurait dû en con- « clure que toute certitude objective est de nature médiate, et est « toujours le résultat du travail auquel la pensée soumet les faits « immédiatement donnés par la conscience. » (P. 379, 1er vol. de *la Logique.)*

« Quels sont les critères logiques d'après lesquels nous déci- « dons qu'un objet est donné à notre pensée ! Nous avons beau « chercher, nous n'en trouvons pas d'autre que le suivant : une « multiplicité déterminée de propriétés et d'états se rencontre avec « une certaine constance. » (P. 410, t. I, *ibidem.*)

Mais nous aurions tort de croire que l'expérience nous garantisse cette constance. La question de savoir si un objet nous est donné ou non est finalement toujours décidée par un acte souverain de notre pensée, qui ne trouve jamais dans les conditions extérieures de la perception de motifs suffisants pour une telle décision.

Et cette capacité, la pensée ne la possède que grâce à la nature une de notre conscience de nous-mêmes. (*Selbstbewusstsein*). L'autonomie de notre moi et la corrélation continue de nos représentations jettent leur reflet sur les choses qui nous entourent.

C'est ainsi que se forme en nous le concept de matière. Il ne peut donc s'appliquer au sujet pensant. « Le concept qui sort ainsi « de l'action réciproque de la pensée et de ses objets ne peut être « transporté au sujet pensant lui-même. Ce dernier est immédia- « tement sûr de lui-même, et les motifs qui nous portent à sup- « poser derrière l'être sensible un être différent, quoique toujours « seulement hypothétique, font absolument défaut. Car jamais le

« sujet ne peut avoir une raison de se considérer lui-même et son « activité pensante comme une apparence. Que les objets de la « perception puissent être ainsi traités par la pensée, cela se com- « prend parfaitement puisqu'ils sont justement des objets de la « pensée; mais comment la pensée se prendrait-elle elle-même « pour objet, de telle sorte qu'à la place de la certitude immédiate « de son état actif propre, elle placât un objet hypothétique? C'est « une pensée tout à fait insoutenable. » (P. 486, t. I, *ibidem.)*

« Le concept de substance n'a pour l'expérience interne une « application légitime que dans le domaine des processus psycho- « physiques, c'est-à-dire que pour tout le contenu matériel de « notre expérience interne, qui est toujours accompagnée de phé- « nomènes physiques.

« Encore ici ne s'agit-il pas de développer un concept de subs- « tance sur l'unique fondement de l'expérience interne; mais, « puisque le substrat de nos représentations doit être considéré « comme le substrat des phénomènes physiques concomitants, « toute la tâche consiste seulement à compléter le concept de subs- « tance matérielle de manière à le rendre capable de servir de fon- « dement aux phénomènes psychiques. » (P. 481, t. I, *ibidem.)*

Mais, qu'on ne l'oublie pas, on n'a toujours ainsi qu'un concept hypothétique.

En résumé, nous nous plaçons d'abord au point de vue du sujet pensant, qui regarde le monde comme la somme des représentations objectives élaborées par lui ; en second lieu, nous nous considérons nous-mêmes comme un objet donné dans l'ensemble général du monde, qui est soumis aux mêmes lois que tous les autres objets. Aussi longtemps que nous laissons séparées ces deux manières différentes de voir, aucune contradiction ne s'élève entre elles. « Mais on peut toujours demander si l'une « de ces manières de voir n'a pas sur l'autre des avantages qui lui « assureraient pour l'usage métaphysique une certaine primauté. « C'est en fait ce qui arrive évidemment dans la doctrine qui se

« préoccupe davantage de la production des objets par la pensée. « Car elle a sur l'autre, qui considère le sujet pensant lui-même « comme un objet en mouvement, cet avantage incomparable, que « le sujet est donné à lui-même comme un objet de réalité immé- « diate. Que ce même sujet ait d'ailleurs toute raison de croire « qu'il ne possède pas seul la réalité, puisqu'il n'est conscient de « sa propre existence que par son rapport continuel avec cette « réalité médiate, qui lui fournit les objets de sa représentation « et de sa pensée : en tout cas rien ne vient contredire l'idée méta- « physique, que le monde objet, dans son être immédiat, doit être « conçu d'après l'analogie du sujet pensant, tandis que la vue « opposée, que notre sujet ne possède en lui-même que les pro- « priétés des objets de nos représentations, est réfutée immédia- « tement par l'expérience interne. » (P. 548, t. I, *ibidem.)*

Quoi qu'il en soit, les problèmes métaphysiques ne peuvent se résoudre par l'expérience. « D'où l'expérience tirerait-elle les res- « sources pour résoudre des problèmes comme celui de la généra- « lité, de la causalité, de la liberté de la volonté, ou le rapport de « la réalité immédiate à la réalité médiate? Le seul conseil que « l'empirisme puisse donner en face de ces problèmes est de ne « pas s'occuper de ces questions, conseil qu'il est facile de donner, « mais difficile de suivre, alors que les plus hauts intérêts de la « vie théorique et pratique de l'homme exigent impérieusement « une réponse. Il n'y a du moins ici qu'une exigence justifiée, « c'est que l'on cherche une réponse, autorisée par le travail de la « pensée sur l'expérience, et sous la forme d'une idée, qui ne soit « pas tant un objet de la science que d'une croyance, destinée à « compléter notre science dans la direction que lui trace la réflexion « de la pensée sur l'expérience. » (P. 567, t. I, *ibidem.)*

Voilà donc ce que doit être la vérité métaphysique : une vérité qui n'aura que le caractère d'une croyance, et ne servira qu'à compléter la science.

Voyons si dans les deux derniers chapitres de la psychologie

physiologique, Wundt réussit à nous livrer le secret de cette métaphysique, dont il vient de déterminer les conditions.

Nous ne connaissons pas la substance du moi : mais nous savons qu'il est libre. La conscience du moi n'est pas la conscience de la permanence de notre être intérieur. « C'est sur la continuité de « ses changements que repose la connexion de notre conscience « de nous-mêmes que nous désignons comme l'unité du moi. Cette « continuité nous est psychologiquement garantie surtout par un « élément qui revient dans tout changement des processus inté- « rieurs comme un élément uniforme, par l'activité de l'aperçep- « tion. » (P. 506, 2e vol. de *la Logique.)*

La liberté du moi n'est pas difficile à établir. Les lois de la connaissance sont de deux sortes : lois associatives et lois aperceptives. Ces dernières sont l'expression de l'activité libre, ou de l'aperception. « L'activité primitive de la volonté consiste dans l'aperçep- « tion. La conscience de la liberté dans la conduite interne et « externe provient de l'aperception active. L'aperception active « unit les représentations d'après des lois déterminées. Ces lois « sont les lois de la pensée... Par conséquent, nous nous sentons « libres, surtout dans notre propre fonctionnement de la pensée, « qui utilise les impressions extérieures en qualité de matériaux « disponibles. Mais notre pensée nous apparaît libre, non pas « parce qu'elle ne suit aucune loi, mais parce qu'elle est détermi- « née par ces sortes de lois, qui résident au dedans de nous- « mêmes. Toutefois ces lois sont précisément les plus obligatoires « qu'il y ait pour nous ; et de ces lois est issue cette idée de causa- « lité, d'apres laquelle nous considérons comme pleinement déter- « miné, le cours de la nature extérieure. » (P. 455, 2e vol.)

Donc l'âme est libre, et avoir conscience, c'est avoir le sentiment de cette activité initiale de l'aperception.

Veut-on aller plus loin et scruter plus avant le problème métaphysique de l'être, Wundt ne s'interdit pas absolument de pareilles spéculations.

Les deux derniers chapitres de sa psychologie physiologique semblent les aborder.

L'hypothèse matérialiste ne le satisfait pas. La théorie de la connaissance y est tout à fait défectueuse. Le matérialisme méconnaît trois vérités essentielles. « L'expérience interne a la priorité « sur toute expérience externe; les objets du monde extérieur « sont des représentations qui se sont développées en nous suivant « des lois psychologiques ; principalement le concept de matière « est un concept absolument hypothétique, que nous mettons sous « les phénomènes du monde extérieur, afin de nous expliquer leur « jeu alternatif. » (P. 504, 2e vol. de *la Psychologie physiologique*, traduction française.)

Le spiritualisme n'a pas meilleure fortune. « Si nous reconnais- « sons que seulement l'expérience interne est pour nous immédia- « tement certaine, ceci implique en même temps que toutes les « substances auxquelles le spiritualisme attache, lie l'expérience « interne et externe, sont extrêmement incertaines, car elles ne « nous sont données dans aucune expérience. Ce sont des fictions « volontaires, à l'aide desquelles on essaie de s'expliquer la con- « nexion des expériences : mais elles ne remplissent pas cette « tâche. »

Reste une troisième explication, celle de l'animisme, qui n'a jamais été développée sérieusement, mais pourrait bien avoir pour elle l'avenir. « Il ne faudra pas méconnaître que, quand il s'agit de « rattacher les phénomènes de conscience aux phénomènes bio- « logiques en général, l'animisme est plus conforme aux faits « d'expérience, que négligent les autres conceptions. Qu'un déve- « loppement psychique se présente uniquement sur la base fonda- « mentale des phénomènes de la vie physique, c'est aussi certain « que la connexion des processus psychiques et physiques, trouvée « par la psychologie dans toutes ses recherches. Si, par consé- « quent, l'animisme ne nous a pas encore donné une théorie sou- « tenable des phénomènes de la vie, ceci ne veut pas dire qu'il

« n'y arrivera jamais. Cependant nous exigerons d'une pareille « théorie non-seulement de concorder avec l'expérience, mais « d'éviter les fautes de la théorie de la connaissance qui sont cause « que le matérialisme, comme le spiritualisme, du moins sous « leurs formes actuelles, ne résistent pas à la critique. »

Wundt essaie à son tour de résoudre le problème. Les derniers éléments dont une théorie psychologique indépendante doit déduire les événements complexes de l'expérience interne, ne sont pas quelques suppositions métaphysiques sur l'essence de l'âme, mais les faits les plus simples, immédiatement donnés de l'expérience interne. »

« Ainsi qu'il résulte surtout des recherches de la section précé- « dente, l'activité psychologique la plus primitive est l'instinct. » (P. 517, t. II.)

« Le développement physique n'est pas la cause, mais plutôt « l'effet du développement psychique. L'organisation corporelle « apporte des dispositions acquises par le développement « psychique des parents antérieurs, et, pour une petite partie, « par le développement de la conscience individuelle. Cette « antique conception animiste, qu'Aristote résuma le premier dans « sa célèbre définition de l'âme « la première entéléchie du corps « vivant » est évidemment, sous une forme sans doute modifiée, « la seule qui promette d'éclairer le problème du développement « intellectuel et corporel. »

On pourrait opposer à cette vue que rien ne prouve que l'instinct agisse sur le développement des plantes. « Mais l'impossibi- « lité de démontrer l'existence du psychique n'exclut pas l'exis- « tence de ce dernier... En effet, bien des phénomènes de la vie « des plantes semblent indiquer qu'une base fondamentale psy- « chique ne leur fait pas entièrement défaut. »

« Rien ne se passe dans notre conscience, qui ne trouve sa base « fondamentale sensorielle dans des processus physiques déter- « minés. La psycho-physique s'occupera donc d'élargir le concept

« de substance physique de façon que celui-ci embrasse en même « temps les manifestations de la vie psychique des complexus de « substance dépourvus de simplicité. Mais il est évident que le « concept de substance ainsi élargi n'est pas moins hypothétique « que le concept primitif, et qu'il ne peut d'ailleurs en être fait, « pour ainsi dire, qu'un usage purement transitoire. (P. 521 du t. II, de *la Psychologie physiologique.)*

« Par conséquent le point de vue psycho-physique a son domaine « nettement limité : il ne peut vouloir s'aviser de se rapprocher « même du problème de l'être ; sa tâche se borne donc à donner « plus d'extension aux concepts hypothétiques, que la science na- « turelle a commencé de former. » (P. 522, *ibidem.)*

« Le point de vue psycho-physique exige que la substance en « mouvement soit en même temps le facteur, le support du phé- « nomène élémentaire psychique de l'instinct.

« ... Comme nous devons supposer que les conditions préa- « lables des manifestations de la vie, que développent les subs- « tances complexes de la nature organique, résident toujours dans « les configurations plus simples de la nature inanimée, on sera « contraint d'admettre que les formes d'instinct les plus élémen- « taires sont déjà constituées d'avance dans l'élément le plus simple « de substance, dans l'atome... Ce qui manque à ces états des élé- « ments de substance, pour pouvoir être des instincts au sens « psychologique, c'est leur connexion interne, la continuité et la « liaison des états, qui sont à nos yeux la condition de la cons- « cience...

« Parmi les nombreuses idées heureuses qui se trouvent çà et « là dispersées dans les écrits de Leibniz, il n'en est pas probable- « ment de plus juste que celle-ci : les corps sont des esprits mo- « mentanés. » P. 523, *ibidem.)*

« Si donc nous sommes contraints d'admettre qu'aux éléments « isolés de substance la durée de leurs états internes fait défaut « d'autre part on se trouvera en face de la supposition que cette

« durée et l'étendue des liaisons psychiques augmentent avec la « composition complexe des liaisons physiques de substance. » « P. 525, *ibidem.)*

« Par son côté physique comme par son côté psychique, le corps « vivant est une unité. Cette unité n'est pas fondée sur la simplicité, mais, au contraire, sur la composition très complexe de sa « substance. La conscience avec ses états multiples et cependant « unis étroitement est, pour notre conception interne, une unité « analogue à celle qu'est l'organisme corporel pour notre conception externe ; et la corrélation absolue entre le physique et le « psychique suggère l'hypothèse suivante : ce que nous appelons « l'âme est l'être interne de la même unité, que nous envisageons « extérieurement comme étant le corps qui lui appartient. Cette « manière de concevoir le problème de la corrélation pousse inévitablement à supposer que l'être intellectuel est la réalité des « choses, et que la propriété la plus essentielle de l'être est le « développement. La conscience humaine est pour nous le sommet « de ce développement : elle constitue le point nodal dans le cours « de la nature, où le monde réfléchit sur soi-même. Ce n'est pas « comme être simple, mais comme le produit développé d'innombrables éléments que l'âme humaine est, selon l'expression de « Leibniz, un « miroir du monde. »

Telle est la métaphysique de Wundt : elle fuit les grandes visées et se tient le plus possible près des faits. C'est une sorte de monisme animiste, idéaliste : où l'instinct, c'est-à-dire la volonté de vivre, est partout présent à la matière, et en constitue la vie intime ; où chez l'homme se montre l'aperception, c'est-à-dire la volonté ou la pensée, comme chez Kant. Mais souvenons-nous que la matière n'est qu'une conception hypothétique, tandis que la volonté ou la pensée sont les plus claires des réalités.

On peut trouver que la matière et la volonté se lient assez mal l'une à l'autre dans ce système. Ce qu'a voulu surtout maintenir Wundt, c'est l'absolue vérité de l'aperception ou de la pensée pure.

Bien qu'il n'ait pas développé sa pensée, et que sa métaphysique demeure encore bien obscure, cela suffit pour empêcher qu'on ne la confonde avec l'empirisme ou le matérialisme.

D'ailleurs le cas de M. Wundt n'est pas unique. Pour n'en citer que quelques exemples, Fechner et Lotze sont là pour témoigner de l'union de l'esprit scientifique et de l'esprit métaphysique, et montrer que leurs exigences diverses peuvent très bien se concilier.

Le même homme auquel nous devons le livre sur la *théorie physique et philosophique des atomes*, 1855, *les éléments de psychophysique*, 1860, *à propos de la psycho-physique*, 1877, *Préparation à l'esthétique*, 1876, si nourris de savoir positif, est aussi celui qui a écrit *Nanna ou sur la vie spirituelle des plantes*, *Zendavesta ou sur les choses du Ciel et de l'au-delà*, *Sur la question des âmes*, etc. Il y développe un panthéisme idéaliste où Dieu dort dans la pierre, sommeille dans la plante, rêve dans l'animal, connaît dans l'homme, pense éternellement avec les anges, et ne peut pas plus se passer du monde que les autres âmes d'un corps.

De son côté, Lotze se montre ardent défenseur du mécanisme dont il proclame et fait triompher la cause dans ses premiers écrits: Nombreux articles du dictionnaire de Wagner, *Pathologie et thérapeutique générale comme sciences mécaniques*, 1842. *Physiologie générale de la vie corporelle*, 1851, *Psychologie médicale ou Physiologie de l'âme ;* tandis que dans son *Microcosme* et sa *Métaphysique*, il développe un idéalisme Leibnizien, qui s'écarte du maître surtout en ce qu'il admet l'action réciproque des monades.

Tout cela montre assurément que la psychologie nouvelle ne saurait prêter aux reproches, trop facilement prodigués, de matérialisme ou d'empirisme.

M. Lachelier ne reconnaît-il pas lui-même que c'est pour avoir indiscrètement mêlé les problèmes et les méthodes de la psychologie et de la métaphysique que la philosophie française du siècle, celle de M. Cousin, n'a réussi ni à démontrer et à garantir l'exis-

tence de l'esprit, ni à constituer une véritable psychologie.

P. 502. « Nous ne nous faisons pas illusion sur la portée des « résultats auxquels nous sommes parvenus : nous savons très « bien que la puissance aveugle que nous avons décrite sous le « nom de conscience n'est pas un esprit, et que la spontanéité « que nous lui attribuons n'a rien de commun avec la liberté « morale. Nous n'avons pas cessé d'accorder à la nouvelle psycho- « logie sa thèse fondamentale, qui est l'identité de la conscience « avec la réalité physique : nous n'avons fait qu'élargir son point « de vue sans le déplacer, et transformer le matérialisme qu'elle « professe implicitement en une sorte de naturalisme. Mais il « reste toujours à prendre les choses en gros, que c'est elle qui a « raison et le spiritualisme qui a tort. »

A part ce qu'il y a d'excessif dans l'accusation de matérialisme lancée à tort contre la nouvelle psychologie, nous n'avons rien à ajouter à cette déclaration.

Qu'il nous suffise de bien marquer que M. Lachelier n'abandonne pas pour cela la cause de l'esprit; mais qu'il croit mieux la défendre, en la confiant à la métaphysique. « La pensée est un fait, si « l'on veut, mais elle n'est pas un fait empirique et donné, puis- « qu'elle consiste précisément à affirmer la valeur objective des « données de l'expérience. Nous en avons conscience en même « temps que de ses objets, mais nous ne pouvons l'en dégager « qu'en reproduisant, par un travail de spéculation et de synthèse, « le mouvement dialectique dont elle est le terme. C'est donc à « tort que l'on a voulu appliquer à l'étude de la pensée des pro- « cédés qui ne conviennent qu'à celle de la conscience sensible; « et une tentative de ce genre ne pouvait aboutir qu'à la négation « de la pensée. La vraie science de l'esprit n'est pas la psycholo- « gie, mais la métaphysique. » *(Revue philosophique*, mai 1885, p. 516.

Nous n'hésitons pas à nous inspirer de l'esprit de ce remarquable travail. La psychologie nouvelle veut faire usage de tous

les instruments de la science expérimentale. Pas plus qu'elle, elle ne s'occupe de rechercher les facultés ou la substance ; elle ne parle de facultés que dans le sens où l'on parle des propriétés en physique : et s'il lui faut une substance, elle la choisit, comme Wundt, uniquement pour faciliter sa tâche. La mesure et l'expérimentation sont ses méthodes. Elle laisse à la métaphysique le soin d'aborder et de discuter les problèmes qu'elle s'interdit, la recherche des vérités premières et du dernier fonds de l'être.

Que si ces recherches ne les intéressent pas, ou si la psychologie suffit à leur activité, laissons les esprits se livrer à la tâche de leur choix, et sachons profiter de leurs découvertes.

C'est ainsi que M. Ribot nous a donné son beau livre sur l'hérédité et ses trois savants opuscules sur les maladies de la mémoire, de la volonté et de la personnalité ; et que M. Espinas, dans son livre sur les sociétés animales, a développé une attachante et instructive étude de psychologie comparée.

Que d'autres libres esprits suivent les voies nouvelles hardiment, et qu'ils se persuadent bien qu'ils ne font que marcher sur les traces du grand Leibniz, de celui qui disait que c'est se prostituer que de nier que la science ne relève que du mécanisme, mais en ajoutant que les principes du mécanisme doivent être puisés à une source plus haute (**185-432.** *Leibniz, Ed. Erdmann.)*

Douai, 5 juillet 1885.

D. NOLEN.

PRÉFACE DE L'AUTEUR

POUR L'ÉDITION FRANÇAISE

Cédant au désir exprimé par le Traducteur, j'écris ici ces quelques lignes ; mais, je serai d'autant plus bref, que le livre de M. Ribot, *La Physique allemande expérimentale,* est très-connu du public scientifique français. M. Ribot, qui a enrichi (bereichert) la psychologie de plusieurs travaux personnels de grande valeur, a fait dans la *Psychologie allemande* une exposition si remarquable et si claire de cette tendance de l'investigation psychologique, appelée chez nous expérimentale, que tout lecteur de son livre sera complètement préparé à comprendre le mien.

Or, sur *un seul* point, la description de M. Ribot peut, ce me semble, donner lieu à une fausse interprétation. Cet auteur a spécialement mis en relief la tendance expérimentale et lui a fait une très-large place ; aussi, le lecteur français pourrait croire, que cette tendance ou direction est chez nous générale ou même la seule prépondérante. A la vérité, nous pensons, que cet espoir se réalisera à l'avenir, tout en avouant, que présentement il n'en est pas ainsi. En Allemagne, l'on constate diverses directions de la psychologie, qui concordent très-peu au fond ; leurs représentants se rencontrent cependant dans une pensée commune : ils détestent la psychologie expérimentale ou physiologique et sont enclins à considérer l'enseignement des principes, des résultats de celle-ci,

comme une sorte de blasphème. Ils pensent même à son sujet ce que le constable de Shakespeare dit des voleurs: « Et quant à cette espèce de gens, le moins, que vous pourrez avoir affaire avec eux, ce sera le mieux (1); » par suite, ils s'imaginent, que la psychologie physiologique a l'intention de remplacer la psychologie par une physiologie du cerveau.

Quoique, en France, personne, plus qu'Auguste Comte, n'ait nié l'objet de la psychologie et n'en ait parlé d'une façon si dédaigneuse ou si irrévérencieuse, néanmoins le lecteur français sait bien, que telle n'est point ma prétention; car, l'école psychologique allemande emprunte très-souvent à la physiologie les ressources de l'expérimentation, et les problèmes, qu'elle soumet à l'expérimentation, sont essentiellement psychologiques. Sans doute, la première Section de mon livre paraît contredire ce langage, puisque cette partie traite seulement des faits mécanico-physiologiques, qui concernent le système nerveux. Mais, une exposition des bases fondamentales physiques de la vie psychique appartient certainement, selon moi, à la psychologie; et, d'autre part, nulle description physiologique du sujet, qui correspondit au but psychologique, de façon qu'elle put simplement y ressortir, ne m'était connue.

Bien des recherches nouvelles des dernières années sont seulement mentionnées dans cette édition, et non décrites en détail. Le lecteur, désireux de connaître à fond ces questions, les trouvera développées dans mes « *Philosophische Studien* », dont le premier volume a été publié en 1881-1883, et dans les trois premières livraisons, actuellement parues, du deuxième volume.

Leipzig, 21 décembre 1884,

W. WUNDT.

(1) Acte III, scène III de la Comédie. *Beaucoup de bruit pour rien.* (Note du Trad.)

AVANT-PROPOS

Cet ouvrage, que je livre à la publicité, essaie de délimiter un nouveau domaine de la science. Je suis bien convaincu, que cette tentative peut surtout faire douter, si son heure est actuellement venue. Certes, les bases fondamentales anatomo-physiologiques de la branche de la science, que j'étudie ici, ne sont pas toutes complètement assurées, et même le traitement expérimental des questions psychologiques est absolument à ses débuts. Mais, pour s'orienter sur la situation ou position exacte d'une science naissante, le meilleur moyen, c'est — personne ne l'ignore — de découvrir les lacunes encore existantes. Plus imparfait à cet égard sera un premier essai, comme celui-ci, plus il exigera des améliorations. D'ailleurs, précisément en ce domaine, la solution de nombreux problèmes a une étroite connexité avec d'autres faits, qui souvent sont en apparence éloignés, de sorte qu'un coup d'œil jeté sur l'ensemble amène à découvrir la véritable voie.

Pour un grand nombre de parties de ce livre, l'auteur a utilisé ses propres recherches; pour les autres, il a tâché du moins de recourir au jugement de personnes compétentes. Ainsi, l'abrégé d'anatomie cérébrale, esquissé dans la première section, s'appuie sur une conception des rapports de forme, conception obtenue par la dissection multiple de cerveaux humains et animaux. Au sujet d'une partie des matériaux employés à cet effet, comme pour la

plupart des renseignements dans ce domaine difficile, j'accomplis un devoir, en remerciant l'ancien directeur du Musée anatomique d'Heidelberg, le professeur Fr. Arnold. L'examen microscopique de la structure cérébrale réclame assurément un homme spécial : il fallait donc me borner à comparer entre elles les données des divers auteurs et avec les résultats de l'anatomie grossière du cerveau. Je laisse aux connaisseurs à décider, si le tableau des voies centrales conductrices, dressé sur cette base fondamentale dans le quatrième chapitre, est exact, du moins dans ses traits principaux. Que, dans quelques-unes de ses parties, des compléments et des corrections soient encore nécessaires, je ne l'ignore point. On y trouvera cependant une certaine garantie, c'est que les troubles fonctionnels, engendrés par l'expérimentation physiologique, en opérant des coupes transversales ou l'ablation des différentes parties centrales, concordent aisément avec ce tableau anatomique, ainsi que j'ai tenté de le montrer dans le cinquième chapitre. Des recherches personnelles m'avaient souvent fourni l'occasion d'observer la plupart des phénomènes, que je décris ici. Le sixième chapitre résume les résultats de mes « Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren », en tant qu'ils se rapportent à l'important problème psychologique de la nature des forces, qui déploient leur activité dans les éléments nerveux.

La deuxième et la troisième section ont trait absolument à des questions, qui, il y a bien longtemps, avaient conduit l'auteur à s'occuper tout d'abord d'études psychologiques. En 1858, lors de la composition de ses « Beitrage zur Theorie der Sinneswahrnehmung », les idées nativistes avaient encore, parmi les physiologistes allemands, une valeur presque incontestée. Le but essentiel de cet écrit était de prouver l'inadmissibilité des hypothèses actuelles sur l'origine des représentations tactiles et visuelles dans l'espace et de découvrir les fondements physiologiques d'une théorie psychologique. Les opinions, que j'y soutenais, ont eu, depuis cette époque, un large accès parmi les physiologistes, la plupart du temps

sans doute sous une forme, qui ne résisterait pas à une critique sévère. L'auteur espère que son nouveau livre réussira à démontrer l'insuffisance de l'empirisme physiologique moderne, comme la justification relative du nativisme, et la nécessité, pour ces deux conceptions philosophiques, de recourir à une théorie psychologique mieux assise. L'hypothèse des énergies sensorielles spécifiques qui représente précisément un reste du vieux nativisme, ne peut plus, à mon avis, être maintenue, malgré l'explication commode de nombreux faits, qu'elle admet. Il est facile de le prévoir, ma critique rencontrera encore mainte contradiction. Mais celui, qui embrassera d'un coup d'œil l'enchaînement total, se soustraira difficilement à la solidité, à l'importance des objections.

Les recherches de la quatrième section, principalement les expériences sur le début et le parcours des représentations sensorielles éveillées par des impressions extérieures, ont occupé l'auteur depuis quatorze ans, mais non sans avoir été interrompues par d'autres travaux et par la création des appareils nécessaires. Les premiers résultats ont été communiqués, en 1861, au Congrès des naturalistes, à Spire. Depuis lors, plusieurs auteurs ont publié, sur ce même sujet, des Mémoires qui sont dignes d'attention. Mais, personne n'avait encore songé à appliquer les faits obtenus à la théorie de la conscience et de l'attention. J'aurai réussi à donner au moins une conclusion provisoire à cette branche considérable de la psychologie physiologique.

Finalement, comme je critique Herbart dans plusieurs endroits de ce livre, je ne puis m'empêcher d'adresser une prière au lecteur : que par cette polémique il juge de l'importance attribuée par moi aux travaux psychologiques de ce philosophe ; c'est à Kant et ensuite à Herbart, que je dois le plus, en ce qui concerne la formation et le développement de mes opinions philosophiques. De même, au sujet de la lutte engagée dans l'un des derniers chapitres contre la théorie des mouvements d'expression de Darwin, j'ai à peine besoin de faire ressortir, combien mon ouvrage est imprégné des idées

générales, qui, grâce à Darwin, constituent désormais une acquisition impérissable pour les sciences naturelles.

Heidelberg, mars 1874.

J'ai complètement remanié presque toutes les parties de cette deuxième édition. Quant aux deux grandes sections, maintenant contenues dans le premier volume, la description du parcours des voies centrales conductrices et des fonctions cérébrales, ainsi que la théorie de l'intensité de la sensation, ont été transformées et plus largement développées. Dans le second volume, j'ai ajouté de nouvelles recherches expérimentales au chapitre sur le cours des représentations. En outre, la psychologie de la volonté et des mouvements volontaires a été totalement refondue. Enfin, j'ai fait des additions nouvelles à la dernière section, qui dans le chapitre final de la première édition ne renfermait que des indications fragmentaires.

Leipzig, octobre 1880.

W. WUNDT.

PSYCHOLOGIE PHYSIOLOGIQUE

INTRODUCTION

1. — Objet de la psychologie physiologique.

Le titre de ce livre indique déjà que j'entreprends de combiner deux sciences, qui, bien qu'elles s'occupent l'une et l'autre presque d'un seul et même sujet, de l'étude particulière de la vie humaine, ont néanmoins parcouru pendant longtemps des routes différentes. La *physiologie* répand sa lumière sur ces phénomènes biologiques que perçoivent nos sens externes. Dans la *psychologie*, l'homme se voit, pour ainsi dire, du *dedans* et cherche à s'expliquer l'enchaînement des faits que lui offre cette observation intérieure. Malgré l'aspect si divers que semblent présenter généralement dans leur contenu notre vie interne et notre vie externe, toutes deux ont cependant de nombreux points de contact; car l'expérience interne est continuellement influencée par les agents extérieurs, et nos états internes exercent souvent une action décisive sur l'évolution du fait externe. C'est ainsi que se forme un cercle de phénomènes biologiques simultanément accessible à l'observation externe et interne; un domaine limitrophe qui, aussi longtemps que la physiologie et la psychologie seront en général séparées l'une de l'autre, sera convenablement assigné à une science particulière qui leur est intermédiaire. Mais, de ce domaine limitrophe, s'ouvrent spontanément des horizons qui s'étendent dans les directions les plus variées. Une science, qui a pour objectif les points de contact de la vie interne et externe, sera obligée de comparer, autant que pos-

sible, avec les notions qu'elle aura acquises à ce sujet, l'ensemble des données fournies par les deux autres sciences, dont elle est l'intermédiaire, et toutes ses explorations convergeront finalement vers cette question : quelle est la connexion mutuelle de l'existence interne et externe, dans leur principe dernier et fondamental ? La physiologie et la psychologie peuvent, chacune en soi, éviter facilement cette question. Il est impossible à la psychologie physiologique de l'esquiver.

Par conséquent, nous imposons à notre science une double tâche. Elle doit, *premièrement*, scruter ces phénomènes biologiques qui, tenant le milieu entre l'expérience interne et externe, nécessitent l'application simultanée des deux méthodes d'observation externe et interne ; *deuxièmement*, utiliser les vues auxquelles l'a conduite l'investigation de ce domaine, à éclairer l'ensemble des phénomènes biologiques, afin de mieux dévoiler et de comprendre l'être humain tout entier.

Sous un certain rapport, cette étude exige une délimitation encore plus rigoureuse. En parcourant les routes situées entre la vie interne et externe, la psychologie physiologique suit, d'abord, celles qui conduisent du dehors au dedans. Elle commence par les phénomènes physiologiques et essaie de démontrer leur mode d'influence sur le domaine de l'observation interne ; ensuite, son examen s'étend aux réactions que l'être interne exerce contre l'être externe. Aussi, les regards qu'elle jette vers les deux sciences fondamentales, où elle s'est intercalée, sont-ils spécialement dirigés du côté psychologique. C'est ce qu'exprime ce terme de psychologie physiologique. Il désigne l'étude psychologique comme l'objet particulier de notre science et n'ajoute le point de vue physiologique, que comme une détermination plus précise. La raison du rapport, que nous établissons entre ces deux sciences, c'est que tous ces problèmes, qui ont trait aux corrélations de la vie interne et externe, ont été jusqu'à ce jour un élément constituant de la psychologie ; tandis que la physiologie avait résolûment exclu du cercle de ses études les questions qui réclamaient l'intervention particulière de la spéculation. Cependant, les psychologues contemporains ont simultanément commencé par se rendre plus familiers avec l'expérience physiologique, et les physiologistes ont senti la nécessité de consulter la psychologie, relativement à certaines questions limitrophes, auxquelles ils se heurtaient. Résultant de semblables besoins, ce rapprochement a donné naissance à la psychologie physiologique. Les problèmes de cette science, si voisins qu'ils soient de la physiologie, et bien qu'ils

empiètent souvent sur le terrain propre de celle-ci, ont, jusqu'à présent, appartenu en grande partie au domaine de la psychologie, et l'instrument, dont elle se sert pour triompher de ces problèmes, est également emprunté aux deux sciences mères. L'observation psychologique de soi-même est aidée, pas à pas, par l'emploi des méthodes de la physiologie expérimentale et l'application des procédés de celle-ci à l'observation interne a donné naissance à une branche spéciale de l'investigation expérimentale, aux méthodes psychophysiques. Si l'on veut attacher la principale importance à la spécificité de la méthode, notre science ou la *psychologie expérimentale* se distinguera donc de la psychologie ordinaire, qui est purement basée sur l'observation de soi-même.

Deux phénomènes principaux marquent nettement ces limites, où l'observation externe est insuffisante sans l'interne, et où celle-ci est obligée de recourir à la première: ce sont la *sensation*, fait psychologique, qui dépend directement de certaines conditions fondamentales extérieures, et le *mouvement d'impulsion interne*, phénomène physiologique, dont les causes ne sont généralement révélées, que par l'observation de soi-même. Dans la sensation, nous voyons le mur de séparation des deux domaines, pour ainsi dire, du dedans, du côté psychologique; dans le mouvement, nous le voyons du dehors, du côté physiologique.

La *sensation* est d'abord déterminée, en intensité et en qualité, par ses causes externes, en d'autres termes, par les excitants physiologiques des sens. Mais, sous l'influence des conditions préliminaires, données dans l'observation interne, elle subit d'autres transformations plus considérables. Grâce à ces conditions, les sensations engendrent les représentations (Vorstellungen) des choses extérieures ; les représentations s'ordonnent en séries et en groupes, afin de rester plus ou moins longtemps à la disposition de la conscience; et les mouvements de l'âme, les plus divers, se combinent avec les représentations et le cours qu'elles suivent. Cependant, même dans ces circonstances, les influences extérieures manifestent continuellement leur action : la succession et la combinaison des représentations sont, en partie, déterminées par la succession et la combinaison des impressions; la construction qu'opèrent les représentations simples pour produire les représentations composées, est liée aux propriétés physiologiques de nos organes sensoriels et moteurs; enfin, même le cours interne des pensées est accompagné d'états et de phénomènes déterminés, dans les organes centraux du système nerveux. C'est ainsi, que des conduc-

teurs (nerveux) s'étendent de la périphérie psychophysique, jusqu'au milieu des profondeurs de la vie de l'âme.

D'autre part, les phénomènes internes se réfléchissent en *mouvements externes*. Ceux-ci ramènent à son point de départ le cercle des processus qui se déroulent de tous côtés entre l'être externe et interne. Le lien psychologique intermédiaire est absent dans les plus simples de ces mouvements, ou échappe du moins à l'observation de soi-même : dans ce cas, le mouvement apparait comme un *réflexe* direct de l'excitant. Mais, à mesure que des phénomènes psychologiques se manifestent entre l'impression et le mouvement qu'elle met en jeu, ce dernier, après s'être déroulé dans l'espace et réalisé dans le temps, s'affranchit davantage de sa dépendance vis-à-vis de l'impression ; et, pour expliquer le mouvement, il faut recourir de plus en plus aux conditions que présente l'observation interne, jusqu'à ce que finalement cette observation, toute seule, nous rende directement compte du commencement du phénomène. Ici, nous arrivons à l'anneau terminal de la série : si, pour le mouvement réflexe, le milieu psychologique nous échappe, de même, dans le second cas, le commencement physiologique se dérobe; le phénomène interne et la réaction externe, exercée contre lui, nous sont seulement accessibles.

D'après son objet, la psychologie occupe une place intermédiaire entre les sciences naturelles et les sciences morales. Elle a de l'affinité avec les premières, parce que les faits internes et externes comportent l'application de principes d'examen et d'explication, qui sont identiques, en tant que le concept de fait l'exige ordinairement. Elle constitue la théorie fondamentale des sciences morales; car, toute manifestation de l'esprit humain a sa cause dernière dans les phénomènes élémentaires de l'expérience interne. L'histoire, la jurisprudence, la politique, la philosophie de l'art et de la religion se ramènent par conséquent aux principes d'explication psychologique. Mais la psychologie physiologique, qui s'occupe spécialement de vérifier les relations du fait externe et interne, a encore place, par une moitié d'elle-même, dans les sciences naturelles; et, par suite, elle est l'intermédiaire le plus intime entre celles-ci et les sciences morales.

Parmi les sciences naturelles, on distingue communément les *descriptives* et les *explicatives* ou les diverses branches de l'*histoire* et *de la science de la nature*. Toutes deux dépendent l'une de l'autre ; car, la description n'acquiert de valeur scientifique, qu'autant qu'elle repose sur des principes explicatifs; tandis que, d'autre part, la description et

la classification des phénomènes, qui est basée sur la description, préparent la voie à l'explication. Moins une science est avancée, plus la description et l'explication y sont confondues. Les essais de classification sont, ordinairement, regardés comme des explications. C'est ainsi que la plupart des opérations de la psychologie empirique appartiennent spécialement, et même parfois à son insu, au domaine de l'histoire naturelle de l'âme. L'analyse psychologique des problèmes historiques et ethnographiques, qui s'est élevée dernièrement au rang d'une véritable science, se rattache, dans une plus large étendue encore, à l'histoire naturelle de l'âme. Car, la psychologie ethnique étudie ordinairement des phénomènes complexes qui doivent recevoir les lumières de la conscience individuelle, puisqu'il faut les subordonner aux lois psychologiques, découvertes par celle-ci. Au contraire, les recherches de la psychologie physiologique ressortissent généralement à la science de l'âme. Tous ses efforts ont pour but d'expliquer les phénomènes psychiques élémentaires, qu'elle s'applique à découvrir, en partant d'abord des phénomènes physiologiques, qui sont connexes aux premiers. Ainsi, notre science ne prend pas immédiatement son point de vue au milieu du théâtre de l'observation interne, mais elle tâche d'y pénétrer du dehors. C'est pourquoi elle peut justement recourir au moyen le plus efficace de l'explication de la nature, à la méthode expérimentale. Or, l'essence de l'expérimentation consiste à modifier *à volonté* les conditions du fait et à imprimer à ces conditions une altération, *quantitativement déterminable*, s'il s'agit d'obtenir la connaissance des relations constantes qui existent entre les causes et les effets. Seules, les conditions physiques *externes* des phénomènes internes peuvent, du moins avec quelque certitude, être modifiées à volonté ; et, avant tout, seules elles sont accessibles à une détermination directe de mensuration. Donc, il ne peut être évidemment question que d'une application de la méthode expérimentale au domaine limitrophe, celui de la psychophysique. On aurait tort cependant de vouloir contester, pour ce motif, la possibilité d'une psychologie expérimentale. Sans doute, il est certain, qu'il n'existe que des expérimentations simplement psychophysiques, et qu'aucune n'est purement psychologique, si toutefois on donne cette dernière appellation aux expérimentations, qui négligent entièrement les conditions externes du fait interne. Or, la modification qui est engendrée par la variation d'une condition, ne dépend pas simplement de la nature de la condition, mais bien aussi de la nature du conditionné. Par conséquent, les modifications qui ont lieu

dans le fait interne, lorsque l'on change les influences externes, dont il dépend, serviront justement à éclairer la nature de ce fait interne. En ce sens, toute expérimentation psychophysique doit être, en même temps, appelée psychologique.

Déjà, Kant avait déclaré que la psychologie était incapable de s'élever jamais au rang d'une science naturelle exacte. Les raisons qu'il a données à ce sujet, ont été souvent répétées depuis lors, mais sans qu'on y ait ajouté de nouveaux arguments. Premièrement, d'après l'opinion de Kant, la psychologie ne peut devenir une science exacte, parce que les mathématiques ne sont pas applicables aux phénomènes du sens interne; car, l'intuition pure interne, le temps, d'où les phénomènes de l'âme doivent tirer leur forme, n'a qu'une dimension. Secondement, elle ne peut jamais être une science expérimentale, puisqu'en psychologie, la multiplicité de l'observation interne n'est point modifiable à volonté; bien plus, un autre sujet pensant ne se laisse point soumettre à notre gré, à nos expériences; et même, l'observation de soi altère déjà l'état du sujet observé (1). La première de ces objections est erronée, la seconde ne considère les choses que d'un côté. Mais il est inexact, que le fait interne, le temps, n'ait qu'une dimension. S'il en était ainsi, il ne saurait être assurément question de décrire ce fait sous une forme mathématique, parce qu'une exposition de ce genre exige toujours au moins deux variables qui puissent être subordonnées au concept de grandeur. Or, nos sensations, représentations, sentiments sont des grandeurs *intensives* qui s'ordonnent en séries dans le temps. Le fait interne a donc également deux dimensions; ce qui permet généralement de le présenter sous une forme mathématique. Sans cela, l'entreprise d'Herbart, d'appliquer les mathématiques à la psychologie, serait dès l'abord à peine concevable; cette entreprise, qui, malgré les divers jugements portés sur toutes les autres matières contenues dans l'ouvrage (2) de ce philosophe, a incontestablement le mérite d'avoir nettement mis en lumière, que le domaine psychologique était susceptible de considérations mathématiques. La deuxième objection de Kant, à savoir que l'expérience interne se soustrait à une investigation expérimentale, lui a été suggérée par le cours purement interne des représentations auquel il l'a empruntée; et, effectivement, la justesse de sa critique sur ce dernier point ne saurait être discutée. Nos représentations sont des grandeurs *indéterminées* qui deviennent accessibles à une analyse exacte, quand elles sont transformées en grandeurs *déterminées* ou, en d'autres termes, quand elles sont mesurées. Mais, auparavant, il est nécessaire de posséder une règle pour chaque mensuration de grandeur : la grandeur indéterminée est transformée en une grandeur déterminée, parce qu'on la mesure à une autre

1. Kant, *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, œuvres complètes, édition de Rosenkranz, vol. 5, p. 310.

2. Herbart, *Psychologie als Wissenschaft neu gegründet auf Erfahrung, Metaphysik und Mathematik*. Œuvres complètes, publiées par Hartenstein, vol. 5 et 6.

grandeur déterminée qui a avec elle un rapport fixe. Ces rapports invariables n'existent qu'entre les causes et leurs effets. Il y a donc deux manières de mesurer les grandeurs : par leurs causes ou par leurs effets. Ce dernier moyen est la règle ordinaire suivie en physique : on mesure, par exemple, les causes générales du fait externe, les forces de la nature, au moyen de leurs effets, des mouvements qu'elles engendrent. En psychologie, au contraire, toutes les fois qu'il est possible de songer à une mensuration, on est le plus souvent obligé de déterminer inversement les effets au moyen de leurs causes. L'exemple le plus ancien de cette mensuration psychologique des grandeurs est, précisément, le temps. Nous mesurons le cours de nos états internes à sa cause externe, à savoir au mouvement des objets naturels qui produit une succession de représentations. Puisque nous utilisons directement les mouvements pris comme mesure du temps, pour déterminer d'autres phénomènes extérieurs d'après leur cours dans le temps, nous découvrons facilement, dans ce cas, l'origine psychologique du phénomène tout entier. Nous employons réellement un procédé analogue lorsque nous mesurons l'intensité de nos sensations à l'énergie des impressions extérieures qui les occasionnent. Dans quelques circonstances on obtiendrait, peut-être, une mesure pour les états internes, d'après leurs effets externes, les mouvements que nous exécutons; cependant, cette route opposée n'a pas encore été suivie, des difficultés particulières paraissent y mettre obstacle. Qu'on applique, d'ailleurs, l'une ou l'autre des deux méthodes de mensuration, toujours l'un des anneaux de la relation causale, soit la cause, l'impression des sens, ou bien, l'effet, le mouvement de réaction doivent être en dehors de nous. Pour les faits purement internes, tels qu'ils se présentent dans le cours des représentations reproduites, les causes, comme les effets, sont au-dedans de nous. A la vérité, le jeu connexe de nos représentations fait présumer leur enchaînement étiologique; mais ce jeu-là se dérobe tellement aux interventions de la volonté, que nous ne sommes pas toujours en état de découvrir sûrement les conditions d'un événement, encore moins de songer à déterminer quelques rapports quantitatifs. Il y aurait, tout au plus, une possibilité de traiter ces questions par les mathématiques. Ce serait de faire des conjectures hypothétiques, d'en développer les conclusions et de comparer celles-ci, autant que possible, avec l'expérimentation. En effet, cette route a été suivie, du moins comme auxiliaire, dans toutes les branches de la physique mathématique. Si, malgré le caractère hypothétique des premières suppositions, la théorie mathématique doit avoir cependant la valeur d'une théorie ayant quelque fondement, deux conditions sont indispensables: 1° les hypothèses, prises pour point de départ, seront du moins *préparées d'avance* par l'induction, qui y conduira, comme étant les suppositions les plus vraisemblables et les plus simples ; 2° le contrôle définitif par l'expérience ne devra pas faire défaut. Si la première de ces conditions est absente, une théorie mathématique aura encore de la valeur et servira à unir les faits; si la

deuxième manque et que la première existe, la théorie est du moins utilisée, comme guide, afin d'arriver à la découverte des faits sur lesquels on a une présomption fondée. Mais, chacune de ces conditions ne peut être remplie, qu'en recourant préalablement à la méthode expérimentale. Donc, dans tous les cas, si jamais une théorie mathématique du fait interne devenait possible, on ne pourrait l'obtenir, qu'en lui donnant, pour base fondamentale et unique, la psychologie physiologique.

2. — Notions psychologiques préliminaires.

L'esprit humain ne peut accumuler des expériences, sans exercer simultanément sur elles sa faculté spéculative. Le premier résultat de cette réflexion naturelle est le système des concepts du langage. Dans tous les domaines de l'expérience humaine, il y a donc certains concepts que la science trouve tout faits, avant de se mettre à l'œuvre ; ils sont la conséquence de cette réflexion primitive, qui a laissé, dans les symboles de concepts du langage, des traces permanentes de son action. Ainsi, la chaleur et la lumière sont des concepts du domaine de l'expérience externe, et ils ont eu directement pour origine l'impression sensorielle. La physique de nos jours les subordonne tous deux au concept général du mouvement ; mais il aurait été impossible d'atteindre ce but, si on n'avait pas préalablement admis les concepts de la conscience générale et débuté par leur examen. L'âme, l'esprit, la raison, l'entendement, etc., ne sont autre chose que des concepts qui existaient avant toute psychologie scientifique. La conscience naturelle présentant partout l'expérience interne, comme une source de connaissances à part, la psychologie peut donc voir, provisoirement dans ce fait, un témoignage suffisant de son droit scientifique ; et, du même coup, elle adopte le concept de l'*âme*, afin de circonscrire, par ce moyen, tout le domaine de l'expérience interne. Par conséquent, l'âme est pour nous le sujet, auquel nous joignons, comme prédicats, tous les faits divers de l'observation interne. Ce sujet lui-même n'est ordinairement déterminé que par ses prédicats, et le rapport de ces attributs à un commun fondement ne doit uniquement exprimer que leur connexion réciproque. Par ce moyen, nous rejetons, en même temps, une acception que la conscience naturelle du langage unit toujours au concept de l'âme. Pour elle, l'âme n'est pas simplement un sujet, au sens logique, mais une *substance*, un être réel, dont les manifestations ou actions sont considérées comme les activités de l'âme,

ainsi qu'on les appelle. Voilà donc une hypothèse métaphysique, à laquelle la psychologie sera peut-être amenée à la fin de son travail, et il lui est cependant impossible, au début de son œuvre, de l'adopter sans examen. Aussi, l'on ne peut pas appliquer à cette hypothèse ce qui a été dit en général sur la distinction de l'expérience interne, qu'elle est nécessaire, même pour faciliter l'examen. Les symboles, créés par le langage, afin de désigner certains groupes d'expériences, présentent encore actuellement les caractéristiques suivantes : primitivement, ils n'ont pas simplement exprimé des essences séparées en général, des substances, mais même des êtres *personnels*. La trace la plus indélébile de cette personnification des substances a survécu dans le *genre*. L'entendement a poli graduellement ce rapport si fantaisiste des symboles de concepts. La personnification des substances et, même, la transformation des concepts en substances ont, en partie, disparu. Mais, qui voudrait renoncer, pour cela, à l'usage des concepts eux-mêmes et à leur désignation ? Nous parlons d'honneur, de vertu, de raison, sans penser, que chacun de ces concepts traduise une substance. De substances métaphysiques, ils sont devenus des sujets logiques. Or, nous considérons l'âme, préalablement et uniquement, comme le *sujet logique* de l'expérience interne ; et cette interprétation, résultat direct de la formation des concepts opérée par le langage, est purgée cependant de ces additions d'une métaphysique prématurée, que partout la conscience naturelle introduit dans les concepts créés par elle.

Un procédé analogue doit être suivi à l'égard de ces concepts, que nous formons, soit pour exprimer les rapports particuliers des faits de l'expérience interne, soit pour représenter les divers domaines, qu'embrasse cette expérience. Ainsi, le langage oppose l'*esprit* à l'*âme*. Tous deux sont des notions adéquates d'une seule et même chose ; et, dans le domaine de l'expérience externe, le corps vivant (Leib) et le corps matériel (Körper) leur correspondent. Le corps matériel est tout objet de l'expérience externe, tel qu'il s'offre directement à nos sens et sans avoir de relation avec un être interne, qui lui appartienne ; le corps vivant est le corps matériel, envisagé précisément sous ce rapport. Également, l'*esprit* est l'être interne, si, en cela, il n'est nullement tenu compte d'une connexion quelconque avec un être externe ; pour l'âme, au contraire, surtout si elle opposée à l'esprit, on suppose qu'elle est unie à une existence corporelle donnée à l'expérience externe.

Tandis que l'âme et l'esprit embrassent l'ensemble de l'expérience interne, mais chacun des deux à un point de vue différent, les préten-

dues *facultés de l'âme* désignent les divers domaines de l'expérience interne, tels qu'ils se délimitent directement dans l'observation de soi-même. Sous les concepts de sensibilité, de sentiment, d'entendement, de raison, etc., le langage nous présente donc une classification des phénomènes donnés à notre perception interne; classification, que notre assujettissement à ces expressions ne nous permet guère d'attaquer dans sa généralité. La définition exacte de ces concepts et leur agencement dans un ordre systématique regardent absolument la science. Probablement, autrefois, les facultés de l'âme ne désignaient pas simplement les diverses parties du domaine de l'expérience interne, mais autant d'êtres différents, et l'on n'avait aucune notion précise sur la relation de ces derniers avec cet être général, qu'on nommait âme ou esprit. La transformation de ces concepts en substances remonte jusqu'aux idées mythologiques les plus anciennes, adoptées sur la nature ; et il est inutile de prévenir le lecteur que ces substances métaphysiques ont été prématurément établies. Néanmoins, l'influence exercée par cette interprétation mythologique s'est fait sentir, même dans la science moderne. C'est ainsi qu'une trace du concept mythologique de force se retrouve encore dans les concepts déjà mentionnés: ils ne sont pas seulement envisagés comme des désignations de classe, pour certains domaines de l'expérience interne, ce qu'ils sont effectivement ; mais très-souvent, on les considère comme des forces qui produisent les divers phénomènes. L'entendement est réputé la force qui nous fait comprendre les vérités ; la mémoire, la force qui conserve les représentations ou idées, pour en user ultérieurement, etc. L'inégalité, qui se manifeste dans la production des effets de ces forces a, d'autre part, suscité des doutes contre le nom d'une force proprement dite, et c'est ainsi qu'a pris naissance l'expression de (Vermögen) *pouvoir* de l'âme. Or, le sens étymologique allemand de ce mot pouvoir exprime une force qui ne *doit* pas nécessairement et invariablement agir, mais qui seulement *peut* agir. L'origine mythologique du concept de force est, ici, des plus évidentes. Le type de l'action d'une force de ce genre est, sans doute, l'activité humaine. Le sens primitif du mot pouvoir est celui d'être agissant. Ainsi, la première formation des concepts psychologiques recèle, déjà, le germe de cette confusion de la classification et de l'explication qui constitue le vice habituel de la psychologie empirique. Les facultés de l'âme étant des concepts de classe, qui appartiennent à la psychologie descriptive, cette remarque générale nous dispense nécessairement d'indiquer, ici, leur signification. En effet on

peut concevoir une science naturelle de l'expérience interne, où il ne serait nullement question de sensibilité, d'entendement, de raison, de mémoire, etc. Car, il n'y a directement, pour l'observateur de soi-même, que des représentations diverses, des sentiments divers et des impulsions diverses. Lorsque ces phénomènes élémentaires de l'expérience interne auront été analysés, la vraie signification de ces concepts de classe sera donc solidement établie.

Aux considérations précédentes, nous joindrons, ici, quelques remarques critiques sur les notions équivalentes *âme* et *esprit*, ainsi que sur la théorie des *facultés de l'âme*.

A. *Ame et esprit*. Notre langage sépare de l'âme l'*esprit*, ce second concept de substance qui présente cette caractéristique distinctive : il ne semble pas, comme l'âme, nécessairement lié par les sens à un être corporel ; il n'est uni qu'extérieurement à ce dernier ou, même, en est complètement affranchi. Le concept de l'esprit est donc employé dans une double acception : d'abord, comme la base fondamentale de ces expériences internes, qu'on suppose indépendantes de l'activité des sens ; ensuite, pour désigner les êtres qui ne doivent point avoir d'existence corporelle. La psychologie ne s'occupe naturellement du concept, que dans la première acception ; mais celle-ci conduit, presque d'elle-même, à la seconde ; car, on ne comprend pas, pourquoi l'esprit ne serait pas une substance incomplètement séparée, si son union avec le corps n'était qu'extérieure, accidentelle en quelque sorte.

La réflexion philosophique ne pouvait laisser le rapport de l'âme et de l'esprit dans l'indécision, dont s'était contentée la conscience générale. L'âme et l'esprit sont-ils des êtres différents ? L'âme est-elle une partie de l'esprit, ou celui-ci est-il une partie de l'âme ? L'ancienne spéculation était visiblement embarrassée en face de cette question ; d'une part, l'enchaînement des expériences internes l'obligeait à leur donner pour base une substance unique, et, d'autre part, il lui semblait indispensable de séparer l'activité, impliquée dans la représentation sensorielle, et l'activité, plus abstraite, de l'esprit. Aussi, outre le grand dualisme existant entre l'esprit et le corps, on admit un autre dualisme plus restreint entre l'esprit et l'âme, sans que l'antique philosophie ait réussi à l'écarter entièrement, soit qu'elle essaie avec Platon de supprimer la substantialité de l'âme, en concevant (1) l'âme comme un mélange du corps et de l'esprit, soit qu'avec Aristote elle transfère à l'esprit le concept, qui a été abstrait de l'âme, et remplace l'unité de substance par une forme de définition analogue (2). Généralement, la philosophie spiritualiste

1. Timæos 35.

2. La définition aristotélique de l'âme en général, comme « première entéléchie d'un corps qui a la vie en puissance », s'applique à l'esprit, indépendant de la sensibilité (Sinnlichkeit), au νοῦς ποιητικός ; mais celui-ci, étant l'acte de l'âme elle-

moderne a suivi surtout les traces de Platon, et, avec plus de fermeté que ce philosophe, elle a maintenu l'unité de substance pour l'esprit et l'âme. C'est ainsi, que la distinction rigoureuse des concepts finit par disparaître du langage scientifique. Plus tard, une différence fut encore établie ; avec Wolff, l'esprit devint le concept générique, dans lequel celui de l'âme individuelle est contenu (1), ou bien, l'esprit fut confondu avec les facultés de l'âme, dont nous parlerons tout à l'heure ; le mot était conservé comme une désignation générale, tantôt des facultés dites supérieures de l'âme, tantôt de la faculté de la connaissance ; dans ce dernier cas, le sentiment (Fühlen) et le désir ou appétition (Begehren) étaient souvent résumés, chez les philosophes modernes, par le mot de sensibilité (Gemüth) ; et, par conséquent, l'âme tout entière était séparée en esprit et sensibilité, sans cependant qu'on distinguât par-là deux substances particulières. Parfois, entre les concepts de l'âme et de l'esprit on ne reconnut plus qu'une pure différence de degré : l'esprit fut adjugé à l'homme ; et aux animaux, seulement l'âme. Cette distinction manque de plus en plus de netteté et, en même temps, le concept de l'esprit est atteint dans sa qualité substantielle. Pour assigner au mot esprit une signification, qui ne préjuge en rien les résultats de l'analyse ultérieure, nous nous exprimerons ainsi : l'esprit désigne également le sujet de l'expérience interne, mais abstraction faite des rapports de ce sujet avec un être corporel. L'âme est le sujet de l'expérience interne faite dans les conditions qu'entraîne avec elle sa dépendance empirique vis-à-vis d'une existence extérieure ; l'esprit est le même sujet, si l'on ne tient pas compte de cette dépendance. Donc, nous ne parlerons jamais de l'esprit et des phénomènes spirituels, que lorsque nous n'attacherons aucune importance à ces éléments de l'expérience interne, qui assujettissent celle-ci à notre existence sensoriale, c'est-à-dire à l'existence accessible à l'expérience externe. Cette définition ne décide pas complètement, si cette indépendance à l'égard de la sensibilité est réellement le propre de l'esprit. On peut faire abstraction d'une ou de plusieurs parties d'un phénomène, sans nier pour cela, que ces parties existent.

B. *Les facultés de l'âme.* Depuis longtemps, les philosophes ont tâché de ramener à quelques formes plus générales les nombreuses facultés de l'âme, que le langage distingue : la sensation, le sentiment, l'entendement, la raison, le désir, l'imagination, la mémoire, etc. Une triple division de l'âme se trouve déjà indiquée dans le Timée, de Platon ; elle correspond à la distinction des facultés de la connaissance, du sentiment et du désir. Mais, parallèlement à cette triplicité des facultés, il existe une division de l'âme en deux facultés, une basse et une élevée : la première faculté, la sensibilité, cette partie mortelle de l'âme embrasse en même temps le désir et le sentiment ; la seconde, la

même, peut être imaginé comme pouvant être séparé du corps ; ce qui n'est pas le cas pour les autres parties de l'âme. *De anim.* II, 1 (à la conclusion).

1. *Psychologia rationalis*, § 643 et suiv.

raison immortelle, n'est autre que la connaissance. Le sentiment ou l'affection (affectus) est donc, justement dans ce cas, le degré intermédiaire entre le désir et la raison, de même que la vraie représentation s'intercale entre l'apparence sensible et la connaissance. Tandis que la sensation est expressément rattachée avec le désir à la même partie de l'âme (1), la pensée intermédiaire (la διάνοια) et l'affection semblent avoir été mises seulement dans des rapports analogues avec la raison. Aussi, ces essais de classification nous portent à croire que Platon conçut ses deux principes de division d'une manière absolument indépendante et qu'il essaya ensuite, mais sans y réussir complètement, de les ramener l'un à l'autre : le premier lui avait été suggéré par cette observation, qu'il existait une différence fondamentale entre les phénomènes de la connaissance, du sentiment et du désir ; l'autre, par cette idée, qu'il y avait une série de degrés dans le processus de la connaissance. Aristote, qui regardait l'âme comme le principe de la vie, s'appuie sur la gradation des phénomènes biologiques les plus importants, pour distinguer dans l'âme la nutrition, la sensation et la faculté de penser. Il cite encore, par parenthèse, d'autres facultés de l'âme ; cependant, il est évident, qu'aux yeux de ce philosophe, les trois premières sont les plus générales, puisqu'il subordonne en particulier le désir à la sensation (2). Si, par sa triple division, Platon avait mesuré les propriétés de l'âme d'après leur valeur éthique, Aristote tira sa division, conformément à son concept de l'âme, des classes principales, entre lesquelles se répartissent les êtres vivants : nutritive est l'âme de la plante ; nutritive et sentante, celle de l'animal ; nutritive, sentante et pensante, celle de l'homme. Cette possibilité, de séparer les trois facultés de l'âme, résultait de l'observation faite sur les êtres d'une nature différente, et elle fut justement la cause originelle de la classification. Malgré la divergence de son point de départ, cette classification (si nous laissons de côté la nutrition, qu'on y distingue comme une force particulière de l'âme) coïncide évidemment avec la division platonicienne en sensibilité et raison ; et, pas plus que tous les essais ultérieurs, elle ne peut être prise pour un système réellement nouveau.

Le plus systématique des psychologues influents des temps modernes, Wolff, a de nouveau utilisé les deux divisions platoniciennes, tout en subordonnant la faculté du sentiment à celle du désir. Son système tout entier procède par une double division. Wolff sépare la connaissance et le désir, et les subdivise ensuite en une partie inférieure et supérieure. Le tableau synoptique suivant donne une idée très-claire de cette répartition.

1. *Timæos* 77.
2. *De anima* II, 2, 3.

I. *Faculté de la connaissance.*	II. *Faculté du désir ou de l'appétition.*
1. Faculté inférieure de la connaissance.	1. Faculté inférieure du désir.
Sens. Imagination. Faculté de la poésie. Mémoire (oubli et souvenir).	Plaisir et déplaisir. Désirs des sens et aversion sensible. Affections.
2. Faculté supérieure de la connaissance.	2. Faculté supérieure du désir.
Attention et réflexion. Entendement(1).	Vouloir et non-vouloir. Liberté.

Ce système, qui a pour base immédiate la distinction opérée par Leibniz entre la représentation et la tendance, ces deux forces fondamentales des monades, réalisait un progrès essentiel. Il ne bornait pas les facultés du sentiment et du désir à l'affection et au désir sensible ; il leur donnait la même étendue, qu'à la connaissance, de sorte qu'il n'était plus question d'une différence de valeur éthique. Mais, il est évident que cette séparation des diverses facultés, ainsi réparties dans ces quatre grandes classes, ne laisse la prépondérance à aucun principe systématique et qu'elles sont rangées l'une après l'autre, d'une façon tout-à-fait empirique. L'école de Wolff a maintes fois modifié cette division : tantôt la connaissance et le sentiment étaient appelés les deux facultés capitales, et tantôt le sentiment, en qualité de troisième et moyenne faculté, était ajouté à la connaissance et au désir. Kant a adopté cette dernière classification. Déjà, dans la théorie empirique de l'âme, Wolff s'était efforcé de dériver d'une force fondamentale unique, de la force de représentation, les diverses facultés ; et sa psychologie rationnelle avait été consacrée, en grande partie, à traiter cette question. A cet égard, ses élèves l'ont encore dépassé sur quelques points. Kant désapprouvait ces tentatives, qui, ayant pour mobile une pure aspiration vers l'unité, voulaient effacer les distinctions établies. Cependant, même chez ce philosophe, la connaissance domine les deux autres forces de l'âme, puisque à chacune d'elles correspond, dans la sphère de la connaissance, une faculté spéciale. La caractéristique de la psychologie de Kant consiste dans ce rapport des trois facultés fondamentales avec les formes de la faculté de connaître. Wolff et les philosophes postérieurs cherchaient à ramener les sources de l'expérience interne à une seule, qu'ils croyaient trouver dans la connaissance ou dans son phénomène principal, la représentation. Kant soutenait, au contraire, que la connaissance, le sentiment et le désir avaient chacun une origine différente. Au dessus de ces trois forces fondamentales plane la faculté de la connaissance, parce qu'elle *dicte des lois*

1. D'après Wolff, le concept, le jugement et le raisonnement sont les trois opérations de l'entendement. Ce philosophe ne les ramène donc pas à une faculté particulière. Il range la raison, en même temps que l'ingenium, l'art de découvrir, d'observer, etc., parmi les dispositions naturelles de l'entendement. *Psychologia empirica*. Edit. nov. Francof. et Lipsiæ 1738.

aux deux autres ; car, elle engendre les concepts de la nature, aussi bien que le concept de la liberté, qui est la base des préceptes pratiques de la volonté, et, de plus, les jugements de finalité et du goût, qui sont intermédiaires entre les deux autres espèces de concepts. C'est ainsi, que, d'après Kant, l'entendement, pris au sens restreint, est législateur de la faculté de la connaissance ; la raison régit la faculté du désir ; et la faculté du jugement commande au sentiment (1). Entendement, faculté du jugement et raison sont désignés ensemble par le nom d'entendement, pris au sens large (2). D'autre part, Kant adopte la division de la connaissance en une faculté inférieure et supérieure, dont la première embrasse la sensibilité et la seconde, l'entendement ; mais, il rejette l'hypothèse qui n'admet entre elles, qu'une pure différence de degré. La sensibilité est plutôt, pour lui, le côté *receptif* de la connaissance et l'entendement, son côté *actif* (3). Dans son grand ouvrage critique, la sensibilité est donc justement opposée à l'entendement : celui-ci produit de lui-même les concepts *purs*, et, uni à la sensibilité, il engendre les concepts *empiriques* (4).

De tout ce développement, il faut, évidemment, retenir spécialement les trois éléments suivants : 1° la distinction des trois facultés de l'âme ; 2° la triple division de la faculté supérieure de la connaissance, et 3° le rapport, qu'affecte la connaissance avec les trois facultés principales. Le premier élément provient essentiellement de la psychologie de Wolff, les deux autres sont la propriété de Kant. La philosophie primitive avait généralement appelé du nom de raison (λόγος) cette fonction de l'esprit, qui par le raisonnement (ratiocinatio) rend compte des principes des choses. Ainsi, dans le sens du néo-platonisme, la raison fut subordonnée à l'entendement (νοῦς, intellectus), puisque celui-ci contient un savoir direct, tandis que la fonction de conclure indique l'intervention du monde des sens ; ou bien, la raison, parce qu'elle discerne les derniers principes des choses, était mise au-dessus de l'entendement ; tantôt enfin, elle était considérée, comme une forme particulière de l'activité de l'entendement. La philosophie scolastique offre des exemples de ces trois manières de voir. Cette estimation différente de la valeur de la raison provient, évidemment, de l'emploi du mot ratio dans un double sens : 1° pour désigner le concept du *principe*, sur lequel repose une série donnée de vérités particulières ; 2° pour marquer la capacité, que possède la ratiocinatio de *conclure* des principes à des vérités particulières. Primitivement, la ratio était entendue dans la dernière acception, comme *faculté de conclusion*, lorsqu'on la comprenait dans les facultés de l'âme ; mais plus tard, la ratio, prise au premier sens, comme faculté des principes, a été traduite par le même mot et définie par conséquent

1. *Kritik der Urtheilskraft*, p. 14 et s. Edition de Rosenkranz, vol. 4.
2. *Anthropologie*, p 100 et 104. Edit. Ros. vol. 7, deuxième division.
3. *Anthropologie*, p. 28.
4. *Kritik der reinen Vernunft*, p. 31, 55.

comme une faculté, qui nous fait *pénétrer les derniers principes des choses*. Lorsqu'on s'attacha principalement à cette dernière signification, la raison apparut justement comme l'organe des vérités religieuses et morales ; et puisque celles-ci ne se déduisent pas des concepts de l'entendement et témoignent relever d'une source de connaissance plus élevée, naturellement, on crut, que cette source de connaissance était cette faculté de l'âme, qui se rapporte aux principes des choses. La raison devint ainsi une faculté métaphysique et se distingua de l'entendement, dont les concepts restent toujours limités aux expériences du sens externe ou interne. On trouva un intermédiaire entre les deux formes du concept, parce que les vérités générales de la raison pouvaient être considérées, comme les dernières prémisses, d'où émanent les conclusions de la raison, ainsi que Leibniz l'avait expliqué par l'exemple des démonstrations mathématiques (1). Dans cette double acception, les psychologues définirent alors la raison, comme la faculté qui nous fait entrevoir l'enchaînement des vérités générales (2). Kant prit, d'abord pour point de départ, la première de ces opinions, qui considère l'entendement, comme la faculté des concepts, et la raison, comme la faculté de conclusion. Il put d'autant mieux exécuter la tentative, auparavant commencée, d'opérer une classification de la faculté supérieure de la connaissance, d'après la méthode de la logique, qu'il avait déjà réussi d'une manière analogue dans la déduction des catégories. Le jugement étant intermédiaire entre le concept et la conclusion, Kant adopta alors entre l'entendement et la raison une faculté moyenne : la faculté du jugement. Dans son grand ouvrage critique, ce philosophe avait cherché à relier plus intimement les deux faces du concept de raison ; car, il y démontra, que si la raison subordonne dans la conclusion un jugement à sa règle générale, de même cette règle doit être de nouveau soumise à une condition plus élevée, jusqu'à ce que enfin elle soit arrivée à l'inconditionné. L'idée de l'inconditionné, dans ses formes différentes, resta donc la propriété de la raison ; mais, tous les concepts et principes à priori, dont la raison, comme faculté de conclusion, dérive les divers jugements, et que la philosophie primitive avait, en partie, également attribués à la pure connaissance de la raison, devinrent la propriété exclusive de l'entendement. C'est ainsi, que la raison acquit, avec Kant, une double position tout-à-fait particulière : faculté de conclusion, elle était, en quelque sorte, la servante de l'entendement et, en cette qualité, elle devait employer les concepts et principes établis par ce dernier ; faculté des idées, et dirigée absolument vers les principes transcendants, elle s'élevait au contraire au-dessus de l'entendement, qui, tourné seulement vers la connexion empirique des phénomènes, doit suivre l'idée de raison, tout au plus comme un principe régulateur, qui lui trace la direction, pour opérer une réduction des phénomènes en un tout absolu ; réduction, dont l'entendement lui-même ne possède aucune no-

1. *Opera philos* éd. Erdmann, p. 393.
2. Wolff, *Psychologia empirica*, § 483.

tion. Ce que la raison, mère des idées de l'inconditionné obtint ici en élévation, elle le perdit par son infécondité complète pour la connaissance. Même, le principe régulateur, qu'elle met, pour ainsi dire, aux mains de l'entendement, n'est pas réellement contenu dans ses idées, mais il est déjà renfermé dans l'activité de la raison, comme faculté de conclusion, qui exige pour chaque jugement la recherche des prémisses. Or, l'activité de la raison, comme principe *régulateur* de l'entendement, ne s'étend pas plus loin. Dès que la raison admet une substance de l'âme ou une cause finale supérieure, et d'autres principes de même nature, elle devient *constitutive*, quoiqu'une supposition de ce genre puisse être seulement introduite comme une hypothèse destinée à relier les phénomènes, et que la pensée d'exprimer, par ce moyen, un concept réel de la connaissance, soit encore tant repoussée de nos jours par les esprits philosophiques. Si on soustrait aux idées de raison cette dernière signification théorique de la connaissance, il ne reste rien, que le fait de l'existence de ces idées, et, par ce fait, nous sommes avertis, qu'il faut nous garder de conclure de ces idées à l'existence de leurs types ou de les employer généralement à un usage théorique quelconque. Le rôle constitutif, que les idées de raison ne possèdent pas dans le domaine théorique, Kant le leur a réservé pour l'usage pratique ; personne ne l'ignore. Sur ce dernier terrain — d'après l'opinion de ce philosophe — les principes à priori manifestent leur valeur ; ces principes qui, par la forme impérative avec laquelle ils commandent l'obéissance, démontrent leur propre vérité, comme la vérité de l'idée, dont ils proviennent, de la liberté de la volonté et doivent, justement en cela, prouver du moins la possibilité des autres idées de raison (1). L'entendement étant législateur de la connaissance, la raison est par conséquent législatrice de la faculté de l'appétition. Évidemment, il ne peut être ici question que de la raison, prise dans la deuxième acception, c'est-à-dire comme faculté des idées. La réalisation pratique de l'idée de liberté, dans l'ordre moral, tranche le conflit, introduit dans les antinomies de la raison pure entre la liberté et la nécessité, en faveur de la première (2). Si on étudie, cependant, le débat des antinomies théoriquement, et si on réfléchit, qu'il est basé sur la raison, faculté de conclusion, qui pour chaque conséquence exige la découverte d'une condition, il n'est pas douteux, qu'au point de vue purement théorique, l'antithèse n'ait le dessus; car, l'antithèse n'autorise de s'arrêter nulle part à un commencement de la série des conditions et laisse apparaître, par conséquent, cette idée de l'inconditionné comme une pure fiction, que se permet la raison pour exprimer la totalité des conditions, sans néanmoins accorder, qu'en remontant d'une condition à une autre condition, jamais une halte soit permise. Kant lui-même, bien qu'il semble laisser la dispute indécise, finit par donner raison à l'antithèse, car il ne conçoit l'union de la loi morale et de la loi naturelle, comme possible,

1. *Kritik der prakt. Vernunft*, p. 106. Œuvres, vol. 8.
2. *Kritik der reinen Vernunft*, p. 353.

qu'autant que la première est valable (1) pour l'homme en soi et la seconde, pour l'homme, en tant que phénomène. Il en résulte évidemment cette question difficile : comment l'homme, en qualité de noumène, peut-il encore néanmoins devenir phénomène, puisque l'idée de liberté, dans sa réalisation pratique, apparaît comme causalité dans la série des phénomènes ?

Ainsi, le rapport, entrevu par Kant, entre la raison et la faculté de l'appétition, a amené ce philosophe à appliquer (grâce à un procédé, qui lui est spécial) les trois parties de la faculté supérieure de la connaissance aux trois facultés capitales de l'âme. Puisque, déjà, dans l'ancienne psychologie, l'entendement n'était autre, que la faculté de la connaissance, il ne resta pour le sentiment (Gefühl), qui se trouve placé entre la connaissance et le désir, que la faculté du jugement, également située entre les facultés des concepts et du raisonnement. Le rapport de la faculté du jugement avec le sentiment a surtout été décidé par cette analogie : c'est ce qui résulte des raisons, que Kant a données, lorsqu'il a exprimé cette pensée (2). Si on ajoute d'autre part, que la raison, faculté de raisonner — (en cette qualité, elle rentre cependant dans cette triple division de la faculté supérieure de la connaissance) — ne peut être nullement mise en rapport avec le désir, mais que celui-ci a pour origine la signification pratique de l'une des idées transcendantes de la raison : évidemment, le rapport tout entier des trois facultés fondamentales de l'âme avec les trois activités essentielles de la faculté de la connaissance, qui se manifestent dans la logique formelle, est uniquement le produit d'un schématisme artificiel, opéré d'après la méthode des formes logiques. Or, dans ce cas, le schématisme a même réagi contre la manière de concevoir les trois facultés de l'âme, puisque Kant ne considère ses trois facultés capitales, que dans leurs manifestations supérieures. S'il est déjà douteux, que la première faculté, dans la totalité de ses phénomènes, soit convenablement exprimée par ce terme « de connaissance », certainement la limitation des sentiments de plaisir et de déplaisir au jugement esthétique du goût, et le rapport de la faculté du désir avec l'idéal du bien sont incapables de servir de point de départ à une étude, purement psychologique. Le résultat proprement dit des recherches psychologiques de Kant consiste donc dans cette affirmation, que la connaissance, le sentiment et le désir diffèrent, *quant à leur origine :* c'est ce qui le distingue de Wolff et de son école. Au contraire, le rapport, qu'il établit de cette différence avec les trois degrés de la connaissance, repose, même dans son application aux sentiments et aspirations plus élevés, sur une base fondamentale douteuse et est absolument inapplicable à la totalité des phénomènes psychiques ; seulement, il atteste d'une manière très-remarquable, que la spécification la plus précise des phénomènes de l'âme cherche de nouveau un principe

1. *Kritik der reinen Vernunft*, p. 109.
2. *Kritik der Urtheilskraft*, p. 15.

unissant, et que la connaissance semble, plus que les autres facultés, pouvoir fournir un tel principe.

Herbart a critiqué spécialement la forme, que Wolff et Kant ont donnée à la théorie des facultés de l'âme. Ses arguments se résument essentiellement dans les deux principales objections suivantes : 1° les facultés de l'âme sont de pures *possibilités*, qui n'ajoutent rien au contenu de l'expérience interne. Il n'y a, que les faits particuliers, saisis par cette expérience, les diverses représentations, les divers sentiments, etc., qui se trouvent réellement dans l'âme. Une sensibilité antérieure à la sensation, une mémoire antérieure aux souvenirs, qu'elle emmagasine, n'existent point; par conséquent, ces concepts de possibilité ne peuvent pas même être employés, pour en déduire des faits(1). 2° Les facultés de l'âme sont des *concepts génériques*, qu'une abstraction préalable a tirés de l'expérience interne et qui ont été ensuite utilisés, pour expliquer ce qui se passe en nous, après qu'on les a érigés en facultés principales de l'âme (2). Évidemment, les deux objections dépassent directement leur but, puisqu'elles atteignent les méthodes d'explication scientifique, qui sont appliquées dans presque toutes les sciences naturelles. Ainsi, les forces physiques n'existent pas, en soi et pour soi, mais seulement dans les phénomènes, que nous nommons leurs effets; et les facultés physiologiques, la nutrition, la contractilité, la sensibilité, etc., ne sont autre chose, que « de pures possibilités ». Également, la pesanteur, la chaleur, l'assimilation, la reproduction, etc., sont des concepts d'espèce, abstraits d'un certain nombre de phénomènes analogues, qui ont été transformés, de la même manière que les concepts d'espèce de l'expérience interne, en forces ou facultés, devant servir à l'explication des phénomènes eux-mêmes. Si nous appelons manifestations de l'âme la sensation, la pensée, etc., cette proposition, que l'âme possède la *faculté* de sentir, de penser etc., semble l'expression directe du travail, que fait l'esprit, pour traduire par un concept, qu'un sujet révèle des effets, qui nous obligent d'admettre la présence de causes au-dedans de lui. Contre cette application du concept de force en général, Herbart n'a rien objecté. Mais il distingue la *force* de la *faculté*. L'existence de la force est supposée, toutes les fois que l'esprit comprend, que le résultat est inévitable, dans des conditions convenables. On parle seulement d'une faculté, lorsqu'un effet peut avoir lieu ou même faire défaut (3).

On a fait valoir, peut-être avec raison, que cette distinction s'appuie sur un concept de faculté, emprunté à la forme anti-scientifique de la théorie psychologique des facultés (4). Il faut avouer cependant, que cette différence de désignation n'est pas sans importance. Grâce au développement des sciences naturelles modernes, le concept de force a obtenu la signification d'un *concept de relation* : ce concept suppose toujours des conditions qui se déterminent

1. Herbart, *Œuvres*, vol. 7, p. 611.
2. Herbart, *Œuvres*, vol. 5, p. 214.
3. Herbart, *Œuvres*, vol. 7, p. 610.
4. J. B. Meyer, *Kant's Psychologie*. p. 116.

réciproquement, et il s'évanouit, dès qu'on supprime une partie des conditions, dont la coopération a, pour résultat, la manifestation de la force. Un concept de force est, par exemple, exactement formé, quand toute tendance au mouvement, basée sur le rapport des corps les uns avec les autres, est dérivée d'une force de gravitation, qui détermine la position réciproque des corps dans l'espace. Un concept de force est prématurément formé, si on ramène les phénomènes de la pesanteur à une force inhérente, en soi et pour soi, à chaque corps. Quand les conditions, relatives à certains phénomènes et existant dans un objet donné, sont transformées de cette manière en une force appartenant à l'objet, et que l'on ne tient pas compte des conditions extérieures, évidemment on n'a point de règle, de mesure, pour décider, si une différence, remarquée dans les effets de cet objet, provient des conditions, qui sont au-dedans de lui ou bien, des conditions extérieures. Alors, tantôt ce qui est séparé, sera réuni, tantôt — ceci est le cas le plus fréquent — ce qui est homogène, sera désuni. Ainsi, un grand nombre de forces, que l'ancienne physiologie distinguait, forces de génération, de croissance, de développement, etc., ne sont, sans doute, que des manifestations des mêmes forces, mais dans des circonstances différentes; et il en est généralement, de même, de ces dernières distinctions spécifiques, que nous faisons entre la mémoire des mots, celle des chiffres, celle de l'espace, etc. auxquelles la théorie des facultés de l'âme a conduit. D'une manière analogue, la physique ancienne expliquait les phénomènes de la pesanteur par plusieurs forces : la chute, par une force de chute; le vide barométrique, par l' « horror vacui » ; les mouvements des planètes, par les bras invisibles des soleils ou les tourbillons cartésiens. En faisant abstraction des conditions extérieures des phénomènes, on voit surgir aussitôt ce faux concept d'une faculté, qui attend l'occasion d'agir: la force est incorporée à un être mythologique. Mais on aurait tort d'accuser la psychologie de cet égarement. Or, elle a un avantage sur es sciences physiques naturelles; celles-ci ont préparé son travail, car, les concepts généraux, qu'elles ont déterminés et qui appartiennent à la fois à l'expérience interne et externe, ont été purgés des vices, que présentaient les développements primitifs de la pensée. Ce privilège implique, en même temps, l'obligation d'en faire usage.

PREMIÈRE SECTION

LES BASES CORPORELLES DE LA VIE DE L'AME

CHAPITRE PREMIER

DÉVELOPPEMENT ORGANIQUE DES FONCTIONS PSYCHIQUES

1. — Caractères et limites de la vie psychique.

Les fonctions psychiques sont un élément essentiel des phénomènes biologiques, et ne s'offrent jamais à l'observateur, sans être accompagnées des fonctions de nutrition et de reproduction. Mais ces phénomènes biologiques généraux peuvent apparaître, sans que l'on remarque, en même temps, dans leur substratum, ces propriétés, que nous appelons ordinairement psychiques. La première question qui s'impose, en étudiant les bases corporelles de la vie de l'âme, est donc ainsi formulée : *Quels doivent être, dans un corps vivant, les signes caractéristiques qui permettent de lui supposer des fonctions psychiques?*

Cette première question de la psychologie physiologique est déjà entourée de difficultés extraordinaires. Les caractères décisifs de la vie psychique sont de nature *subjective :* nous ne les connaissons, que d'après le contenu de notre propre conscience. Mais il faut invoquer, ici, des caractéristiques *objectives*, qui nous obligent de conclure *à posteriori* à un être interne, ressemblant en quelque sorte à notre conscience. Ces caractéristiques objectives ne peuvent consister, qu'en certains mouvements corporels, mouvements qui témoignent, que des sensations les ont engendrés. Comment sommes-nous autorisés à ramener aux sensations les mouvements d'un être vivant? La réponse à

cette question est incertaine, surtout si les préjugés métaphysiques interviennent dans cette affaire, et c'est ce que montre nettement le fait suivant : d'une part, l'hylozoïsme incline à regarder, comme une action psychique, tout mouvement, même celui de la pierre qui tombe; et, d'autre part, le spiritualisme d'un Descartes voudrait borner toutes les manifestations de la vie psychique aux mouvements volontaires de l'homme. La première de ces opinions se dérobe à toute vérification; la seconde contient seulement une partie de la vérité, à savoir que nos manifestations de la vie psychique doivent constamment fournir la règle, qui nous permet de mesurer les opérations analogues des autres êtres. Nous n'étudierons donc pas les fonctions psychiques, alors qu'elles se produisent à l'état le plus imparfait, et pour la première fois, dans la nature organique; au contraire, à partir de l'homme, nous suivrons une marche descendante, afin de trouver la limite, où commence la vie psychique.

Tous les mouvements corporels, qui ont leur origine dans le système nerveux, sont bien loin d'avoir le caractère des opérations psychiques. Les mouvements normaux du cœur, des muscles respiratoires, des vaisseaux sanguins et des intestins s'accomplissent, le plus souvent, sans être accompagnés d'une modification quelconque de notre conscience; de même, les muscles, servant à la locomotion, réagissent contre les excitations, la plupart du temps, à notre insu, sans notre volonté et d'une façon purement machinale. Regarder ces phénomènes de locomotion, comme des fonctions psychiques, serait aussi arbitraire, que d'attribuer la sensation à la pierre qui tombe. Si l'on exclut tous ces mouvements, exécutés sans la participation de la volonté ou avec son intervention momentanée, les mouvements *volontaires* sont les seuls, qui possèdent toujours le critérium indéniable des manifestations de la vie psychique. La caractéristique subjective, que nous avons directement du mouvement volontaire, consiste, en ce qu'il est précédé, dans notre conscience, d'une sensation quelconque, qui nous apparait, comme la cause interne du mouvement. Donc, même au point de vue objectif, un mouvement est pour nous volontaire, lorsqu'il témoigne de sensations conscientes et que nous le concevons, comme étant leur effet.

Malgré la détermination de ce critérium, les difficultés pratiques, qui gênent le diagnostic du fait psychique, ne sont nullement écartées. On ne parvient pas toujours à distinguer sûrement, d'un mouvement volontaire, un réflexe purement mécanique, ou, même chez les êtres in-

férieurs, un mouvement d'origine physique extérieure, comme, par exemple, l'imbibition d'un corps apte à se gonfler, le changement de volume dû aux oscillations de la température. N'oublions pas, à ce sujet, qu'il y a des signes caractéristiques démontrant, avec une évidence absolue, l'existence des mouvements volontaires, et que l'absence de ces signes ne doit pas toujours nous faire conclure d'une façon certaine à la non-existence de ces mouvements, ni par conséquent à la non-existence des fonctions psychiques. Notre étude ne peut déterminer, que cette limite inférieure, où se révèlent les manifestations de la vie psychique. Celle-ci commence-t-elle réellement plus bas encore? C'est une pure présomption.

Le critérium objectif du mouvement volontaire, celui qui, surtout après une observation prolongée, ne peut induire en erreur, est la relation du mouvement avec les instincts nutritif et sexuel, qui sont les plus répandus parmi les animaux. C'est uniquement à l'aide de l'impression sensible, que ces instincts conduisent aux mouvements de locomotion, qui ont en soi le caractère de volontaires. Les mouvements volontaires, sûrement déterminés dans toutes les circonstances de ce genre, principalement la tendance vers la nourriture, prouvent donc d'une manière irréfutable l'existence d'une conscience sentante. Il est hors de doute que, depuis l'homme jusqu'aux protozoaires, la conscience est une propriété générale des êtres vivants. Aux degrés les plus inférieurs de cette série de développement, les sensations, qui naissent dans la conscience, seront certes extrêmement bornées, et la volonté sera toujours déterminée de la façon la plus simple par les instincts organiques, qui sont si généralement répandus. Toutefois, les manifestations biologiques des protozoaires les plus infimes ne s'expliquent, que par cette supposition : elles supposent une conscience, qui diffère uniquement de la nôtre par le degré de son développement.

Voici une question plus difficile. Les manifestations de la vie psychique commencent-elles réellement, pour la première fois, à ce degré de l'échelle organique, où nous percevons des mouvements corporels volontaires; ou bien, leurs débuts ne remontent-ils pas beaucoup plus loin? Partout, où existe un protoplasma vivant, il apparaît doué de contractilité : au contact des excitants extérieurs et, même, sans action apparente du dehors, le protoplasma exécute des mouvements; ceux-ci ont la plus grande analogie avec les mouvements volontaires des protozoaires inférieurs; ils ne sont pas expliqués par les influences physiques extérieures, mais seulement par les forces, qui résident dans la

substance contractile elle-même. Le contenu protoplasmatique des jeunes cellules végétales et le protoplasma libre, si largement répandu dans les règnes végétal et animal, présentent des mouvements de ce genre, qui disparaissent constamment au moment de la mort de la substance ; et, très-probablement, tous les organismes élémentaires, soit indépendants, soit faisant partie d'un organisme composé, possèdent, au moins durant un certain temps de développement, la propriété contractile. Ainsi, les corpuscules lymphatiques du sang, les corpuscules de la lymphe des animaux, du pus et ceux, qui sont trouvés à l'état d'éléments migrateurs dans les tissus, présentent des changements de forme, qui ne diffèrent pas, d'après leur aspect extérieur, des mouvements volontaires des protozoaires inférieurs, dont la structure corporelle a souvent tant d'analogie avec celle de ces éléments (fig. 1). Seulement, la spontanéité de ces mouvements n'est pas démontrée. On a observé, il est vrai, surtout dans les globules blancs du sang des invertébrés, une absorption de principes solides, qui ressemble à une absorption de matières nutritives (1). Dans ce cas, comme pour les mouvements d'irritation qui, chez certaines plantes, sont liés à l'exercice des fonctions de digestion, rien n'indique certainement, que les sensations opèrent un choix déterminé entre les matériaux nutritifs, ou qu'un lien psychologique intermédiaire existe généralement entre l'excitation et le mouvement (2).



Fig. 1. Corpuscules lymphatiques. *a-k* Changements de formes des cellules vivantes ; *l* cellule morte.

On entend dire parfois : si, à l'intérieur du protoplasma, il n'y a vraisemblablement, que des conditions physiques, d'où l'on puisse dériver les phénomènes de contractilité, l'hypothèse de phénomènes psychiques concomitants est, par cela même, insoutenable. C'est une erreur complète. La physiologie cherche à déduire des forces physiques générales les phénomènes, qui ont lieu dans notre système nerveux : les faits de notre conscience n'en restent pas moins intacts. La

1. Hœckel, *Monographie der Radiolarien*. Berlin, 1862. p. 104.
2. Darwin, *Insectenfressende Pflanzen* (traduction allemande de J. V. Carus). Stuttgart 1876. Voir surtout le chapitre X, p. 208.

théorie de la connaissance et la philosophie naturelle nous interdisent d'admettre des manifestations de la vie physique, qui ne se ramèneraient pas aux lois générales de la physique; et la physiologie, qui agit d'après ce principe fondamental, en trouve toujours la confirmation, dès qu'elle a le bonheur d'arriver à la solution de ses problèmes. On ne devra donc jamais conclure à l'existence de fonctions psychiques, si l'on n'envisage, que la nature physique des mouvements, mais seulement si l'on réfléchit aux conditions intimes, qui les accompagnent et qui indiquent une utilisation psychologique des impressions sensorielles. Or, l'observation nous apprend, que les propriétés chimiques et physiologiques du protoplasma vivant (que nous découvrions ou non, dans cet organe, des manifestations de la vie psychique) sont essentiellement de même nature. Cette remarque s'applique spécialement à la contractilité et à l'irritabilité du protoplasma. Ajoutez à cette identité complète du côté physique, qu'on ne voit nulle part une limite précise, où les mouvements protoplasmatiques prennent, pour la première fois, un caractère psychologique; mais, qu'à partir du protoplasma, enfermé dans la cellule végétale, un passage graduel et, ce semble, continu s'établit à travers les corpuscules lymphatiques migrateurs des animaux, les monères indépendantes et les rhizopodes, jusqu'aux infusoires, doués d'une grande mobilité, d'un revêtement ciliaire et d'une ouverture buccale. Il est donc impossible de ne pas présumer, que l'aptitude aux fonctions psychiques ne soit généralement préformée dans la substance contractile.

L'hypothèse, qui établit, que les commencements de la vie psychique remontent aussi loin, que les débuts de la vie en général, doit, par conséquent, au point de vue de l'observation, être absolument vraisemblable. La question de l'origine du développement intellectuel coïncide ainsi avec celle de l'origine de la vie. Si la physiologie, en vertu de la corrélation universelle des forces, est obligée d'admettre, que les manifestations biologiques ont, pour base fondamentale et unique, les propriétés générales de la matière, la psychologie aura le même droit d'attribuer au substratum général de notre connaissance extérieure un être interne, qui, à mesure qu'apparaissent les phénomènes biologiques, trouve son développement dans le côté psychique de ces phénomènes. Malgré cette dernière supposition, gardons-nous jamais d'oublier, que cette vie latente de la matière inanimée ne doit pas être confondue, ainsi que le fait l'hylozoïsme, avec la vie actuelle et la conscience, ni considérée, à l'exemple du matérialisme, comme une *fonction* de la

matière. L'hylozoïsme se trompe, en supposant des phénomènes biologiques là, où ils ne nous sont pas donnés, et où nous voyons seulement la base fondamentale, qui les rend possibles ; le matérialisme est dans l'erreur, car il admet une dépendance essentielle, alors qu'il existe seulement une corrélation de phénomènes simultanés, mais nullement comparables entre eux. Par le concept de substance matérielle, nous désignons la base fondamentale de toute expérience externe. Aussi, ce concept est-il destiné à expliquer le fait physique et, par conséquent, les phénomènes de la vie physique. Comme, parmi ces derniers, nous rencontrons en même temps ces sortes de mouvements, qui indiquent une conscience, les hypothèses sur la matière peuvent seulement nous faire comprendre la connexion *physique* de ces mouvements, mais jamais les fonctions *psychiques* concomitantes, que notre perception interne nous conduit à conclure *à posteriori*. Si donc, le concept de matière devait être transformé, de manière à impliquer simultanément la possibilité du fait physique et psychique, il prendrait de l'extension et deviendrait un concept général de substance. Cette extension du concept doit-elle être admise ? C'est évidemment une question, que la psychologie empirique résoudra, lorsqu'elle sera arrivée au terme de ses recherches. Jusqu'à ce moment, nous resterons attachés à cette hypothèse, réclamée directement par l'expérience : le fait psychique est régulièrement accompagné de phénomènes physiques déterminés, et des rapports réguliers existent entre ces phénomènes biologiques internes et externes.

2. — Différenciation des fonctions psychiques et de leurs substratum.

Aux débuts de son développement, la cellule organique est une masse protoplasmatique, dénuée d'enveloppe et contractile dans toutes ses parties ; ou bien, elle renferme un protoplasma mobile, contenu dans une membrane limitante, solide et dépourvue de mouvement. Ces deux formes appartiennent aux organismes indépendants les plus infimes, qui nous présentent nettement les caractères de la sensation et du mouvement volontaire (fig. 2). Les substratum de ces fonctions élémentaires psychiques ne paraissent pas alors complètement séparés et sont, en même temps, répartis dans la masse totale du corps. Le sens tactile est le seul

sens, qui fonctionne distinctement : les impressions, produites en une partie quelconque du protoplasma contractile, provoquent aussitôt, dans le point touché directement, un mouvement qui se propage, avec une coordination parfaite, au corps tout entier.

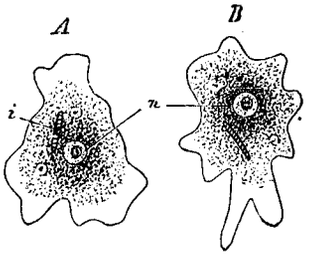


FIG. 2. Une amibe à deux moments différents de son mouvement. *n* Noyau. *i* Nourriture absorbée.

Une première séparation des fonctions psychiques s'accomplit déjà chez ces protozoaires, où la couche, qui enveloppe la substance corporelle contractile, a donné naissance à des appareils moteurs particuliers, à des cils et des pieds palmés (fig. 3). Très-souvent, ce développement marche de pair avec la différenciation des fonctions nutritives, avec la formation d'une ouverture pour les aliments et d'une cavité digestive; il s'y joint fréquemment une espèce de canal ouvert, dans lequel une vésicule contractile entretient le mouvement du suc nutritif. Les cils vibratiles dotent ces infusoires d'une mobilité bien plus rapide, que celle qui appartient aux formes les plus inférieures des monères et des rhizopodes, dont la masse du corps est gélatineuse; ils fonctionnent certainement aussi, comme organes tactiles et semblent même sensibles à la lumière. La tache rouge pigmentaire, qui existe chez de nombreux infusoires, sert peut-être à distinguer la lumière; toutefois, il est douteux, que ce soit un organe visuel primitif.

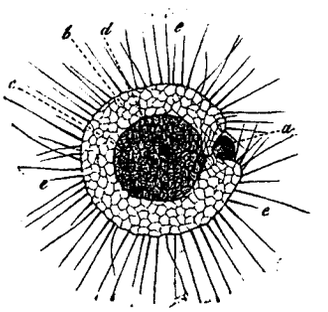


FIG. 3. Actinosphœrium. *a* Une bouchée absorbée et introduite dans la masse molle du corps. *b* Couche corticale du corps. *c* Parenchyme central. *d* Boules alimentaires au milieu de ce parenchyme. *e* Cils vibratiles de la couche corticale.

Les *organismes composés* présentent une séparation plus profonde entre leurs fonctions et leurs substratum. Leur germe se divisant en un grand nombre de cellules, celles-ci sont homogènes dès leur naissance; aussi montrent-elles souvent, d'une façon identique, la contractilité primitive du protoplasma. Puisque ces cellules modifient constamment leurs matériaux, leur forme, et qu'elles-mêmes et leurs produits d'accroissement donnent naissance aux tissus du corps de la plante et de l'animal, leurs fonctions se séparent, en même temps, d'une manière

toujours plus complète. Les conditions, auxquelles est soumis ce processus de différenciation, qui embrasse la nature organique tout entière, sont encore recouvertes d'obscurités, et nous ne connaissons absolument, que les changements de configuration extérieure, qui expriment cette évolution.

Les fonctions nutritives de la plante acquièrent un développement si puissant, que les végétaux supérieurs s'occupent exclusivement de multiplier la substance organique et de la transformer. Dans le règne animal, au contraire, le processus de développement consiste surtout à séparer successivement les fonctions animales et végétatives, et, par suite, à différencier, dans leurs divers domaines, chacune de ces fonctions principales. La masse cellulaire du vitellus, qui est primitivement homogène, se sépare tout d'abord en une couche périphérique et une couche centrale, d'une forme différente (fig. 4 et 5). L'espace, occupé par le jaune, s'élargit et donne naissance à la future cavité du corps; et il se développe, d'une façon permanente ou transitoire (durant l'état de larve, qui précède la différenciation plus complète des organes du corps), une ouverture buccale, qui fait communiquer la cavité du corps avec le monde extérieur (fig. 6). Dans ce stade, la sensation et le mouvement semblent exclusivement liés à la couche extérieure de la cellule, à l'*ectoderme*, et les fonctions nutritives à la couche intérieure, à l'*entoderme*. A un degré plus avancé de développement, il naît entre ces deux feuillets une autre couche de cellules, le *mésoderme*, dont l'origine n'est pas complètement expliquée par les deux premiers feuillets ; c'est ce dont témoigne encore la discussion du problème suivant : la situation respective des diverses couches, qui est le résultat de la première différenciation du germe, est-elle persistante et analogue chez tous les animaux? Cependant, un processus identique de déve-

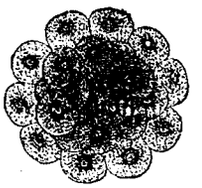


Fig. 4. Le vitellus, lors de son dernier stade de segmentation.

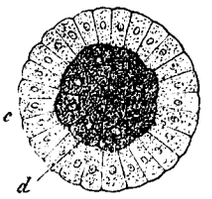


Fig. 5. Séparation de la masse cellulaire, qui provient de la segmentation vitelline, en une partie périphérique et centrale (*c* et *d*).

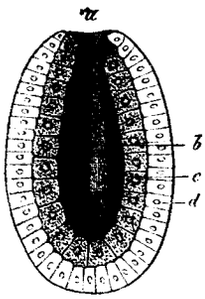


Fig. 6. Première différenciation de l'organisme (forme de la Gastrula). *a* Ouverture buccale. *b* Cavité intestinale. *c* Entoderme. *d* Ectoderme.

loppement se révèle dans ce fait que, depuis les cœlentérés jusqu'aux vertébrés, la différenciation des organes commence avec la séparation en *trois couches germinales* (1). L'une de ces trois couches, l'extérieure, devient la base fondamentale du système nerveux et des organes sensoriels; l'intérieure engendre les appareils de nutrition ; la moyenne, le système vasculaire. L'appareil musculaire (et avec lui, chez les vertébrés, le squelette) semble également provenir de l'ectoderme (fig. 7) (2).

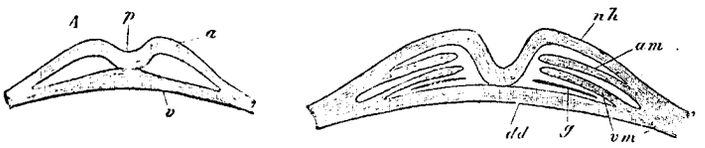


Fig. 7. Coupes schématiques transversales, montrant la première séparation de l'ébauche embryonnaire du corps d'un vertébré. *a* Feuillet animal (ectoderme) ; *v* feuillet végétatif (entoderme) ; *nh* feuillet nerveux et corné. *am* Plaque musculaire animale, *vm* plaque musculaire végétative. *dd* Feuillet intestino-glandulaire. *g* Feuillet vasculaire. *p* Fente primitive et cordon de l'axe (strie primitive).

Avec cette séparation des organes, se différencient en même temps les éléments des tissus, qui leur appartiennent. Après que l'entoderme et l'ectoderme se sont constitués, les fonctions de sensation et de mouvement se trouvent d'abord réunies dans les cellules de l'ectoderme. On doit regarder, comme une séparation commençante de ces fonctions principales, ce fait que, à l'exemple de ce qui se passe chez les hydres et les méduses, les cellules de l'ectoderme envoient à l'intérieur des prolongements contractiles, et que, si les fonctions sensorielle et motrice restent encore réunies dans *une* cellule, elles se répartissent néanmoins dans diverses régions de celle-ci (Fig. 8) (3). Tandis que les propriétés de la sensation et de la contractilité se transmettent à des cellules spéciales et diversement situées, il se développe, en outre, des filets d'union, qui effectuent la connexion fonctionnelle de ces tissus. Mais, simultané-

1. Selon Hæckel, seulement chez les derniers des cœlentérés, les *spongiaires*, la différenciation du germe se borne à la formation des deux couches germinales primitives, l'ectoderme et l'entoderme. Voy. Hœckel, *Die Kalkschwämme*. Berlin 1872, I, p. 469.

2. Pour les divers points litigieux, relatifs à la théorie de la formation des couches germinales, consult. Kölliker, *Entwicklungsgeschichte*, 2e édit. Leipzig, 1879, p. 98.

3. Kleinenberg, *Hydra, eine anatomisch-entwicklungsgeschichtliche Untersuchung*. Leipzig 1872, p. 21. — O et R. Hertwig, *Das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen*. Leipzig 1878, p. 157.

ment apparait une troisième espèce de cellules, qui, intercalées dans les voies d'union entre les cellules sensorielles et musculaires, se chargent de remplir la fonction d'organes, propres à la réception et à la transmission des excitations. Les cellules sensorielles descendent au rang d'organes auxiliaires externes ; elles sont uniquement destinées à recevoir les phénomènes d'excitation physique et, par suite, ont éprouvé simultanément une différenciation, qui les rend aptes à l'excitation, en présence des formes diverses, présentées par les phénomènes moteurs extérieurs. De même, les cellules contractiles deviennent des organes auxiliaires ; elles recueillent les excitations, qui leur sont transmises et les transforment en mouvements extérieurs.

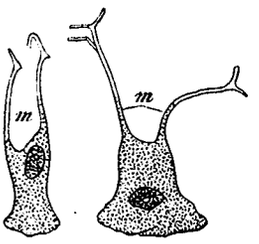


Fig. 8. Cellules neuro-musculaires de l'hydre, d'après Kleinenberg. (Cellules épithélio-musculaires, Hertwig.) *m* Prolongements musculaires.

Les cellules du troisième genre, *cellules nerveuses*, sont élevées au rang de centres des fonctions psychiques; et, grâce au système de *filets nerveux*, qui s'étend entre elles et les cellules sensorielle et musculaire, elles opèrent la connexion de ces fonctions. Dans les cellules nerveuses, le processus d'excitation, provoqué par les organes sensoriels extérieurs, se combine avec le processus interne de la sensation ; et, dans ces mêmes cellules, les impulsions volontaires donnent lieu à des processus physiologiques, qui provoquent, dans les appareils musculaires, des mouvements correspondants. De cette manière, le schéma le plus simple, que nous présente un système nerveux, est l'union d'une cellule nerveuse centrale avec une cellule sensorielle, par un côté et avec une cellule musculaire contractile, par l'autre côté ; et ces deux extrémités, tournées vers le monde extérieur, effectuent la réception des impressions sensorielles et la réaction motrice, exercée contre ces impressions (Fig. 9).

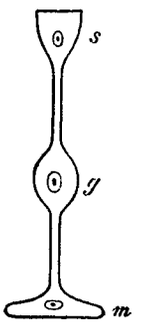


Fig. 9. Schéma d'un système nerveux simple. *g* Cellule nerveuse. *s* Cellule sensorielle épithéliale. *m* Cellule musculaire.

Mais ce schéma si simple ne se trouve, sans doute, réalisé nulle part. Dès que se produit le développement des cellules nerveuses spéciales, celles-ci se montrent aussitôt en grand nombre, reliées dans tous les sens les unes aux autres et formant des séries ; c'est ainsi, que plusieurs de ces cellules ne communiquent plus, que par l'intermédiaire d'autres cellules, avec les

tissus extérieurs (Fig. 10). Les cellules nerveuses de premier ordre (g_1), après avoir effectué leur connexion avec les épithélium sensoriels ou avec les cellules musculaires, se divisent en sensorielles et motrices. De ces cellules de premier ordre se détachent d'abord, en qualité de cellules de second ordre (g_2), celles qui peuvent unir des cellules sensorielles avec des sensorielles, des motrices avec des motrices, ou des sensorielles avec des motrices. Probablement, des cellules d'ordre encore plus élevé se rattachent aux organes centraux, dont la structure est relativement simple. Nécessairement, par suite de cette augmentation des éléments centraux, le processus de différenciation atteint les cellules nerveuses elles-mêmes, qui acquièrent une fonction différente, selon les unions, qu'elles présentent entre elles et avec les organes périphériques. Les cellules, plus rapprochées des organes terminaux, sont employées à exercer des fonctions psychiques auxiliaires, qui s'opèrent sans la participation de la conscience, en d'autres termes, d'une façon purement mécanique. D'autres sont en rapport intime avec les fonctions nutritives : elles entretiennent et règlent les phénomènes physiologiques des sécrétions et du mouvement sanguin ; par conséquent, ne faisant plus absolument partie de la connexion, que présentent les bases corporelles de la vie de l'âme, elles exercent encore, mais seulement d'une manière indirecte et grâce aux corrélations multiples, existant entre les fonctions nutritive et psychique, une certaine influence sur les fonctions psychiques. Cette différenciation progressive des fonctions et de leurs substratum s'exprime par un accroissement de volume relatif et un développement, plus riche, des organes nerveux centraux. Déjà, chez de nombreux invertébrés, les mollusques supérieurs, les arthropodes et surtout, dans la classe des vertébrés, le rôle dominateur du système nerveux central apparaît, dès le premier temps du développement. Aussitôt, que les masses de développement se sont séparées, pour constituer les deux couches de l'ébauche germinale, il se forme, au milieu de l'ectoderme, une fente ouverte en haut ; et, au fond de cette fente, on voit une strie obscure, la *strie primitive*, qui marque l'axe corporel du futur organisme (Fig. 7 et Fig. 11). Cette fente, se fermant plus tard, constitue la *moëlle épinière*; et son segment le plus anté-

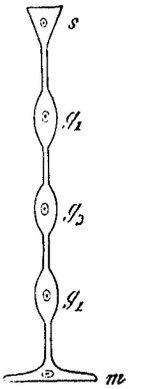


Fig. 10. Schéma d'un système nerveux complexe. *s* et *m*, comme dans la fig. 9. g_1, g_2 Cellules nerveuses de premier et de second ordre.

rieur, qui croît bientôt plus rapidement, est l'ébauche, qui donne naissance au *cerveau*. C'est ainsi, que commencent ces différenciations des fonctions et de leurs substratum, que nous examinerons spécialement dans les chapitres suivants. A ce sujet, notre point de départ sera une étude générale des *éléments* de ces substratum. Nous y joindrons une description sommaire du *développement des formes des centres nerveux*, évolution qui est l'expression intime de la différenciation de leurs fonctions. Nous posséderons par ce moyen les notions, qui nous sont indispensables, pour découvrir les combinaisons complexes des parties élémentaires ou le *trajet suivi par les voies nerveuses conductrices*, à l'intérieur des organes centraux. L'examen de ces unions, que les grands systèmes de cellules nerveuses effectuent entre elles et avec les appareils terminaux périphériques, nous aidera à comprendre la *fonction physiologique des parties centrales*. Après avoir ainsi discuté les bases fondamentales corporelles de la vie de l'âme, qui nous sont données dans la structure et la fonction du système nerveux, nous soulèverons finalement la question de la nature générale et des conditions des forces, qui déploient leur activité dans le système nerveux ; c'est la *physiologie mécanique de la substance nerveuse* qui essaie de résoudre ce dernier problème.

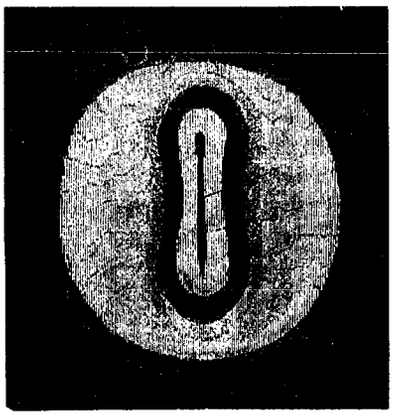


FIG. 11. Aire embryonnaire du lapin avec l'ébauche de l'embryon. *a* Fente primitive avec la strie primitive dans la profondeur. *b* Ebauche embryonnaire. *c*. Partie interne, lyriforme de l'aire embryonnaire ; *d* sa partie externe orbiculaire.

CHAPITRE II

STRUCTURE DU SYSTÈME NERVEUX

1. — Formes des éléments du tissu nerveux.

Trois sortes d'éléments de forme différente composent le système nerveux. Ce sont 1° des cellules de configuration et de structure particulière : *cellules nerveuses* ou *cellules ganglionnaires* ; 2° des formations fibreuses ou tubulaires, qui sont les prolongements de ces cellules : *filets nerveux* ou *tubes nerveux* ; et 3° une *substance intermédiaire*, tantôt amorphe, tantôt fibreuse, qui, d'après l'opinion générale, est une espèce de tissu conjonctif. Les cellules nerveuses sont un élément constituant et essentiel de toutes les parties centrales. Elles sont limitées, dans les centres nerveux supérieurs, à des régions particulières, qui offrent une coloration plus sombre, par suite de leur grande richesse en capillaires sanguins ou des granulations pigmentaires, accumulées dans le protoplasma des cellules et la substance intercellulaire environnante. La ligne de démarcation, qui sépare cette *substance grise* de la *substance blanche* ou *médullaire*, permet donc à l'œil nu de reconnaître facilement les parties des organes centraux, qui contiennent des cellules. Les éléments fibreux s'étendent, comme prolongements des nerfs périphériques, jusqu'aux organes centraux ; ou bien, à l'intérieur de ces derniers, ils anastomosent divers groupes de cellules nerveuses. La substance grise est spécialement traversée par ces filets de communication. Le filet nerveux est ainsi répandu dans tout le système nerveux, tandis que la cellule nerveuse n'occupe, que certaines régions. Partout, ces deux sortes d'éléments sont couchés dans une substance cimentaire. Cette substance, sorte de masse molle, le plus souvent amorphe, constitue le support des cellules et des filets centraux : c'est alors la *névroglie* ou ciment nerveux ; tissu plus compacte, semblable aux fibres tendineuses, elle traverse et enveloppe les nerfs périphériques, et s'appelle le *névrilème* ; membrane hyaline, transparente, très élastique, offrant en certains points des noyaux

cellulaires, elle revêt enfin tous les tubes nerveux périphériques et une partie des tubes nerveux centraux, et porte le nom de *gaine primitive de Schwann*. Ces substances cimentaires fournissent une charpente protectrice aux éléments nerveux ; elles servent aussi de support aux vaisseaux sanguins; et le névrilème donne aux nerfs périphériques, que n'abritent point des conduits osseux, la force nécessaire, pour résister aux influences mécaniques.

Les *cellules nerveuses* sont privées, probablement partout, de l'enveloppe cellulaire proprement dite. Ce sont des amas protoplasmatiques, arrondis ou polyangulaires (Fig. 12), qui présentent des différences de volume extraordinaires; les uns se distinguent difficilement des petits corpuscules du tissu conjonctif, les autres sont visibles à l'œil nu et appartiennent par conséquent aux formes élémentaires, les plus considérables, du corps de l'animal. Ces cellules sont remarquables par leur richesse en granulations pigmentaires, qui se répartissent, d'une manière assez uniforme, dans le protoplasma ou se réunissent de préférence en *un certain* point ; d'après les plus forts grossissements, le contenu de la cellule semble traversé par des filets très-délicats. Le noyau clair, nettement vésiculeux et muni d'un nucléole, contraste avec le protoplasma, qui est granuleux et trouble. De nombreuses cellules, surtout celles du sympathique, ont plusieurs noyaux. Les cellules des organes centraux sont simplement couchées dans la molle substance connective ; celles des ganglions sont très souvent entourées d'une gaîne conjonctive et élastique, qui, parfois se prolonge directement dans la gaîne de Schwann d'un filet nerveux efférent (Fig. 12 *c*). On ne peut pas constater dans tous les cas, si les filets nerveux empruntent leur

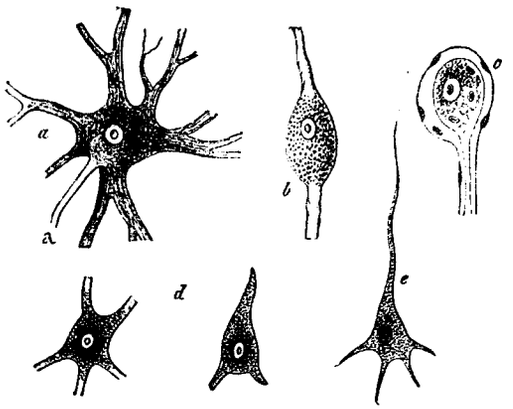


Fig. 12. Cellules nerveuses de forme différente. *a* Cellule polyrayonnée de la corne antérieure de la moëlle épinière, avec un prolongement de l'axe (a) et de nombreux prolongements protoplasmatiques. *b* Cellule ganglionnaire bipolaire du ganglion spinal d'un poisson. *c* Cellule d'un ganglion du sympathique. *d* Cellules du noyau denté du cervelet. *e* Cellule pyramidale de l'écorce du cerveau.

origine aux cellules ; il est cependant probable, qu'en général plusieurs filets nerveux naissent d'une cellule nerveuse. Plusieurs de ces prolongements sont si ténus, si délicats, qu'après les avoir facilement arrachés, ils ne laissent pas la moindre trace au lieu de leur implantation.

Les *filets nerveux* ne varient pas moins, dans la composition de leur forme, que les cellules nerveuses (Fig. 13). La plus grande partie des

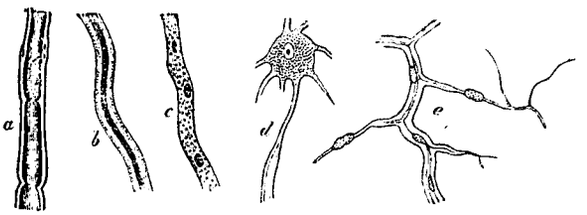


Fig. 13. Filets nerveux. *a* Filet nerveux cérébro-spinal avec gaines primitive, médullaire et un cylindre-axe large. *b* Filet analogue, dont le fil de l'axe a été coagulé par le collodion. *c* Filet nerveux du sympathique, sans gaine médullaire, délicatement strié à l'intérieur et ayant une gaine primitive, garnie de noyaux. *d* Origine centrale d'un filet nerveux ; *e* sa terminaison périphérique (ramifications d'un filet nerveux cutané).

filets nerveux cérébro-spinaux des vertébrés présente trois éléments principaux : 1° un fil cylindrique placé à leur centre : le *cylindre-axe ;* 2° une substance, qui enveloppe celui-ci et se sépare après la mort, en masses bosselées, par suite d'un processus de décomposition : *la gaîne médullaire ;* et enfin 3° *la gaîne primitive de Schwann.* De ces trois éléments constituants, le cylindre-axe est seul essentiel. Plusieurs filets nerveux, peut-être le plus grand nombre, apparaissent comme des cylindres-axes, sans enveloppe et proviennent des cellules centrales. Ce n'est que plus loin, qu'ils sont entourés par la gaîne médullaire et, généralement dans une partie plus éloignée encore de leur trajet, qu'ils sont revêtus de la gaîne primitive de Schwann. La plupart des filets nerveux centraux possèdent bien une gaîne médullaire, mais point de gaîne de Schwann ; très-souvent, la gaîne médullaire cesse dans la substance grise (Fig. 13 *d*). D'autres fois, surtout dans les terminaisons périphériques et le système du grand sympathique, le cylindre-axe est directement entouré, sans moëlle intermédiaire, par la gaîne primitive, remplie de noyaux (*c*). Les filets nerveux des invertébrés ont ordinairement la même structure. Les organes périphériques des extrémités ne contiennent, le plus souvent, comme rameaux terminaux nerveux, que des filets encore grêles de l'axe, qui se ramifient en bouquets ou en réseau (*e*).

De ces trois éléments principaux du filet nerveux, les deux internes, la gaine médullaire et le cylindre-axe, ont une structure complexe. Si l'on suit un filet nerveux sur une grande étendue de son parcours, la moëlle ne recouvre pas d'une façon continue le fil de l'axe; mais, grâce aux étranglements de la gaine primitive, qui se répètent à des distances assez régulières, la moëlle se divise en segments cylindriques, séparés par des *cloisons transversales*, et comme chacun de ces segments ne renferme dans son enveloppe, qu'*un* noyau cellulaire, ces segments semblent correspondre aux cellules qui, par leur adhérence, ont donné naissance au filet nerveux tout entier (Fig. 14). A l'intérieur d'un segment de filet, ainsi limité par deux anneaux transversaux (*r*), la moëlle n'est pas libre entre la gaine primitive et le cylindre-axe; elle est isolée de ces deux éléments par des enveloppes spéciales, l'une externe, l'autre interne (*h* et *i*), qui, probablement, se mêlent ensemble dans les anneaux transversaux (1). De plus, sur toute la longueur du filet, entre la moëlle, des prolongements unissants vont de l'enveloppe externe à l'enveloppe interne. Tout ce système d'enveloppement, qui a probablement pour fonction d'empêcher la moëlle de se réunir, n'est pas formé par du tissu conjonctif. D'après les réactions microchimiques, il est constitué par une substance analogue au tissu épithélial et s'appelle, par conséquent, la *gaine cornée* de la moëlle (2). Tandis que la gaine médullaire se divise ainsi en parties distinctes, le cylindre-axe chemine, sans interruption, entre le point d'origine et de terminaison du filet. Il est composé de nombreuses *fibrilles primitives*, qui, en beaucoup d'endroits, surtout vers ses points d'origine empruntés aux cellules nerveuses, lui communiquent un aspect finement strié (3). Dans les divisions du cylindre-axe, mentionnées précédemment et qui ont lieu à l'expansion périphérique des nerfs, les fibrilles primitives, qui le composent, se séparent donc en divers faisceaux.



FIG. 14. Schéma représentant la structure d'un filet nerveux à myéline. *a* Cylindre-axe. *s* Gaine primitive de Schwann ; *rr* ses étranglements. *h* Gaine cornée externe; *i* interne.

1. Ranvier, *Leçons sur l'histologie du système nerveux*, t. I, p. 93. Paris 1878.
2. Ewald et Kühne, *Verhandl. des naturhist.—med. Vereins zu Heidelberg*, n. s. I, p. 5. — Th. Rumpf, *Untersuchungen aus dem physiol. Institut der Universität Heidelberg*, II, p. 132 et suiv. Heidelberg 1878.
3. Max Schultze, *Stricker's Gewebelehre*, p. 108. Leipzig. 1871.

Les filets nerveux, à leur origine des cellules nerveuses, ont une conduite variable. Par chacun de ses prolongements, la cellule nerveuse reçoit un fil de l'axe non divisé ou un faisceau de fibrilles primitives. Quel est l'entrelacement de ces fibrilles dans la cellule ? S'y terminent-elles entièrement ou partiellement; ou bien, les filets, qui sont pénétrés par un prolongement, continuent-ils leur trajet, sans interruption, dans les filets d'un autre prolongement ? Autant de questions, actuellement non résolues. Le fait suivant est *seul* positif : les cellules ganglionnaires ne représentent pas de simples points nodaux, dans lesquels les filets nerveux changent la direction de leur parcours; mais, dans les ganglions, le nombre des filets est très-souvent augmenté ou diminué, puisqu'il apparait plus de filets dans une direction, que dans une autre. La manière, dont divers systèmes de filets s'unissent ensemble dans la cellule ganglionnaire, influe évidemment sur les modifications les plus essentielles, que présentent leurs formes. Souvent, un fort cylindre-axe, resté indivis, contraste nettement avec un grand nombre de prolongements à division fibrillaire, que Deiters (1), le révélateur de ce schéma de structure, a nommés prolongements protoplasmatiques (Fig. 12 *a*). Ordinairement, du centre de la cellule provient le cylindre-axe; et, de sa périphérie naissent les prolongements protoplasmatiques. Ces cellules représenteraient la forme la plus fréquente, mais non la seule, que revêtent les éléments centraux de l'organe cérébro-spinal : le prolongement de l'axe appartient généralement à un filet nerveux venant de la périphérie ; les prolongements protoplasmatiques semblent constamment se diviser en nombreuses fibrilles, qui finalement se résolvent en un réseau de filets extrêmement délicats. Couché dans la névroglie, ce réseau sert, peut-être, à unir diverses cellules, ou bien donne naissance à des filets nerveux, puisque des rameaux, encore plus volumineux, émanent de ses mailles. Un peu différente, quoique analogue dans l'ensemble, parait être l'origine des filets nerveux dans plusieurs cellules ganglionnaires du système sympathique. Ici, un fil plus fort de l'axe, qui naîtrait, d'après divers anatomistes, du noyau ou du nucléole, abandonne la cellule ; et, d'autre part, un réseau de fibrilles très-délicates provient du protoplasma et passe dans un filet, tourné en spirale, qui enveloppe le premier fil de l'axe.

Il semble par conséquent, qu'en beaucoup d'endroits les cellules

1. Deiters, *Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark und der Säugethiere*, Brunswick. 1865. p. 53 et suiv.

ganglionnaires et les filets nerveux s'unissent de *deux* manières. Par l'un de ses côtés, la cellule abandonne un filet indivis, sous forme de prolongement de l'axe ; par l'autre côté, elle donne naissance à des prolongements, ordinairement très-délicats. Ceux-ci se divisent encore et se transforment en un fin réseau de fibrilles, qui est probablement l'origine d'une deuxième espèce de filets nerveux. Ces deux modes de connexion ont été principalement constatés, dans les cellules des cornes antérieures de la moëlle épinière et dans les grandes cellules nerveuses de l'écorce du cerveau et du cervelet. Mais nous ignorons encore, si d'autres parties, par exemple les cornes postérieures de la moëlle épinière, les nombreux noyaux gris du cerveau ou les cellules plus petites de l'écorce, nous offrent le même type de structure élémentaire. Les cellules ganglionnaires d'espèce plus petite sont, particulièrement, celles qui ne permettent jamais de reconnaître, avec certitude, un prolongement de l'axe ; peut-être, ne sont-elles unies entre elles et avec les filets nerveux, que par ce réseau de filets qui parcourt la névroglie. Souvent, les grandes cellules ganglionnaires, les cellules de l'écorce du cerveau et du cervelet, et, principalement chez les vertébrés inférieurs, les cellules ganglionnaires des cornes antérieures de la moëlle épinière présentent la particularité suivante : leurs prolongements possèdent une *direction à peu près constante*. On est alors enclin à supposer, que les voies conductrices, qui prédominent dans le domaine central, dont il s'agit, sont caractérisées par la direction régulière, que prennent les prolongements (1). Bien des fois on avait admis, que diverses cellules étaient directement reliées par des prolongements unissants. Mais les observateurs les plus exercés ont rarement ou, même, jamais constaté cette connexion (2) ; ce résultat négatif tient, probablement, à ce que les cellules ganglionnaires ne sont ordinairement unies ensemble, dans la névroglie, que par le fin réseau des filets.

Le cylindre-axe étant formé de fibrilles primitives, cette composition explique divers faits, qui sont, en partie, connus depuis longtemps. Signalons d'abord la conduite des nerfs, chez les invertébrés et celle de la plupart des nerfs sympathiques, chez les vertébrés. Toutes deux concordent essentiellement : chaque filet nerveux présente, à l'intérieur d'une gaîne primitive, pourvue de noyaux, un contenu fibrillaire, qui, très-souvent, est aussi finement nucléé (fig. 13 *c*). Il est donc très-vraisemblable, que chaque filet nerveux de

1. Meynert, *Vierteljahrsschrift f. Psychiatrie*, 1re année 1867, p. 198.
2. Deiters, *Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark*, p. 67.

ce genre consiste en un faisceau de fibrilles, enveloppé d'une gaîne (1). Par conséquent, le diamètre des filets de l'axe est ordinairement plus considérable dans les classes inférieures des vertébrés, que dans les classes supérieures (2) ; on peut donc supposer que, chez les animaux à sang froid, il y a habituellement un plus grand nombre de fibrilles primitives, réunies dans un filet nerveux. On observe enfin, qu'*en moyenne* le diamètre des filets des racines antérieures (motrices) de la moëlle épinière est supérieur à celui des filets des racines postérieures (sensibles) (3). Les faits physiologiques permettent de croire, qu'il n'y a pas une différence essentielle, quant aux propriétés internes, entre les filets nerveux sensibles et les filets moteurs. Si cette différence existait et était exprimée par ces variations, que présentent les divers diamètres, il faudrait s'attendre, évidemment, à leur trouver une plus grande constance, tandis que, parfois, les filets des racines antérieures contiennent des fibres plus grêles, et ceux des racines postérieures, des fibres plus larges. Au contraire, il est aisé d'imaginer, que les fibrilles primitives sont réunies, la plupart du temps, dans les filets des racines motrices et y forment des faisceaux plus considérables, que dans les filets des racines sensibles. Le véritable motif de cette disposition est, qu'un plus grand nombre d'éléments de conduction fonctionne aisément, en commun, pour l'innervation des muscles, comme nous l'apprend le phénomène du mouvement associé involontaire ; tandis que la structure et la fonction des organes sensoriels exigent une séparation plus précise des excitations.

La composition du cylindre-axe a conduit M. Schultze à formuler l'hypothèse suivante : les fibrilles primitives ne se termineraient jamais à l'intérieur des cellules centrales, mais changeraient seulement la direction de leurs parcours : de sorte que leur commencement et leur extrémité seraient situés dans les organes périphériques, d'une part dans les muscles, d'autre part dans les appareils sensoriels (4). Or, d'après les rapports physiologiques, qui lui servent d'appui, cette hypothèse est dénuée de fondement. Principalement, les phénomènes de la fonction vicariante, de la pluralité des voies conductrices pour un même département périphérique, de l'union fonctionnelle des deux moitiés de l'organe central (5) ne rentreraient, que difficilement, dans le cadre de cette supposition. Ajoutons enfin, que les faits anatomiques, particulièrement cette constatation, que de nombreux filets centraux doivent leur origine à un réseau terminal, et que les cellules ganglionnaires sont unies entre elles, par ce même réseau, semblent contredire l'hypothèse de Schultze.

1. Leydig. *Histologie des Menschen und der Thiere.* Francf. 1856, p. 59. — Waldeyer, *Zeitschr. f. ration. Med.* 3e série, vol. 20, p. 24. — Solbrig. *Die feinere Structur der Nervenelemente bei den Gasteropoden*, p. 43. Leipzig 1872. — H. v. Ihering, *Vergl. Anatomie des Nervensystems und Phylogenie der Mollusken*, p. 28. Leipzig. 1877.
2. Todd, art. *Nervous system*, in *Cyclopæd. of anatom.* vol. III, p. 593.
3. Henle, *Allgem. Anatomie.* Leipzig 1841, p. 669.
4. M. Schultze, *Stricker's, Gewebelehre*, p. 134.
5. Compar. chap. IV et V.

2. — Éléments chimiques du tissu nerveux.

Les *matériaux chimiques*, qui composent les éléments du système nerveux, sont encore imparfaitement connus. La plus grande partie des tissus d'enveloppement et de protection, à savoir le névrilème, la gaîne primitive et, partiellement, la névroglie des centres nerveux, appartiennent à la classe des principes gélatineux et élastiques. Seulement, la gaine cornée, qui entoure la moëlle, la *neurokératine* (1), est une substance analogue à la matière cornée des tissus épithéliaux. La masse nerveuse, proprement dite, est un mélange de divers corps, dont plusieurs ressemblent aux graisses par leur solubilité, bien que leur constitution chimique en diffère notablement. En dehors de la substance nerveuse, ces corps ont été trouvés dans les globules sanguins et lymphatiques, le jaune d'œuf, le sperme et, en petites quantités, dans bien d'autres liquides. La plus importante de ces matières est la *lécithine*, corps très-complexe, dans lequel les radicaux des acides gras, de l'acide phosphorique et de la glycérine, qui est mélangée à la plupart des graisses animales, sont associés ensemble et unis à une forte base d'amine, à la névrine (2). Grâce aux quantités élevées de carbone et d'hydrogène, qu'elle contient, la lécithine est un corps éminemment comburant, et, d'autre part, sa composition complexe permet d'en opérer facilement la dissociation. La substance nerveuse recèle aussi la *cérébrine*, corps encore inexploré dans sa constitution. Comme, après avoir été soumise à l'ébullition avec des acides, elle donne lieu à une espèce de sucre et à d'autres produits de décomposition, mal définis, la cérébrine est classée dans les glycosides azotées(3). Enfin, la *cholestérine* (4), alcool fixe, richement carboné, existant dans presque tous les tissus et liquides, forme, dans des proportions considérables, la composition de la substance nerveuse. La cérébrine et la cholestérine, qui sont éminemment comburantes, sont cependant moins faciles à décomposer, que la lécithine. A part ces subtances, le

1. Ewald et Kühne, *Verhandl. des naturhist. — med. Ver. zu Heidelberg*, nouv. série I, p. 5.

2. La constitution de la lécithine ordinaire est, d'après Diakonow, $C_{44}H_{90}NPO_9$ = distéarine phosphoglycérique + hydrate de triméthylhydroxéthylène-ammonium (névrine). Selon Strecker, d'autres lécithines peuvent encore se produire, puisque d'autres radicaux des acides gras se substituent au radical de l'acide stéarique.

3. D'après W. Müller, la composition (empirique) de la cérébrine est $C_{37}H_{33}NO_3$.

4. $C_{26}H_{44}O$.

tissu nerveux renferme des quantités considérables de matières, qui appartiennent à la classe des *albuminoïdes*, et dont les constitutions et les réactions chimiques ont été à peine étudiées. Nous savons seulement, que la masse principale des matières à réaction albumineuse a, dans le cerveau et les nerfs, une forme solide, renflée, et que, par leur solubilité dans les alcalis et acides dilués, elles ressemblent beaucoup à l'élément le plus important du principe albuminoïde du lait, à la caséine.

Nous ne possédons aucun renseignement, sur la connexion physiologique de tous ces principes constituants. Leur répartition, dans les diverses parties élémentaires du tissu nerveux, est également peu connue. Mais, il est certain que, dans les filets nerveux périphériques, le fil de l'axe présente les caractères généraux des albuminoïdes; tandis que la gaine médullaire ressemble absolument, sous le rapport physique, à un mélange de lécithine et de cérébrine, gonflé par l'eau. Examiné au point de vue microchimique, le noyau des cellules ganglionnaires n'est, probablement, qu'une substance complexe, analogue à l'albumine; mais, dans le protoplasma, les matières, semblables à l'albumine, sont mélangées à la lécithine et aux éléments, qui l'accompagnent. Ces mêmes principes pénètreraient, en partie, dans la substance intercellulaire.

D'après l'étude de ces faits, la substance nerveuse serait le siège d'une synthèse chimique. Cette synthèse a pour résultat final de créer avec les matériaux nutritifs complexes, apportés par le sang, des corps encore plus complexes, qui, grâce à leur valeur comburante élevée, représentent en même temps une somme considérable de travail disponible. D'abord, ce qui témoigne en faveur de cette direction, imprimée à l'action chimique du tissu nerveux, c'est la présence de la lécithine en quantités si importantes, que très-probablement, au lieu d'être déposée par le sang, elle naît sur les lieux et places, où on la rencontre. Dans ce cas, les principes albuminoïdes de la cellule ganglionnaire et du cylindre-axe seraient les substances mères de la lécithine, des corps qui l'accompagnent et en dérivent, peut être comme produits accessoires. Il est moins certain que, dans les parties élémentaires animales, des principes albuminoïdes plus simples puissent se convertir en principes plus complexes. Abstraction faite des synthèses opérées dans le corps de l'animal (1) et déjà nettement observées, ce

1. E. Baumann, *Die synthetischen Processe im Thierkörper*. (Discours inaugural) Berlin 1878.

qui milite en faveur de cette assertion c'est le fait suivant : les substances *phosphorées*, semblables d'ailleurs aux albuminates par leur composition et leurs propriétés chimiques, se présentent dans des circonstances, qui permettent de croire, qu'elles se forment à l'intérieur de la cellule animale. C'est surtout l'élément principal des noyaux cellulaires, la *nucléine* (1), qui paraît être un corps phosphoré de ce genre. D'après l'opinion de Hoppe-Seyler, ces substances phosphorées, analogues aux albuminoïdes, sont les degrés intermédiaires entre l'albumine, proprement dite, et les corps de la lécithine. Elles semblent accompagner très-souvent les albuminoïdes, et principalement la caséïne (2). Donc, on est provisoirement autorisé à présumer, que des corps complexes, analogues aux albuminoïdes se forment dans la cellule ganglionnaire et que, peut-être même, ils composent le cylindre-axe. La formation de la lécithine et des autres matières nerveuses, facilement combustibles, devrait alors être considérée, comme un second phénomène, qui repose déjà sur une division de ces parties. Par conséquent, tous les actes chimiques de la substance nerveuse ont évidemment pour but de produire des combinaisons, où s'accumulent des quantités considérables de chaleur et de travail. Sous ce rapport, nos données sur les éléments chimiques du système nerveux concordent pleinement avec les notions, qui résultent de l'étude de la mécanique physiologique de ce même système (3).

1. Miescher, in *Hoppe-Seyler's physiologisch-chemischen Untersuchungen*, 4. p. 452.
2. Lubavin, *ibidem*, p. 463.
3. Comparer chap. VI.

CHAPITRE III

DÉVELOPPEMENT DE FORME DES CENTRES NERVEUX.

1. — Revue générale.

Cette première séparation du germe, qui, sous l'aspect d'une strie sombre, marque la place de la moëlle épinière et, en même temps, l'axe corporel du futur organisme, nous a déjà fait connaître le degré de développement le plus primitif, effectué par le système nerveux central des vertébrés (fig. 11, p. 32). Or, il y a deux manières d'observer les degrés successifs des états de développement : on étudie directement la genèse d'un vertébré supérieur, depuis sa première ébauche jusqu'à son complet perfectionnement ; ou bien, l'on dispose ensemble, pour les comparer, les classes et les ordres des vertébrés, depuis les derniers degrés, révélés par l'évolution des formes, jusqu'aux plus élevés. Ces deux méthodes, l'histoire de l'évolution et l'anatomie comparée, ne coïncident point d'une façon absolue, car la série des organismes offre une plus grande diversité de formes, que le développement d'un seul individu. Néanmoins, dans les deux cas, on arrive généralement à la même loi de développement, puisque les états primitifs des vertébrés supérieurs sont analogues aux types permanents d'organisation des vertébrés inférieurs. Nous utiliserons simultanément ces deux procédés d'étude génétique. Seule, l'histoire de l'évolution peut nous apprendre, comment un état de développement a donné naissance à un autre état de ce genre ; mais l'anatomie comparée a, seule, le pouvoir d'expliquer la fonction physiologique des parties, car les degrés d'organisation doivent être fixés et durables, pour que la constitution physiologique des êtres soit accessible à notre observation.

L'ébauche primitive du système nerveux central se développe, dès que l'aire embryonnaire, croissant plus rapidement dans le sens longi-

tudinal, a pris une configuration ovale. Alors, le feuillet le plus extérieur du disque germinal se divise des deux côtés de la strie primitive, et forme deux élévations, pareilles à des bordures séparées par une gouttière. Cette gouttière, ou *fente primitive*, est l'ébauche de la future moëlle épinière (*p*, fig. 7, p. 29). Par suite de son rapide accroissement, ses parties latérales se soulèvent, se rapprochent ensuite ; la gouttière se ferme et constitue un tube, qui est le *tube médullaire* : et, dans la cavité de celui-ci, le développement de la *moëlle épinière* s'opère à l'aide des cellules appartenant à la formation primitive. Chez tous les vertébrés, la moëlle épinière contient un reste de la cavité primitive, qui occupe son axe longitudinal. Ce reste est le *canal central*, d'abord entouré de substance grise ; et celle-ci est de nouveau recouverte d'une enveloppe blanche médullaire, d'où sortent, rangées en éventail, les racines des nerfs de la moëlle épinière.

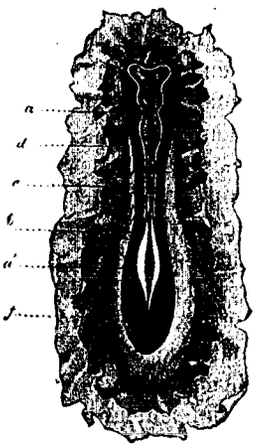


Fig. 15. Ébauche embryonnaire de l'œuf du chien, d'après Bischoff. *a* Tube médullaire avec les trois vésicules cérébrales à son extrémité antérieure. *a'* Dilatation du tube médullaire dans la région lombaire (sinus rhomboïdalis). *b* Ébauche de la colonne vertébrale. *c* Ébauche de la paroi du corps. *d* Point de séparation des feuillets supérieur et moyen de la vésicule germinale ; *f* son feuillet inférieur.

La première ébauche du *cerveau* apparaît, quand l'extrémité antérieure du tube médullaire, croissant plus rapidement, produit une tuméfaction utriculaire ou la *vésicule cérébrale primitive*, qui forme bientôt trois divisions : les *vésicules cérébrales antérieure, moyenne et postérieure* (fig. 15). Les rapports génétiques, et, plus tard, fonctionnels de ces parties cérébrales primitives nous donnent lieu de croire, qu'à l'instar du développement du cerveau en général, de même cette triple division, qui est commune à tous les vertébrés, à l'exception de l'amphioxus, concorde parfaitement avec l'évolution des trois organes sensoriels antérieurs : l'ébauche nerveuse des organes olfactifs provient directement de l'extrémité antérieure de la première vésicule cérébrale ; celle des organes auditifs a pour origine les parties latérales de la troisième vésicule cérébrale ; et les yeux apparaissent d'abord, comme étant les produits d'accroissement du cerveau antérieur. Cependant, les faits physiologiques ne permettent pas de douter, que le cerveau moyen renferme les cellules originelles, les plus directes, des nerfs optiques.

Le cerveau antérieur et le cerveau postérieur, ou la première et la troisième de ces trois divisions cérébrales primitives, subissent les modifications les plus importantes. Tous deux accusent bientôt, à leur extrémité antérieure, une augmentation de croissance; ils s'organisent, chacun, en une vésicule principale et une vésicule secondaire. Le cerveau antérieur primitif se compose alors d'un cerveau antérieur et d'un cerveau intermédiaire; le cerveau postérieur primitif, d'un cerveau postérieur et d'un arrière-cerveau (fig. 16). De ces cinq divisions cérébrales, le cerveau antérieur (*a*) correspond aux futurs hémisphères du cerveau; le cerveau intermédiaire (*b*) se convertit en couches optiques (*thalami optici*); le cerveau moyen (*c*), qui est resté simple dans son développement, devient les tubercules quadrijumeaux de l'homme et des mammifères, ou les tubercules bijumeaux (*lobi optici*) des vertébrés inférieurs; le cerveau postérieur (*d*) sera le cervelet; et l'arrière-cerveau (*e*), la moëlle allongée. En avant, le cerveau intermédiaire, en arrière, l'arrière-cerveau doivent être considérés, comme des vésicules-mère, d'où proviennent, en qualité de vésicules secondaires, dans le premier cas, le cerveau antérieur et, dans le second, le cerveau postérieur. Les formations engendrées par les trois vésicules-mère, par l'arrière-cerveau, le cerveau moyen et le cerveau intermédiaire, c'est-à-dire la moëlle allongée, les tubercules quadrijumeaux et les couches optiques avec les faisceaux de filets ascendants, venus de la moëlle et placés au-dessous d'elles, s'appellent, dans le cerveau complet, le *tronc cérébral;* au contraire, les formations de la première et de la quatrième vésicules cérébrales, les hémisphères cérébraux et le cervelet, sont le *manteau cérébral*, parce que, dans le cerveau des animaux supérieurs, ces parties recouvrent le tronc cérébral, comme d'un manteau (1).

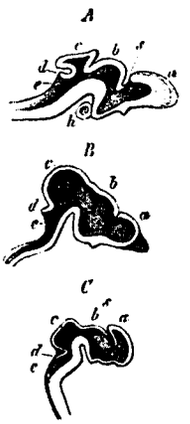


Fig. 16. Coupes médianes et perpendiculaires des cerveaux de vertébrés, d'après Gegenbaur. *A* Coupe du cerveau d'un jeune sélacien (heptanchus); *B* d'un embryon de vipère; *C* de chèvre. *a* Cerveau antérieur (vésicule des hémisphères). *s* Fente antérieure du toit. *b* Cerveau intermédiaire (thalami optici). *c* Cerveau moyen (lobes optiques, tubercules quadrijumeaux). *d* Cerveau postérieur (cervelet). *e* Arrière-cerveau (moëlle allongée) avec la fente postérieure du toit. *h* Hypophyse ou corps pituitaire.

1. Voir Mihalkovics, *Entwicklungsgeschichte des Gehirns*. Leipzig 1878, p. 25 et suiv.

Semblables au tube médullaire, dont elles reproduisent les dilatations, toutes les vésicules cérébrales sont, dès le commencement, des formations creuses ; et quoique fermées au dehors, elles communiquent entre elles, et, en arrière, avec la cavité du tube médullaire. Le développement des deux vésicules accessoires, qui proviennent des vésicules-mère antérieure et postérieure, change ces conditions. Ainsi, le toit de ces dernières vésicules se déchire en deux, dans le sens de la lon-

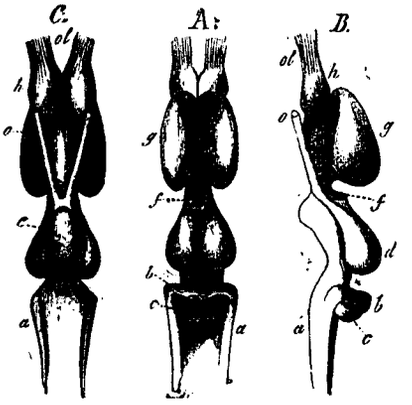


Fig. 17. Cerveau du polypterus bichir, d'après J. Müller. *A* Cerveau vu de haut ; *B* de côté ; *C* d'en bas. *h* Lobes olfactifs. *g* Cerveau. *f* Cerveau intermédiaire (thalami). *d* Tubercules bijumeaux (lobi optici). *bc* Cervelet. *a* Moëlle allongée. *e* Hypophyse avec les lobi inferiores. *ol* Nerf olfactif. *o* Nerf optique.

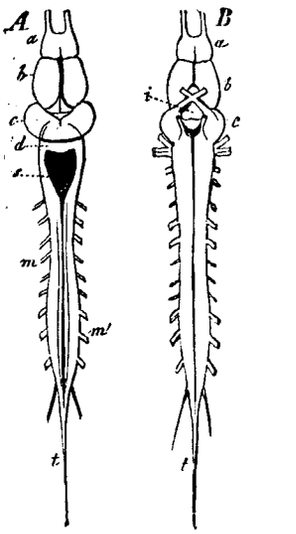


Fig. 18. Cerveau et moëlle épinière de la grenouille, d'après Gegenbaur. *A* Cerveau et moëlle, vus d'en haut ; *B* d'en bas. *a* Lobes olfactifs. *b* Cerveau. *c* Tubercules bijumeaux. (Entre *b* et *c*, on voit, en *A*, une partie du cerveau intermédiaire ou thalamus.) *i* Infundibulum ; au devant de lui, le croisement des nerfs optiques. *m* Moëlle épinière ; *m'* son renflement lombaire. *t* Filet terminal de la moëlle épinière. *s* Fosse rhomboïdale (moëlle allongée.)

gueur. Il en résulte deux ouvertures fissurées, placées justement sur la ligne médiane : l'une antérieure, l'autre postérieure, qui font communiquer librement les cavités des vésicules-mère antérieure et postérieure. La fente antérieure du toit divise le cerveau antérieur en ses deux hémisphères et ouvre en haut le cerveau intermédiaire (*s* fig. 16); tandis que le cerveau moyen, arrêté dans son accroissement, est séparé

en deux moitiés par un sillon longitudinal. La fente postérieure du toit apparait à l'endroit, où le tube médullaire passe dans le cerveau (*e*). Le cerveau postérieur ou le cervelet, qui grandit directement avant cet endroit, est, au début, complètement séparé en deux moitiés ; mais, plus tard, sa ligne médiane se soude. Par ces deux fentes, des vaisseaux sanguins pénètrent dans les cavités cérébrales ; en apportant les matériaux nécessaires, ils permettent à l'accroissement de se continuer et également aux parois cérébrales de s'épaissir, grâce à la substance nerveuse déposée à l'intérieur.

Le développement, que nous venons d'étudier, correspond essentiellement à l'organisation permanente du cerveau des vertébrés les plus inférieurs, des poissons et des amphibies à peau nue (fig. 17 et 18). La vésicule primitive du cerveau antérieur y est souvent divisée en deux moitiés, à peu près entièrement distinctes, qui sont les deux grands hémisphères ; et ceux-ci ne sont adhérents, que par une petite portion de leur base. La vésicule-mère antérieure ou le cerveau intermédiaire est fendue en deux moitiés symétriques ; celles-ci sont les couches optiques, qui restent soudées par leur base. Le cerveau postérieur ou le cervelet est, la plupart du temps, une lisière étroite, impaire, où toute trace de séparation a disparu. Dans l'arrière-cerveau ou moëlle allongée, la déchirure postérieure du toit a produit une dépression rhomboïdale, au-dessous de laquelle, la masse principale de l'organe est restée intacte.

L'organisation du cerveau en ses cinq divisions entraîne simultanément des modifications, dans la forme de la cavité cérébrale, qui représente primitivement une simple dilatation du canal central médullaire. Conformément à l'organisation de la vésicule cérébrale, cette cavité constitue d'abord trois, puis cinq divisions ; et, par suite de la scissure des hémisphères, sa partie la plus large se partage encore en deux moitiés symétriques, qui sont les deux ventricules latéraux du cerveau. Si nous prenons ces derniers comme point de départ, les diverses divisions de la cavité centrale offrent la connexion suivante (fig. 19). Les ventricules latéraux du cerveau (*h*), qui ordinairement sont complètement distincts l'un de l'autre, débouchent

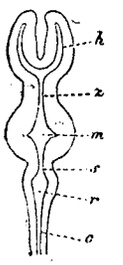


FIG. 19. Coupe mi schématique longitudinale et horizontale du cerveau de la grenouille. *h* Ventricules latéraux du cerveau. *z* Cavité du cerveau intermédiaire (troisième ventricule). *m* Cavité du cerveau moyen. *s* Aqueduc de Sylvius ou canal unissant le 3e et le 4e ventricules. *r* Fosse rhomboïdale ou quatrième ventricule. *c* Canal central de la moëlle épinière.

dans la cavité de leur vésicule-mère, sorte d'espace fissuré (*z*), situé entre les couches optiques et ouvert en haut par la déchirure antérieure du toit. En comptant d'avant en arrière, cet espace, nommé le *troisième ventricule*, conduit dans la cavité du cerveau moyen (*m*). Cette cavité, chez les mammifères, se rapetisse tellement que, sous forme de canal étroit ou *aqueduc de Sylvius*, qui passe sous les tubercules quadrijumeaux, elle unit le troisième ventricule à la cavité de l'arrière-cerveau. Déjà, chez les oiseaux, le canal prend de l'extension, grâce aux prolongements, qu'il envoie dans les tubercules bijumeaux constituant le cerveau moyen ; et, chez les vertébrés inférieurs, cette paire de tubercules présente des espaces creux, assez larges, qui communiquent avec la cavité centrale. Le cerveau postérieur et l'arrière-cerveau, qui résultent de la troisième vésicule cérébrale, ont, primitivement, chacun, leur espace creux particulier. Puisque le cerveau postérieur ou le cervelet repose sur l'arrière-cerveau, à l'endroit, où ce dernier confine au cerveau moyen, comme une vésicule qui se voûte en arrière, le canal de Sylvius, à son extrémité postérieure, se divise donc en deux branches : l'une se dirige en haut et conduit dans la cavité du cervelet, l'autre débouche directement dans la cavité de l'arrière-cerveau ou moëlle allongée (fig. 20). Cette dernière cavité (si on



FIG. 20. Coupe médiane et perpendiculaire du cerveau d'une tortue (*A*) et d'un oiseau (*B*), d'après Bojanus et Stieda. *I* Hémisphère. *ol* Nerf olfactif ; *o* optique. *c* Commissure antérieure. *III* Tubercules bijumeaux ; en *B*, on aperçoit seulement la plaque médullaire, qui réunit les deux tubercules bijumeaux et qui, en *A*, est désignée par la lettre *a*. *h* Hypophyse. *IV* Cervelet. *V* Moëlle allongée. Derrière la commissure antérieure se trouve le 3e ventricule, qui, sous la plaque médullaire des tubercules bijumeaux, passe dans l'aqueduc de Sylvius ; ce dernier, à son extrémité postérieure, gagne en haut la cavité du cervelet, et, en bas, le 4e ventricule.

délaisse l'aqueduc de Sylvius, pour compter d'avant en arrière) est le quatrième espace creux du cerveau, le *quatrième ventricule*, ou bien, à cause de sa configuration spéciale, la *fosse rhomboïdale* (*r* fig. 19). Le quatrième ventricule n'est plus une cavité, mais une fosse, car la déchirure postérieure du toit le met complètement à découvert. Au

point, où cette fosse se termine, à son extrémité postérieure, elle passe directement dans le canal central de la moëlle épinière. Chez les mammifères, la masse de moëlle, qui remplit la vésicule du cerveau postérieur, fait disparaître entièrement la cavité du cervelet. Par conséquent, les ventricules latéraux, le troisième ventricule, l'aqueduc de Sylvius et le quatrième ventricule, constituent ici le système complet des cavités cérébrales. Les vertébrés inférieurs ont encore en partage les cavités des couches optiques, qui sont des dilatations du troisième ventricule, les cavités des tubercules bijumeaux, sorte de prolongement de l'aqueduc de Sylvius, et la cavité du cervelet, cette annexe de la fosse rhomboïdale. Généralement, dans les derniers ordres des vertébrés, les cavités principales et secondaires sont plus spacieuses, relativement à la masse du cerveau, et se rapprochent donc davantage de l'état embryonnaire. Cependant, sous ce rapport, les différentes divisions cérébrales ne se comportent pas également dans les diverses classes d'animaux. Les hémisphères du cerveau et le cervelet des poissons sont remplis de masse nerveuse, et deviennent des formations solides, compactes, qui, par suite de l'arrêt prématuré de leur croissance, atteignent seulement une faible grosseur. Les amphibies ont les deux ventricules latéraux ; mais leur cervelet est, la plupart du temps, compacte. Le cervelet des reptiles et des oiseaux est une vaste cavité, qui disparaît de nouveau chez les mammifères. De même, chez ces derniers animaux, les cavités latérales du cerveau moyen, des tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux sont fermées. Cependant, elles persistent non seulement chez tous les vertébrés inférieurs, depuis les poissons en remontant jusqu'aux oiseaux, mais, même sur leur fond, s'élèvent des éminences grises (fig. 21), analogues de forme à celles du corps strié, qui apparaissent dans les ventricules latéraux du cerveau des oiseaux et des mammifères.

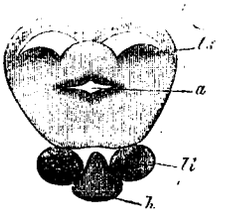


Fig. 21. Coupe transversale du cerveau d'un poisson (gadus lota), dans la région des tubercules bijumeaux. Grossissement d'après Stieda. *d* Toit des tubercules bijumeaux ; *v* leur cavité ; *ts* éminence grise de leur plancher (torus semi-circularis Halleri). *a* Aqueduc de Sylvius. *ti* Lobi inferiores. *h* Hypophyse. Plus en avant, les cavités des tubercules bijumeaux et du canal sylvien (*a*) débouchent ensemble dans le 3e ventricule ; d'autres prolongements de ce ventricule conduisent dans les lobi inferiores.

Dans la moëlle épinière, comme dans le cerveau, le développement de la masse nerveuse cérébrale émane des cellules, qui composent les parois des espaces creux primitifs. Plusieurs de ces cellules conservent le caractère, qui est particulier aux cellules de déve-

loppement du tissu conjonctif et sécrètent, par conséquent, la substance intermédiaire amorphe ou névroglie. D'autres deviennent des cellules ganglionnaires et émettent des prolongements, qui se convertissent en filets nerveux. Dans la moëlle épinière, les filets rayonnent principalement vers la périphérie, de façon que la substance grise est concentrée autour du canal central et revêtue extérieurement par la masse blanche médullaire. Le cerveau ne présente essentiellement cette disposition, que dans les divisions cérébrales, engendrées par les trois vésicules-mère. Quant aux formations résultant des vésicules secondaires, les cellules ganglionnaires restent collées aux parois, et les filets, auxquels elles s'unissent, se dirigent vers l'intérieur des cavités. Seulement, dans le tronc cérébral, par conséquent dans la moëlle allongée, les tubercules quadrijumeaux et les couches optiques, une plaque grise entoure les prolongements du canal central et est environnée de masse blanche médullaire ; mais la moëlle du manteau cérébral est couverte extérieurement d'une enveloppe grise. C'est ainsi, qu'ont pris naissance deux formations de substance grise : l'une, le gris cavitaire (Höhlengrau) appartient à la moëlle épinière et au tronc cérébral ; l'autre, le gris cortical (Rindengrau), au manteau cérébral. La première de ces formations subit encore, dans le cerveau, d'autres modifications. Déjà, à la partie la plus élevée de la moëlle épinière, la substance grise est interrompue par des masses blanches médullaires, puisque divers faisceaux des cordons de la moëlle épinière ne gardent plus régulièrement leur position, à la périphérie de la substance grise. Dans la moëlle allongée, ce fait est très-marqué ; car, il n'y a qu'une portion relativement faible de la masse grise, recouvrant, comme d'une plaque, le plancher de la fosse rhomboïdale, qui conserve la disposition primitive autour du canal central ; la plus grande partie est séparée en divers foyers par des filets blancs médullaires, qui sont intermédiaires. Ces agglomérations de substance grise, qui sont entourées de moëlle, portent ordinairement le nom de *noyaux gris*. Voici quelle est l'origine d'une modification essentielle, qu'éprouve le gris central de la moëlle épinière à son passage dans le cerveau : de ce gris central se sépare, grâce à l'interposition de masses blanches médullaires, une autre formation de substance grise, que nous appellerons *formation nucléaire* ou *gris nucléaire* (gris ganglionnaire). La formation nucléaire est située entre le gris cavitaire et cortical (1).

1. Arnold (*Handbuch der Anatomie* II, p. 641) et Huschke (*Schädel, Hirn und*

Si nous comptons à partir de la cavité centrale, nous rencontrons d'abord le gris cavitaire, la substance blanche médullaire, la formation nucléaire, encore la moëlle et, enfin, le gris cortical.

La cause immédiate de l'apparition des noyaux isolés, formés de substance grise, doit, probablement, être attribuée à la présence des nerfs, qui s'unissent d'une façon multiple entre eux et avec les points d'origine des nerfs, qui émergent plus bas de la moëlle épinière. Nécessairement, les anastomoses de ce genre compliquent davantage le trajet des filets nerveux. Tandis que la substance grise, indispensable à l'établissement de cette union, devient plus considérable, en même temps les faisceaux de filets anastomotiques ne trouvent plus, à sa périphérie, de place suffisante : ainsi, une portion de la masse grise est seulement disposée autour de la cavité centrale; le restant se dissocie et se convertit en formation nucléaire. La masse grise centrale constitue de cette manière divers foyers; et, en même temps, ces parties centrales, qui servent de points directs d'origine aux nerfs, se séparent nettement d'autres parties, destinées exclusivement à anastomoser les filets qui, sortis des points d'origine les plus divers, se dirigent vers le centre. Ces premières agglomérations de substance grise, d'où proviennent directement les filets nerveux périphériques, sont les *noyaux nerveux;* et les secondes, qui doivent unir et rassembler les filets à direction centrale, les *noyaux ganglionnaires*. Le motif de cette dernière désignation, c'est que chez les vertébrés supérieurs, la moëlle s'accumule, autour de quelques uns de ces noyaux, en agglomérations particulières, séparées partiellement du restant de la masse du cerveau. Ces agglomérations, avec les noyaux gris, qu'elles enveloppent, sont les *ganglions cérébraux*. Quelques divisions cérébrales primitives, ainsi qu'une grande partie de leur masse, deviennent des ganglions cérébraux de ce genre; on comprend ordinairement sous ce nom les couches optiques, les tubercules quadrijumeaux ou bijumeaux. D'autres ganglions cérébraux ne correspondent pas aux divisions cérébrales primitives; ils ont, pour origine, la dissémination des noyaux gris dans le plancher médullaire des cavités cérébrales et donnent lieu également à des saillies tubériformes : telles sont les éminences qui, chez la plupart des vertébrés, à l'exception des mam-

Seele, p. 131) distinguent deux formations de substance grise : la *substance nucléaire* et *corticale*. Meynert (*Stricker's Gewebelehre*, p 695) admet quatre formations : les gris cavitaire, ganglionnaire, cortical et cérébelleux. Il serait plus convenable de ranger l'écorce du cervelet dans la formation corticale, et, ses noyaux gris, dans la formation nucléaire.

mifères, se trouvent dans les cavités des tubercules bijumeaux, et les corps striés, qui siègent dans les ventricules latéraux des vertébrés supérieurs. D'ailleurs, la moëlle du cerveau présente des agglomérations grises, qui n'offrent pas à l'œil de saillies extérieures ; cependant, à cause de leur rapport avec les filets médullaires, on doit les ranger dans les noyaux ganglionnaires.

La troisième formation de substance grise, le *gris cortical* ne peut pas avoir pour origine le revêtement primitif du tube médullaire. Car, l'écorce du cerveau antérieur et du cervelet provient des parois des deux vésicules du manteau, qui s'unissent ultérieurement aux filets médullaires de la couronne de Reil. Donc, les cellules, qui composent ces parois, n'envoient pas, ce semble, dès le commencement, des prolongements de filets vers la périphérie, ainsi que le font les cellules des parois du tube médullaire et de ses prolongements dans le tronc cérébral ; mais, elles s'unissent vers le centre aux filets du noyau médullaire, qui rayonnent dans leur intérieur. Peut-être reçoivent-elles ces filets de la même manière, que les cellules se comportent à l'égard de ces derniers, dans les formations terminales périphériques, les organes sensoriels, les muscles et les glandes. Les cellules de l'écorce cérébrale, qui sont, en un certain sens, pour le physiologiste, une image réfléchie de la périphérie du corps, paraissent, même au point de vue génétique, être une surface terminale opposée aux organes périphériques ; et, dans cette surface, les filets, provenant des formations nucléaires grises, s'y rendraient de la même façon, que dans ces organes périphériques. Vers les deux surfaces terminales, périphérique et centrale, les voies conductrices rayonnent dans une direction divergente, à partir du centre proprement dit du système nerveux, des masses grises des formations cavitaire et nucléaire (1).

1. Sur le cerveau antérieur des classes les plus inférieures des vertébrés, des poissons et des amphibies, le revêtement gris cortical présente d'ailleurs une configuration, qui semble établir un passage de la formation nucléaire à la formation corticale ; car, la masse totale des hémisphères est parcourue par la substance grise, qui très-souvent, vers la surface, se condense en couche plus épaisse et parfois est plus clair-semée, attendu que la plupart des cellules nerveuses sont disposées par couches à l'intérieur (Stieda, *Zeitschr. für wissensch. Zoologie*, vol. 18. p. 46, vol. 20, p. 306 et planche XVIII, fig. 24). L'hémisphère compacte ou légèrement creux des amphibies a une structure analogue à celle de ces ganglions, qui font saillie sur le plancher des cavités cérébrales. L'opinion des anciens anatomistes, qui voyaient dans les hémisphères compactes des poissons les analogues des corps striés, trouve une certaine justification dans ces rapports de structure. Au point de vue génétique, ces hémisphères correspondent évidemment aux corps striés et aux hémisphères : leur substance grise centrale devra être assimilée aux

Le développement, que nous avons étudié jusqu'ici, se lie réciproquement et simultanément, chez tous les vertébrés, aux changements de position accomplis par les divisions primitives du cerveau. Ces changements ont pour résultat d'infléchir en avant le cerveau, tout entier et de donner aux divers segments du cerveau-mère une situation mutuellement inclinée. Insignifiante dans les classes les plus inférieures, cette incurvation, dans les ordres supérieurs des mammifères, approche de plus en plus de la flexion rectangulaire (comp. Fig. 16). En outre, la forme du cerveau se modifie, parce que les divers segments de cet organe, surtout le cerveau antérieur et postérieur, masquent les autres par leur accroissement considérable. On distingue *trois incurvations du système nerveux central :* la première correspond au lieu de passage de la moëlle épinière dans le cerveau; la deuxième siège au cerveau postérieur; la troisième, au cerveau moyen (Fig. 22). Le degré de force de ces incurvations est spécialement déterminé par la croissance du cerveau antérieur; donc, la flexion de la tête est presque corrélative à l'évolution de cette partie cérébrale (1). Aux débuts du développement, le cerveau antérieur de tous les vertébrés est situé avant les autres divisions cérébrales, mais ne les recouvre pas. Or, ce segment cérébral arrive à déborder les autres par son accroissement; et, comme son extension en avant rencontre des difficultés, toujours plus considérables, par suite de l'adhérence solide de l'embryon à la vésicule germinative, ce segment doit, en se développant en arrière, recouvrir, sous forme de voûte, d'abord les cerveaux intermédiaire, ensuite moyen et, enfin, le cervelet lui-même. Dans ce cas, le cerveau antérieur suit en même temps la courbure de la tête, puisqu'il s'infléchit avec sa partie la plus reculée, qui couvre les cerveaux moyen et postérieur. La croissance de l'hémisphère est d'autant plus énergique, que la partie infléchie s'étend davantage en arrière, vers le point, où a débuté son accroissement; et plus, l'arc, décrit autour du cerveau intermédiaire, se rapproche par conséquent d'un cercle parfait. C'est

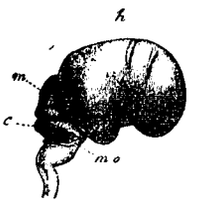


Fig. 22. Vue latérale du cerveau d'un embryon humain de trois mois, d'après Kolliker. *h* Hémisphère. *m* Cerveau moyen (tubercules quadrijumeaux). *c* Cervelet. *mo* Moëlle allongée.

corps striés, et, l'amas gris, plus superficiel, à l'écorce. (Pour l'interprétation des parties du cerveau des poissons, voir Stieda, *ibid.* vol. 18, p. 60.)

2. Compar. Rathke, *Entwicklungsgeschichte der Natter*, p. 34 et suiv. — His, *Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthieres*, p. 129, 133.

ainsi, qu'à l'endroit, où l'hémisphère repose sur le cerveau intermédiaire, comme sur sa partie-mère, apparait une excavation, la *fosse de Sylvius* (Fig. 22). Lorsque l'arc, décrit par l'accroissement, se ferme presque entièrement, par exemple dans les cerveaux complètement développés des mammifères, cette fosse devient une fente étroite et profonde.

Le recouvrement du tronc cérébral par le cerveau antérieur entraine nécessairement une transformation dans les ventricules latéraux. Ces ventricules, qui primitivement correspondaient à la forme de la vésicule des hémisphères, ressemblent à une sphère creuse, se prolongent en arrière, ensuite en bas et en avant, dès que l'arc de la convexité des hémisphères revient de nouveau, vers son point de départ. Alors, la paroi externe du ventricule latéral croit plus rapidement, que sa paroi interne ou médiane, qui entoure le tronc cérébral. Cette paroi médiane offre une fissure, dont la direction est primitivement verticale : la fente de Monro (*a* Fig. 23), qui fait communiquer les ventricules latéraux avec la cavité du cerveau intermédiaire ou troisième ventricule. Au devant de cette fente, les deux vésicules des hémisphères sont soudées par une lamelle médullaire (*bd*). Tandis que le cerveau antérieur recouvre, comme d'une voûte, les autres parties cérébrales, la fente de Monro avec sa lamelle terminale antérieure suit ce mouvement. Dans le cerveau adulte, cette fente ressemble donc à un arc, qui ceindrait le cerveau intermédiaire et répéterait la forme de l'arc des hémisphères. D'ailleurs, elle se ferme bientôt à sa partie postérieure ; la portion la plus antérieure reste seule ouverte et laisse passer les prolongements des vaisseaux, qui vont du troisième ventricule dans les ventricules latéraux. L'extrémité la plus inférieure

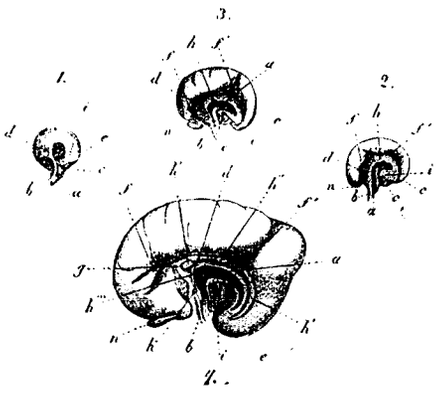


FIG. 23. Accroissement du cerveau antérieur humain, vu par son côté médian. Coupe mi-schématique, d'après Fr. Schmidt. 1 Embryon de 6 semaines ; 2 de 8 semaines ; 3 de 10 sem. ; 4 de 16 sem. *a* Fente de Monro : de *b* à *d* sa lamelle terminale antérieure. *c* Pédoncule cérébral. *e* Lobe inférieur des hémisphères. *i* Limitation postérieure de la fente de Monro. *k* Commissure antérieure. *g* Corps calleux. *h* Arc marginal ; *h'* sa partie antérieure ; *h''* sa partie postérieure. *ff'* Sillon longitudinal de la vésicule des hémisphères ; il limite la circonvolution arquée. *n* Lobe olfactif.

de la lamelle terminale blanche, qui est située avant cette partie antérieure, devient la commissure antérieure du cerveau (*h*); le restant, qui suit également la voussure ou convexité des hémisphères, est l'ébauche de la *voûte*. Immédiatement au dessus de la voûte, les deux hémisphères sont unis par une forte bande médullaire transversale, nommée le *corps calleux* ou la *grande commissure* (*g*). La partie de la paroi médiane des hémisphères, placée sur le corps calleux, décrit aussi un arc, qui est séparé de son entourage par un sillon particulier (*ff'*): telle est l'origine de l'*arc marginal* (*h*), qui est concentrique à la voûte; son segment antérieur (*h'*) devient la *circonvolution arquée*, et le postérieur (*h''*) constitue une formation, qui est connexe à cette circonvolution arquée, fait saillie du côté médian dans les ventricules latéraux et s'appelle la *corne d'Ammon*. La description détaillée de ces formations, qui sont complètement développées dans le cerveau des mammifères, sera reprise tout à l'heure, lorsque nous examinerons spécialement les diverses parties du système nerveux central.

Pour entreprendre actuellement cette étude, nous suivrons le plus possible la voie génétique, que nous avons employée jusqu'ici, et nous prendrons, spécialement pour base, la morphologie du cerveau *humain*.

2. — Moëlle épinière.

Le tube médullaire, qui forme la moëlle épinière, est primitivement un canal, plein de liquide, dont la paroi interne est tapissée de cellules de développement. Celles-ci croissent et se multiplient; quelques unes ont le caractère de cellules du tissu conjonctif et fournissent une substance intercellulaire amorphe; d'autres deviennent des cellules nerveuses, car elles émettent des prolongements, qui se convertissent directement en filets des nerfs périphériques ou qui continuent à se diviser, à se résoudre en un réseau de filets terminaux; et, probablement dans ce réseau, les filets nerveux centraux et périphériques ont leurs racines. Tous ces filets naissent particulièrement vers la périphérie du tube médullaire, mais les formations cellulaires se rapprochent du centre de la cavité (Fig. 24). Conformément à la symétrie bilatérale de l'ébauche du corps, dès le commencement, les cellules nerveuses et les nerfs, auxquels elles donnent naissance à droite et à gauche, se réunissent en groupes symétriques. D'après l'union des

nerfs avec deux parties différentes de l'ébauche germinale, chacun de ces groupes se sépare de nouveau en deux subdivisions. Ces cellules et ces filets, qui s'unissent au feuillet des cornes, à l'ébauche primitive des organes sensoriels et du revêtement sensible du corps, constituent un groupe postérieur, rapproché, par sa situation, des formations germinales, qui leur sont assignées. Mais ces éléments nerveux, qui se rendent aux muscles striés, se réunissent et donnent lieu à un groupe antérieur, correspondant à la plaque animale musculaire. C'est ainsi, que la substance grise, formée par le rapprochement, l'association des cellules, apparaît à droite et à gauche, sous l'aspect d'une colonne postérieure et d'une colonne antérieure, environnées circulairement par la substance blanche ou médullaire. D'après la forme des coupes, qui résultent des sections transversales de ces colonnes, celles-ci portent le nom de *cornes postérieures* et de *cornes antérieures*. La corne postérieure de chaque côté s'unit, par son milieu, avec la corne antérieure. De même, les racines nerveuses émergentes se disposent de chaque côté, en deux séries : en racines *postérieures* ou *sensibles* et *antérieures* ou *motrices* (Fig. 24 *e* et *f*). Par suite de ces rapports d'accroissement, la cavité centrale ressemble d'abord à un rhombe, qui se prolonge en avant et en arrière, sous forme d'une fente (*c m*). Bientôt, la fente postérieure s'obture à peu près entièrement ; l'antérieure est plus distincte, et fermée par des filets nerveux qui, passant d'un côté de la moëlle à l'autre côté, constituent la *commissure antérieure* ou *blanche*. Celle-ci, qui au début est située près de la surface antérieure (Fig. 24 *h*), avance graduellement dans la profondeur (Fig. 25 *k*). Derrière cette commissure persiste le restant de la cavité centrale : c'est un canal extrêmement étroit ou *canal central* de la moëlle épinière, autour duquel s'unissent les deux amas de substance

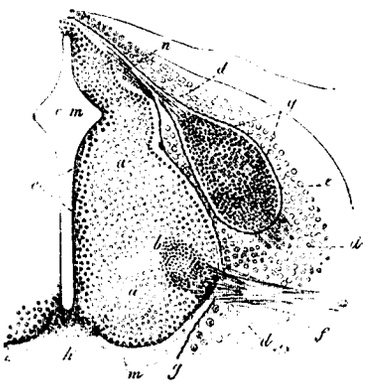


Fig. 24. Section transversale de la moëlle épinière embryonnaire de la brebis (d'après Bidder et Kupffer). *c m* La cavité centrale, en voie de se fermer ; *c* son épithélium. *a* La substance grise, qui occupe encore presque toute la section transversale de la moëlle épinière. *b* Point d'origine des racines antérieures *f*. *e* Ganglion spinal avec la racine postérieure, qui en provient. *m* Ebauche des cordons antérieur et latéral. *n* Ebauche du cordon postérieur. *h* Commissure antérieure. *g* Enveloppe du ganglion spinal et de la moëlle épinière. *d* Ebauche de la colonne vertébrale.

grise (*c* Fig. 25). Les fentes antérieure et postérieure divisent la moëlle épinière en deux moitiés symétriques, et les racines nerveuses émergentes séparent chacune de ces moitiés en trois cordons (*g*, *h*, *i* Fig. 25). Le *cordon postérieur* est situé entre la fente médiane postérieure et la série des racines postérieures; le *cordon antérieur*, entre la fente médiane antérieure et la série des racines antérieures; et le *cordon latéral* s'élève entre les deux séries de racines. Dans ces cordons médullaires, le trajet des filets nerveux est, en grande partie, vertical et suit la direction de l'axe longitudinal de la moëlle épinière. Seulement, le fond de la scissure médiane antérieure est occupé par les filets de croisement déjà mentionnés, à marche horizontale et oblique, qui forment la commissure antérieure; de même, près des racines nerveuses, qui pénètrent dans la moëlle épinière, apparaissent des filets horizontaux et obliques, sorte de prolongements directs de ces racines dans la moëlle. Les cornes grises ont une configuration différente; les antérieures sont plus larges et plus courtes; les postérieures, plus longues et plus grêles. Les premières possèdent une quantité de grandes cellules ganglionnaires multipolaires; les secondes n'ont guère que des cellules plus petites, et la majeure partie des cornes postérieures est constituée par une névroglie amorphe, analogue à la substance intercellulaire du tissu conjonctif. Grâce à cette disposition et à un certain nombre de filets délicats, qui les traversent, les cornes postérieures ont un aspect très-brillant, vers leur circonférence extérieure : cette région est la *substance gélatineuse* (*f*). Au-dedans de cette région (en *e*), on aperçoit, des deux côtés, en un point qui correspond à un amas de

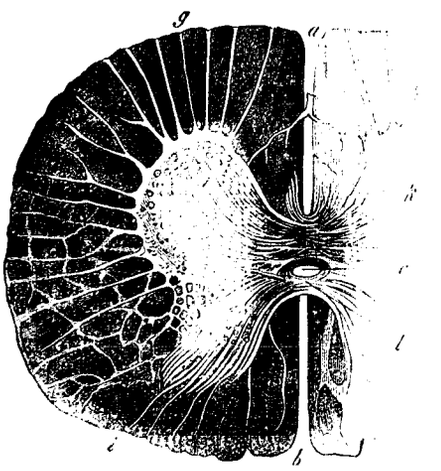


Fig. 25. Coupe transversale de la moëlle épinière du veau, d'après A. Ecker. *a* Scissure longitudinale antérieure; *b* postérieure. *c* Canal central. *d* Cornes antérieure; *e* postérieure. *f* Substance gélatineuse, à la périphérie de la corne postérieure. *g* Cordons antérieur; *h* latéral; *i* postérieur. Les faisceaux des racines des cordons antérieur et postérieur, qui se dirigent transversalement vers la substance grise, sont clairs: les coupes transversales des filets, à marche verticale ascendante, paraissent sombres. *k* Commissure antérieure; *l* postérieure.

cellules ganglionnaires rondes, une colonne plus compacte, de substance grisâtre : *les colonnes de Clarke*. Les points de la moëlle, qui servent ainsi d'origine directe aux racines postérieures, semblent moins pourvus de cellules nerveuses, que les points affectés aux racines antérieures ; mais, dans le premier cas, une couche de cellules ganglionnaires remarquables est intercalée dans le parcours des filets nerveux, après leur sortie de la moëlle, et forme les *ganglions spinaux* des racines postérieures (*e* Fig. 24). Les cordons postérieurs ne sont pas, comme les antérieurs, réunis par des filets blancs médullaires; au contraire, des filets délicats vont dans la substance grise, derrière le canal central, passent d'une corne postérieure à l'autre et constituent la *commissure postérieure* ou *grise* (*l* Fig. 25). Des filets gris, analogues, entourent le canal central, dont l'intérieur est recouvert d'une simple couche d'épithélium cylindrique. Quelques rares cellules de développement, qui tapissaient primitivement la cavité du tube médullaire, ont contribué au revêtement de l'intérieur de ce canal.

Tant que le développement des organes centraux est borné à la formation de la moëlle épinière, l'organisation tout entière présente une certaine uniformité. Comme, dans toute la longueur de la moëlle épinière se répètent le même groupement des parties élémentaires et la même loi d'origine pour les filets nerveux ; de même, les surfaces sensibles, les appareils moteurs, qui sont commandés par cet organe central doivent être soumis à la même uniformité, quant à leur irradiation et leur développement. En effet, lorsque chez l'embryon, le système nerveux central ne se compose, à un moment donné, que du tube médullaire, nul organe sensoriel supérieur n'a encore pris naissance, les ébauches de la surface sensible du corps et de l'appareil moteur sont uniformément réparties autour de l'axe central : seulement, le point, où apparaissent des masses nerveuses, plus fortes, destinées aux extrémités postérieures est déjà indiqué, de bonne heure, par un élargissement de la fente primitive ou sinus rhomboïdal, qui constitue plus tard le renflement lombaire. Il se produit aussi, ultérieurement, un épaississement analogue, quoique plus faible, du tube médullaire; il siège au lieu de sortie des nerfs affectés aux extrémités antérieures: c'est le renflement cervical (1).

1. Chez les oiseaux, le sinus rhomboïdal n'est pas, durant toute leur vie, fermé par la masse nerveuse. Il reste donc, comme une fosse ouverte en arrière et ressemble à ce prolongement du canal central dans la moëlle allongée, que l'on voit chez tous les vertébrés, c'est-à-dire à la fosse rhomboïdale.

Nous trouvons une pareille uniformité d'organisation, mais avec un caractère permanent de fixité, chez le dernier des vertébrés, l'amphioxus lanceolatus, où la formation du système nerveux central se borne au tube médullaire. L'organe visuel de ce vertébré acéphale se compose de deux petites taches pigmentaires, et l'organe olfactif, d'une excavation cupulaire, impaire, placée à l'extrémité antérieure du corps (1); l'appareil auditif est absent. Ainsi, chez cet animal, les organes, arrêtés dans leur évolution, sont précisément ceux qui paraissent spécialement déterminer le premier développement des parties centrales supérieures, qui se détachent de la moëlle épinière.

3. — Moelle allongée.

Dans la moëlle allongée, l'origine externe des nerfs périphériques se rattache directement aux conditions, qui président à l'évolution de la formation nucléaire (des noyaux nerveux et ganglionnaires). Ces nerfs périphériques n'observent plus rigoureusement la règle si simple, suivie dans la moëlle épinière, et les racines nerveuses semblent plus ou moins déplacées. A la vérité, ces racines paraissent encore rapprochées en deux séries longitudinales, l'une antérieure, l'autre postérieure; mais, du sillon latéral antérieur partent exclusivement les filets des racines motrices, ceux du douzième nerf cérébral (hypoglosse); du sillon latéral postérieur, ou, du moins, très-près de lui, naissent au contraire les faisceaux sensibles et moteurs, à savoir les racines de tous les autres nerfs cérébraux, à l'exception des nerfs olfactif et optique et des deux nerfs oculo-musculaires antérieurs, qui, par leur origine, sont situés beaucoup plus en avant (compar. Fig, 31) (2).

Chez les vertébrés inférieurs, le trajet extérieur des faisceaux de filets diffère, encore un peu, de celui qui a lieu dans la moëlle épinière. Seulement, les cordons postérieurs, s'écartant l'un de l'autre, laissent apparaître la fosse rhomboïdale (Fig. 17 et 18); et, d'après des sections transversales, les cornes grises sont séparées de la substance grise centrale et intercalées dans le parcours des cordons antérieurs et pos-

1. Kölliker, *Müller's Archiv* 1843, p. 32.
2. Nerfs moteur oculaire commun et pathétique. Le nerf moteur oculaire externe naît de la partie la plus antérieure de la moëlle allongée.

térieurs. Relativement, chez les poissons, la moëlle allongée diffère davantage de la moëlle épinière, que ce n'est le cas pour les amphibies et les oiseaux, doués d'une structure cérébrale plus riche; souvent, des sillons peu profonds divisent extérieurement la moëlle allongée en plusieurs cordons, qui correspondent intérieurement à des noyaux nerveux assez considérables (1).

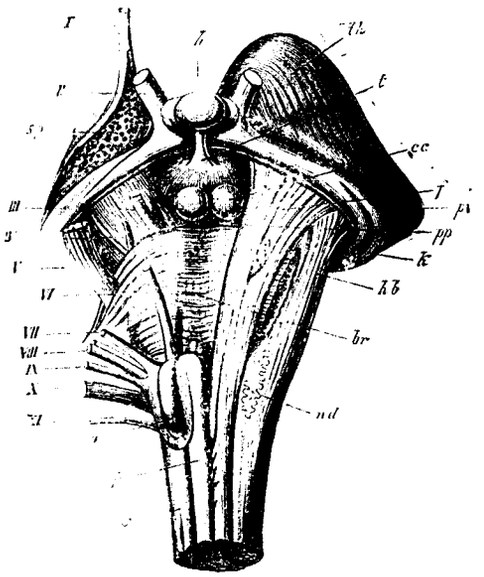


Fig. 26. Vue antérieure de la moelle allongée humaine, avec le pont de Varole et les parties de la base cérébrale avoisinantes. A gauche, le prolongement des cordons de la moëlle épinière à travers le pont de Varole, et la dissociation de leurs faisceaux dans les pédoncules cérébraux ont été représentés; la face inférieure de la couche optique est mise à nu. *p* Pyramides. *o* Olive. *s* Cordon latéral. *nd* Noyau denté de l'olive. *br* Pont cérébral ou de Varole. *f* Pied du pédoncule cérébral; *hb* la calotte du pédoncule. Tous deux sont séparés l'un de l'autre par un faisceau profond de filets transversaux du pont de Varole; ce faisceau a été ici coupé en travers. *cc* Tubercules mamillaires (corpora candicantia). *t* Tubercule gris avec l'infundibulum. *h* Hypophyse. *th* Couche optique; *pr* son coussin. *k* Corps genouillés. *sp* Substances perforées antérieure; *pp* postérieure. *I–XI* Du premier au onzième nerf cérébral. *I* Nerf olfactif, *II* optique, *III* moteur oculaire commun, *IV* pathétique, *V* trijumeau, *VI* moteur oculaire externe, *VII* facial, *VIII* acoustique, *IX* glosso-pharyngien, *X* vague ou pneumogastrique, *XI* accessoire de Willis.

Chez les mammifères, on peut distinguer, comme dans la moëlle épinière, des cordons antérieurs, latéraux et postérieurs de la moëlle

1. Owen, *Anatomy of vertebrates*, vol. 3, p. 273. — Stieda, *Zeitschr. für wiss. Zoologie*, vol. 18, planche II, fig. 20 et 21.

allongée. Ces cordons reçoivent alors des noms spéciaux; car, le trajet plus compliqué de leurs fibres et la présence de noyaux ganglionnaires à leur intérieur les rend essentiellement différents des cordons de la moëlle épinière, placés dans des positions analogues; et même la plupart d'entre eux ne sont pas les prolongements immédiats de ces derniers. Les cordons antérieurs sont les *pyramides* (*p* Fig. 26); à la partie inférieure de leur parcours, leurs faisceaux se croisent, et, de cette manière, la fente médiane antérieure finit par disparaître entièrement. Ce croisement semble répéter, avec plus d'énergie, le croisement effectué par les cordons antérieurs de la moëlle épinière dans la com-

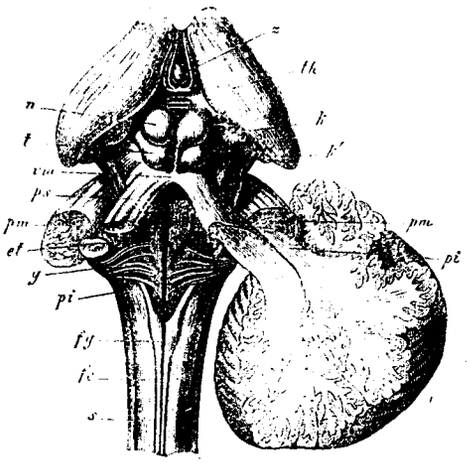


Fig. 27. Vue postérieure de la moelle allongée de l'homme avec les tubercules quadrijumeaux, les couches optiques et les pédoncules cérébelleux. Le côté droit présente l'irradiation de ces pédoncules dans le cervelet. *fg* Funiculus gracilis, *fc* cuneatus. *s* Cordon latéral. En divergeant, ces cordons laissent apparaître la fosse rhomboïdale, et, sur le plancher de celle-ci, on aperçoit les éminences rondes *et*, séparées dans leur milieu par un sillon longitudinal. *g* Fibres zonales. *p i* Pédoncules cérébelleux inférieurs (corps striés). *pm* Pédoncules cérébelleux moyens (bras du pont). *p s* Pédoncules cérébelleux supérieurs (bras d'union allant du cervelet au cerveau). *t* Paire postérieure, *n* antérieure des tubercules quadrijumeaux (testes et nates). *th* Couches optiques. *k* Corps genouillé interne, *k'* externe. *z* Conarium (glande pinéale).

missure antérieure. A leur extrémité supérieure, les pyramides sont limitées des deux côtés par les *olives* (*o*). Celles-ci, grâce à un noyau ganglionnaire, nommé noyau denté (nucleus dentatus) à cause de l'aspect de sa coupe transversale, sont renflées, saillantes et ont une certaine analogie avec la forme d'une olive. Les faisceaux de fibres, verticalement ascendantes, qui entourent ces noyaux, portent le nom de

cordons à gousse (Hülsenstränge). A partir de l'extrémité inférieure de la moëlle allongée, les *cordons latéraux* (*s* Fig. 26 et 27) sont plus faibles et, presque à la hauteur de l'ouverture de la fosse rhomboïdale, ils disparaissent entièrement dans la profondeur. C'est pourquoi, les *cordons postérieurs* augmentent extérieurement de circonférence; dans le segment inférieur de la moëlle allongée, un sillon superficiel les sépare en une division interne et externe ou en *cordon grêle* (funiculus gracilis) et *cordon cunéiforme* (funiculus cuneatus) (*fg* et *fc* Fig. 27). Ces deux derniers cordons, vers l'extrémité inférieure de la fosse rhomboïdale, possèdent des renflements noueux, qui proviennent de la présence de noyaux gris à leur intérieur. Plus loin en haut, ces deux divisions semblent se prolonger dans les cordons, qui limitent de chaque côté la fosse rhomboïdale, c'est-à-dire dans les *corps striés* (*pi* Fig. 27). D'après leur volume, les corps striés sont les cordons les plus importants de la moëlle allongée. Ils contiennent également, à leur intérieur, des noyaux gris et sont remarquables par le trajet entrelacé et plexiforme de leurs fibres. En haut, les corps striés pénètrent complètement dans la moëlle du cervelet et constituent les pédoncules *inférieurs* de cet organe. Au milieu d'eux, apparaissent, sur le fond de la fosse rhomboïdale, deux cordons, directement recouverts par la formation cavitaire de la substance grise; ils semblent continuer les parties de la moëlle épinière situées en avant du canal central, par conséquent les cornes antérieures avec les portions des cordons antérieurs, placés dans la profondeur. Ces formations se composent, le plus souvent, de substance grise et remplissent le plancher de la fosse rhomboïdale; leur configuration voûtée, convexe les a fait nommer *cordons ronds* ou *éminences rondes* (eminentiæ teretes *e t*). Leur substance grise est en connexion avec la plupart des noyaux nerveux de la moëlle allongée; cependant, quelques noyaux de celle-ci, grâce à la dissociation de la moëlle par les cordons blancs, s'éloignent davantage de la ligne médiane et sont isolés. A part tous ces tissus, que nous venons de décrire ici, nous citerons enfin une nouvelle formation, constituée par des groupes de filets et qui est une autre conséquence des modifications, produites par les conditions de structure. Ces filets enlacent la moëlle transversalement; les uns pénètrent dans la fente médiane antérieure, et dans le sillon, qui sépare les pyramides et les olives; les autres passent au-dessus de la fosse rhomboïdale. Aussi, leur trajet, généralement très-compliqué, est-il actuellement peu connu. La présence de ce *système de fibres zonales* (stratum zonale, fibræ arcuatæ, *g*)

semble dépendre des mêmes conditions, qui déterminent la dissociation de la substance grise, c'est-à-dire de celles qui obligent nécessairement les foyers centraux, appartenant aux cordons des fibres les plus diverses d'origine, à se relier les uns aux autres.

4. — Cervelet.

A l'extrémité antérieure de la moëlle allongée, apparaît une autre transformation essentielle, dans les rapports de configuration, que nous avons étudiés jusqu'ici. Elle est due au *cervelet*, qui est issu de l'ébauche de la troisième vésicule cérébrale. Au degré le plus inférieur de son développement (Fig. 17 et 18), le cervelet s'écarte peu extérieurement de la structure, qu'avait son ébauche primitive. Comme une lisière transversale, il forme une espèce de pont sur l'extrémité supérieure de la fosse rhomboïdale et reçoit des deux côtés les corps striés ; en haut, il donne naissance à une plaque de moëlle, qui va au cerveau moyen (Fig. 20). Mais, des deux côtés, partent des tractus de fibres transversales, qui se dirigent vers la surface inférieure de la moëlle allongée : les unes semblent se croiser entre elles; et, les autres, avec des tractus de fibres verticales ascendantes, qui appartiennent aux cordons des pyramides et des olives. Ces rapports d'union restent invariables, même après que le cervelet a atteint son développement ultérieur. Les faisceaux, qui vont des corps striés au cervelet, sont les *pédoncules cérébelleux inférieurs* (processus ad med. oblongatam, *p i*, Fig. 27) ; et les filets médullaires, qui sortent du cervelet, pour gagner en haut le cerveau moyen, les *pédoncules cérébelleux supérieurs* (processus ad corpora quadrigemina ou ad cerebrum, *p s*). Ces derniers sont réunis par une mince plaque de moëlle, qui recouvre le dessus de la fosse rhomboïdale, et s'appelle le *velum medullare superius* (obere Marksegel *v m*). Ce velum unit directement la moëlle du cervelet à la division cérébrale la plus voisine, au cerveau moyen ou aux tubercules quadrijumeaux. Enfin, les cordons médullaires, provenant des deux côtés du cervelet, donnent lieu aux *pédoncules cérébelleux moyens* ou *bras du pont* (Brückenarme, processus ad pontem, *p m*). La formation, qui prend naissance à la base du cerveau postérieur, et est constituée par l'union de ces pédoncules cérébelleux moyens et leur croisement avec les cordons longitudinaux ascendants de la moëlle allongée, s'appelle le *pont de Varole* (*b r* Fig. 26). Celui-ci est effecti-

vement un double anneau d'union, par sa direction longitudinale entre l'arrière-cerveau et le cerveau moyen, et, d'autre part, par sa direction horizontale entre les deux moitiés latérales du cervelet. Les pédoncules cérébelleux antérieurs et postérieurs apparaissent avec beaucoup de netteté, dès que le cervelet commence à peine à se former ; mais les pédoncules moyens, par suite de l'évolution progressive de ce segment cérébral, surtout de ses parties latérales, acquièrent une telle puissance, que le pont de Varole doit être distingué, comme une formation spéciale. Chez les oiseaux et, même, chez tous les vertébrés inférieurs, on ne remarque guère, à la place du pont de Varole, que les prolongements longitudinaux des cordons antérieurs et latéraux de la moëlle allongée (Fig. 28 *B*). A partir des points, où les pédoncules du cervelet pénètrent en arrière, en avant et latéralement dans celui-ci, les filets médullaires rayonnent vers la surface de cet organe.

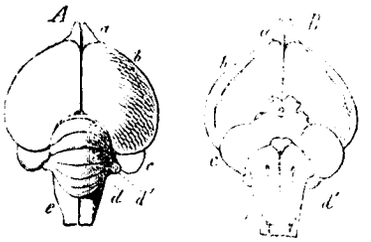


Fig. 28. Cerveau d'une poule domestique, d'après C. G. Carus. *A* Vu par en haut, *B* par en bas, *a*. Bulbe olfactif. *b* Cerveau. *c* Tubercules bijumeaux. *d* Cervelet ; *d'* ses parties latérales rudimentaires. *e* Moëlle allongée. 2 Nerf optique.

L'évolution morphologique du cervelet s'accomplit relativement de bonne heure. Chez tous les vertébrés, ce segment postérieur du manteau cérébral est recouvert par l'écorce grise, qui est nettement séparée de l'irradiation des filets médullaires, occupant l'intérieur ; et l'écorce du cervelet des vertébrés inférieurs, des poissons se divise et donne naissance à quelques couches remarquables par la diversité de leur coloration (1). Le cervelet des amphibies présente déjà des groupes de cellules nerveuses, intercalées dans le parcours des filets médullaires et qui sont, comme les premiers vestiges des noyaux ganglionnaires. Ces filets médullaires se multiplient chez les oiseaux ; mais, en même temps, la formation des couches est plus distincte et le plissement de la surface permet aux éléments corticaux d'augmenter de volume (2) (Fig. 20 et 28).

La forme du cervelet des mammifères éprouve enfin une autre mo-

1. Owsjannikoff. *Bulletin de l'académie de Saint-Pétersbourg*, t. IV. — Stieda, *Zeitschr. f. wissensch. Zoologie*. Vol. 18, p. 34.
2. Stieda, *Zeitsch. f. wiss. Zool.* Vol. 18, p. 39 et vol. 20 p. 273.

dification; car, outre une partie médiane, impaire, nommée le *vermis*, à cause de sa surface disposée en plis transversaux, il existe des parties latérales symétriques, plus fortement développées, qui, chez les derniers des mammifères, sont bien moins accusées, que le vermis; mais, chez les mammifères supérieurs, elles entourent le vermis de tout côté (Fig. 29). Avec les parties latérales, se développent encore plus puissamment les processus ad pontem, qui, chez les vertébrés inférieurs, sont indiqués par de faibles tractus de fibres transversales, allant à la moëlle allongée. Les plis transversaux de la surface grise augmentent considérablement de nombre, et leurs sections offrent l'image d'une arborisation délicate, appelée *arbre de vie* (*a v* Fig. 29). En même temps, dans l'irra-

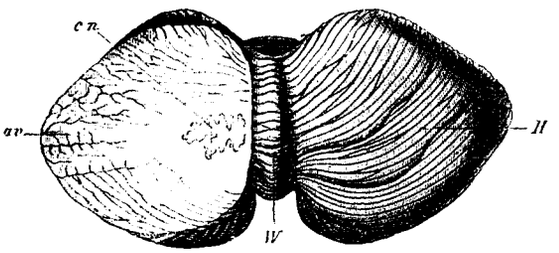


Fig. 29. Cervelet humain vu par sa face supérieure. Du côté gauche, une section oblique a mis à nu le noyau denté *cn* et l'arbre de vie *av*. *W* Vermis. *II* Hémisphère droit.

diation des filets médullaires du cervelet apparaissent des noyaux ganglionnaires, plus volumineux. Ainsi, chaque moitié latérale du cervelet des mammifères possède un noyau denté (nucleus dentatus cerebelli, *c n* (1)), semblable au noyau olivaire. D'autres groupes de substance grise, d'une importance analogue, sont disséminés dans le *pont de Varole;* leurs cellules sont probablement intercalées entre les divers faisceaux de filets, qui s'y croisent.

1. D'autres petits noyaux, décrits par Stilling sous les noms de noyau du toit (Dachkern), de noyau sphérique et de bouchon (Pfroff), résident dans la plaque médullaire, qui unit les deux hémisphères du cervelet. Stilling, *Neue Untersuchungen über den Bau des kleinen Gehirns des Menschen*, p. 169 et 238. Cassel 1878.

5. — Cerveau moyen.

Le cerveau moyen, ce segment du tronc cérébral (*nt* Fig. 27, *d* Fig. 17), correspondant aux *tubercules quadrijumeaux* des mammifères, aux *tubercules bijumeaux* ou lobi optici des vertébrés inférieurs, ne développe aucune vésicule secondaire, par conséquent aucune partie du manteau ; car, il renferme seulement deux formations de substance grise : les formations cavitaire et nucléaire. La première, sorte de couche de faible épaisseur, entoure l'aqueduc de Sylvius ; les noyaux nerveux les plus antérieurs (de l'oculo-moteur, du pathétique et de la racine supérieure du trijumeau) sont unis avec elle. Des noyaux ganglionnaires sont disséminés, les uns à l'intérieur des tubercules bijumeaux ou quadrijumeaux, les autres dans le trajet des cordons médullaires, qui passent sous l'aqueduc de Sylvius. Pairs, mais connexes par leur milieu, ces masses médullaires semblent d'abord être les prolongements des cor-

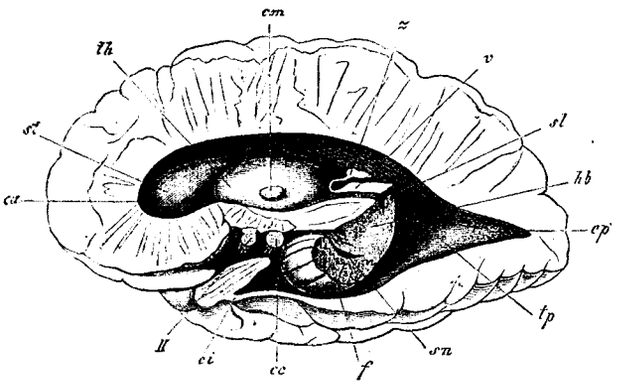


Fig. 30. Pédoncule cérébral et ventricule latéral de l'hémisphère droit de l'homme. *f* Pied du pédoncule cérébral. *sn* Substance noire. *hb* Calotte. *sl* Ruban de Reil. *v* Plaque des tubercules quadrijumeaux. *z* Glande pinéale. *th* Couches optiques. *cm* Commissure moyenne. *cc* Tubercule mamillaire. *st* Corps strié. *ca* Cornes antérieure, *cp* postérieure, *ci* inférieure du ventricule latéral. *tp* Tapis du corps calleux. *II* Nerf optique.

dons antérieurs et latéraux de la moëlle allongée ; elles sont ensuite renforcées par d'autres tractus de fibres longitudinales, venues des tubercules quadrijumeaux et des couches optiques. Pendant tout leur trajet, de la moëlle allongée à leur entrée dans les hémisphères, elles s'appellent les *pédoncules cérébraux*. Le cerveau des mammifères

contient, dans la portion des pédoncules cérébraux qui appartient au domaine du cerveau moyen, deux noyaux ganglionnaires nettement circonscrits : l'un deux, remarquable par sa couleur sombre, est la *substance noire de Sœmmering* (*s n* Fig. 30). Celle-ci sépare chaque pédoncule cérébral en deux portions : l'une inférieure, située en même temps plus en dehors, se nomme le *pied* ou base du pédoncule (*f* Fig. 30 et 26) : l'autre supérieure, plus rapprochée de la ligne médiane, est la *calotte* (Haube) ou le *toit* (Decke) (tegmentum pedunculi, *h b* mêmes figures). La partie, la plus élevée et la plus interne de la calotte, ressemble à une bande médullaire, tressée en forme de ganse à l'extrémité antérieure ; elle soutient directement les tubercules quadrijumeaux et s'appelle le *ruban de Reil* (Schleife, laqueus, *s l* Fig. 30). Le milieu de la calotte possède un deuxième noyau, dont la couleur lui a fait également donner le nom de *noyau rouge* de la calotte (nucleus tegmenti *h b* Fig. 35). Les *tubercules quadrijumeaux* (*r* Fig. 30) reposent sur les pédoncules cérébraux. Ils sont connexes en arrière avec le pédoncule cérébelleux supérieur ; en avant et sur les côtés, ils fournissent des fibres médullaires, qui se mêlent les unes à la calotte du pédoncule cérébral ; les autres passent dans les couches optiques ; d'autres enfin constituent les origines des nerfs optiques. L'union avec les couches optiques et les nerfs optiques est opérée, chez les mammifères, par les *bras des tubercules quadrijumeaux* (Vierhügelarme) (Fig. 27). Les tubercules quadrijumeaux antérieurs adhèrent aux couches optiques par les *bras* antérieurs ; et les tubercules quadrijumeaux postérieurs se rattachent au corps genouillé interne par les *bras* postérieurs. Dans l'intervalle, qui sépare les tubercules quadrijumeaux antérieurs de l'extrémité postérieure des couches optiques, est enfoncée la *glande pinéale*, sorte de tissu analogue aux glandes lymphatiques et qui n'adhère au cerveau, qu'extérieurement (*z* Fig. 27 et 30). Nous avons déjà remarqué que, chez les mammifères, les tubercules quadrijumeaux sont devenus des formations solides, compactes. Ils sont réunis par une plaque de moëlle, qui passe en arrière directement dans le velum medullare superius et, en avant, dans la *commissure postérieure* (*c p* Fig. 32), située à la limite existant entre les tubercules quadrijumeaux et les couches optiques. Les lobi optici des vertébrés inférieurs ne sont pas complètement pleins, solides ; ils renferment une cavité plus ou moins spacieuse, qui communique avec l'aqueduc de Sylvius ; et, sur le plancher de cette cavité, on voit, de chaque côté, une éminence (torus semi-circularis Halleri *t s* Fig. 21) constituée par le gris ganglionnaire.

6. — Cerveau intermédiaire.

Le cerveau intermédiaire ou *région des couches optiques* (thalami optici) le cède en grosseur, chez tous les vertébrés inférieurs, au cerveau moyen (*f* Fig, 17) ; mais, chez les mammifères, il est plus volumineux, que ce dernier (*t h* Fig. 26, 27 et 30). Cependant, le cerveau

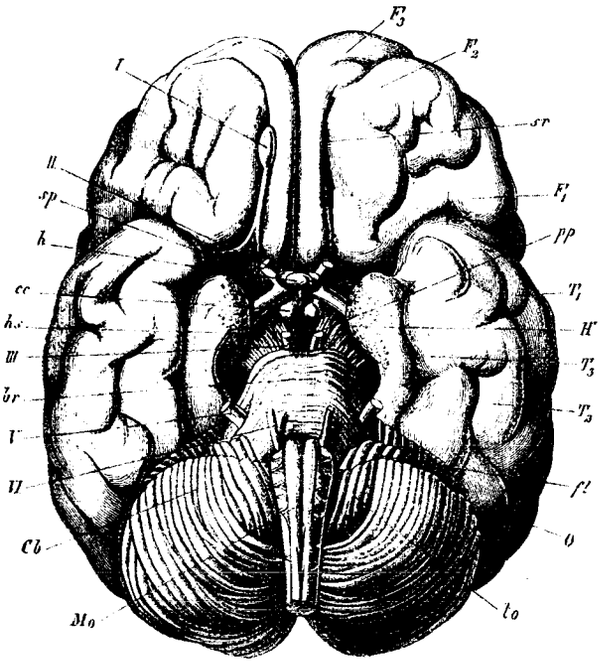


Fig. 31. Base du cerveau humain. *mo* Moëlle allongée. *Cb* Face inférieure du cervelet. *fl* Flocculus ou lobule du pneumogastrique. *to* Tonsille ou amygdale. *br* Pont de Varole. *cc* Tubercules mamillaires. *h* Hypophyse. *sp* Substance perforée antérieure (champ olfactif). *pp* Substance perforée postérieure (entre l'écartement des pédoncules cérébraux). *I* Nerf olfactif et bulbe olfactif; (à gauche, ils ont été coupés). *II* Nerf optique. *III* Nerf oculo-moteur. *V* Trijumeau. *VI* Moteur oculaire externe. F_3 Circonvolutions frontales inférieure, F_2 moyenne, F_1 supérieure. *sr* Sillon olfactif. T_1 Circonvolutions temporales supérieure, T_2 moyenne, T_3 inférieure. *O* Circonvolution occipitale. *H* Lobe d'hippocampe. *hs* Pédoncule cérébral.

intermédiaire des poissons présente un prolongement divisé en deux parties égales, s'étendant en arrière jusqu'à la base du cerveau et semblable à deux éminences demi-sphériques, placées au-dessous et un

peu en avant des lobi optici. Ces éminences sont les *lobes inférieurs* (lobi inferiores) du cerveau des poissons (*l i* Fig. 21). Ils contiennent une cavité communiquant avec le troisième ventricule, cette ouverture fissurale qui, par suite de la déchirure antérieure du toit, divise le cerveau intermédiaire, pour constituer les deux couches optiques. Au point, où les lobi inferiores se confondent, ils s'adjoignent l'*hypophyse* ou corps pituitaire (*h* Fig. 21). Celle-ci, dans sa moitié supérieure, est un renversement du cerveau intermédiaire; et, dans sa moitié inférieure, un reste du tissu embryonnaire, appartenant primitivement à l'extrémité supérieure du pharynx et qui, par suite du développement de la base du crâne, était resté uni au cerveau intermédiaire (1). L'hypophyse persiste même chez les vertébrés supérieurs, où, à cause de l'évolution plus considérable des pédoncules cérébraux, les lobi inferiores ont complètement disparu (*h* Fig. 31). Alors, à la base du cerveau, seulement entre les pédoncules cérébraux, écartés l'un de l'autre, la substance ganglionnaire du cerveau intermédiaire apparaît sous la forme d'une éminence grise, *tuber cinereum*, qui est connexe, en avant vers l'hypophyse, avec un prolongement en entonnoir, nommé *infundibulum cérébral* (Fig. 18 et 26). Ce dernier possède une cavité étroite, qui en haut communique avec le troisième ventricule. La présence de petits vaisseaux sanguins donne à la substance grise, placée entre les pédoncules cérébraux, un aspect perforé, cribriforme; aussi appelle-t-on cet endroit la *plaque perforée postérieure* (lamina perforata posterior, *p p* Fig. 31 et 26). Au plancher du cerveau intermédiaire des mammifères se rattachent deux éminences médullaires : les *tubercules blancs* (corpora candicantia ou mammillaria) (*c c*). L'infundibulum et l'hypophyse limitent en avant le tuber cinereum ; de même, les tubercules mamillaires, situés directement avant la clôture du pont de Varole, limitent en arrière le tuber cinereum, mais leur signification génétique est encore inconnue.

A l'égal du cerveau moyen, le cerveau intermédiaire renferme de la substance grise, comme formation cavitaire et, aussi, comme formation nucléaire. D'abord, une plaque grise recouvre les parois de l'espace creux du troisième ventricule et tapisse, en même temps, un mince cordon médullaire, qui unit les deux couches optiques et s'appelle la *commissure moyenne* ou *médiane* (Fig. 30 *c m*). Ce gris cavitaire du troisième ventricule s'étend jusqu'à la base du cerveau, où il passe

1. W. Müller, *Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturw.* vol. 6, p. 354.

directement dans le tuber cinereum et l'infundibulum. En outre, à l'intérieur des couches optiques, sont disséminés plusieurs noyaux ganglionnaires, isolés les uns des autres par des masses médullaires (Fig. 35 *t h*). Des noyaux ganglionnaires de ce genre se trouvent dans deux petites éminences, tuberculiformes qui, chez les mammifères, limitent l'étendue postérieure de la couche optique et, extérieurement, sont en connexion avec elle ; ces deux éminences portent le nom de *corps genouillés externe* et *interne* (*k' k* Fig. 27). Le nerf optique, à son origine, adhère aux deux corps genouillés ; de plus, le bras antérieur des tubercules quadrijumeaux se convertit en corps genouillé interne. Le pourtour antérieur et externe de la couche optique s'incline en pente douce ; mais, en arrière, sa face supérieure est séparée de l'inférieure par un bord boursouflé, nommé le *pulvinar* ou *coussin* (*p v* Fig. 26).

7. — Cerveau antérieur.

Aux débuts de son développement, le cerveau antérieur repose sur le cerveau intermédiaire : c'est une vésicule, primitivement simple, et, plus tard, lorsque la déchirure antérieure du toit se prolonge et atteint le cerveau antérieur, cette vésicule est symétrique et ses deux moitiés adhèrent au plancher. A l'extrémité antérieure, près du point de départ des bulbes olfactifs, cette union est tellement forte, que la scissure longitudinale finit souvent par disparaître, sur une courte étendue de la face supérieure, grâce à une commissure interlobulaire. Primitivement, à l'endroit, où la déchirure du toit du cerveau intermédiaire se prolonge dans la scissure longitudinale des hémisphères, le troisième ventricule communique ouvertement avec les cavités des deux vésicules des hémisphères. Dans le cerveau des poissons, cette ouverture se ferme, ainsi que celle de la deuxième vésicule secondaire, du cervelet, puisque les hémisphères se solidifient complètement (*g* Fig. 17). Alors, le troisième ventricule se continue, comme une fente impaire, entre les hémisphères (1). Mais, chez les vertébrés supérieurs, le prolongement vasculaire, qui s'enfonce dans l'espace creux du cerveau intermédiaire, se multiplie dans ce dernier organe et, par-là, dans les deux vésicules des hémisphères. Tandis que le cerveau intermédiaire,

1. Les ventricules latéraux existent d'ailleurs chez les lépidosirens, dont le cerveau a une structure presque analogue à celui des batraciens. Owen, *Anatomy of vertebrates*, vol. 1, p. 282, fig. 186.

à l'exception de la fente qui persiste sous forme de troisième ventricule, est rempli de masse nerveuse, cet orifice de communication s'obture de plus en plus, et, finalement, à l'extrémité antérieure du troisième ventricule, il ne reste que deux ouvertures étroites, qui permettent l'entrée des vaisseaux dans les deux ventricules cérébraux. Ces deux ouvertures sont les *trous de Monro* (*m o* Fig. 32), ou le ves-

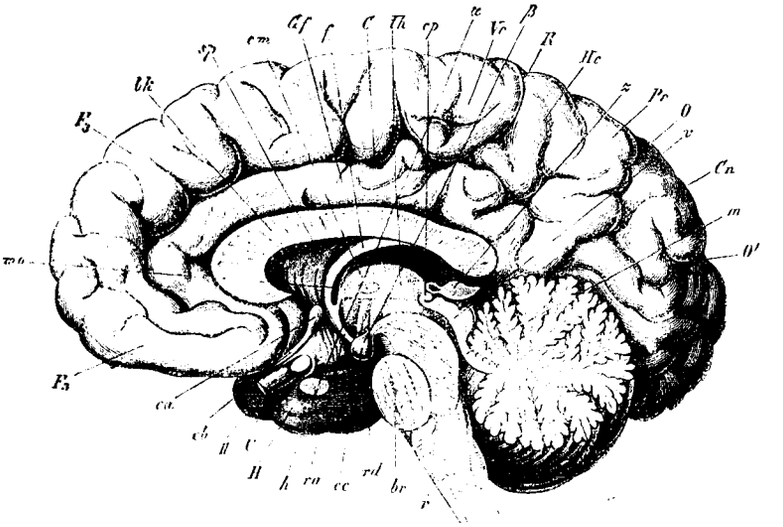


Fig. 32. Coupe médiane du cerveau humain. *r* Fosse rhomboïdale ou quatrième ventricule. *br* Pont de Varole. *cc* Tubercule mamillaire. *rd* Racines descendante, *ra* ascendante de la voûte. *h* Hypophyse ou corps pituitaire. *H* Nerf optique. *ca* Commissure antérieure. *cb* Commissure blanche du plancher. *mo* Trou de Monro. *bk* Corps calleux. *sp* Cloison transparente (septum lucidum). *f* Voûte (fornix). *cm* Commissure médiane. *th* Couches optiques. *sp* Commissure postérieure. *z* Glande pinéale. *v* Tubercules quadrijumeaux. *W* Vermis du cervelet et arbre de vie. *m* Voile médullaire antérieur. *F3* Circonvolution frontale inférieure. *Gf* Circonvolution arquée (gyrus fornicatus). *C* Sillon de limitation de la circonvolution arquée (fissura calloso-marginalis). *R* Sillon de Rolando. *Ve* Circonvolutions centrales antérieure, *He* postérieure. *H* Lobe d'hippocampe. *U* Gyrus uncinatus. *Pr* Avant-coin (præcuneus). *O* Sillon occipital perpendiculaire. *Cn* Coin (cuneus). *O'* Sillon occipital horizontal. (Pour α, β, voir la légende de la fig. 27).

tige des fentes primitives de Monro (1). En avant, ils sont séparés l'un de l'autre par une cloison médullaire, qui marque le lieu, où s'unissent en arrière les deux vésicules des hémisphères. Le plancher de cette cloison est très souvent formé par de puissants faisceaux médullaires,

1. Voir plus haut page 54 et fig. 23.

qui passent d'un côté à l'autre côté ; c'est la *commissure antérieure* (*c a*). Les hémisphères des reptiles, surtout des oiseaux et des mammifères, s'accroissent d'une manière si considérable, qu'ils recouvrent plus ou moins complètement, comme d'une voûte, le cerveau intermédiaire. Par conséquent, les ventricules latéraux du cerveau se pro-

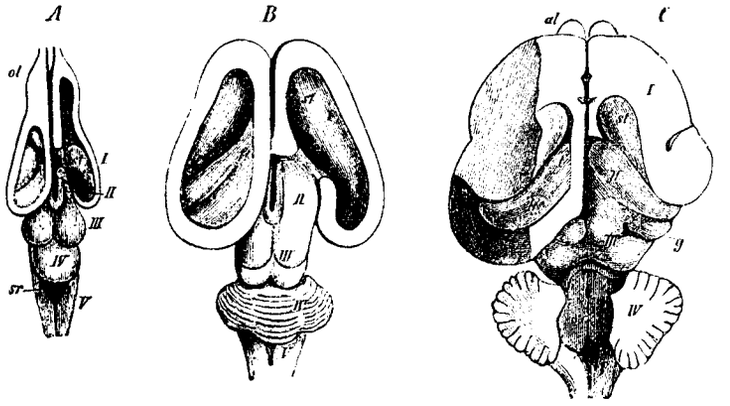


Fig. 33. Différenciation des ganglions cérébraux, d'après Gegenbaur. *A* Cerveau d'une tortue, *B* d'un fœtus de bœuf, *C* d'un chat. A gauche, le toit des ventricules latéraux a été enlevé ; à droite, il y a en outre ablation de la voûte ; en *C*, du côté gauche, le passage de la voûte dans la corne d'Ammon a été mis à nu. *I* Cerveau. *II* Couches optiques. *III* Lobi optici ou tubercules quadrijumeaux. *IV* Cervelet. *V* Moëlle allongée. *ol* Bulbe olfactif. *st* Corps striés. *f* Voûte. *II* (dans la fig. *C*) Corne d'Ammon. *g* (dans la même fig.) Corps genouillés. *sr* Fosse rhomboïdale.

longent en arrière ; et les couches optiques ne ressemblent plus à une portion cérébrale, située *derrière* les hémisphères, mais à des protubérances, qui, avec la plus grande partie de leur surface, s'élèvent dans les ventricules latéraux et sont tournées, uniquement par leur côté interne, vers le troisième ventricule.

Dans le cerveau antérieur, la substance grise se présente avec ses trois degrés de formation : gris cavitaire, elle recouvre les parois du troisième ventricule, surtout les faces internes des couches optiques, tournées vers ce ventricule, la cavité de l'infundibulum et tout son entourage ; gris ganglionnaire, elle forme des masses considérables, disséminées dans le parcours des prolongements des pédoncules cérébraux, qui apparaissent sous les couches optiques ; gris cortical, elle tapisse enfin tout le manteau des hémisphères. La structure du cerveau antérieur est déterminée par la situation de ces agglomérations de substance grise et leur rapport avec les irradiations des filets médullaires. Elle

est relativement simple, si les hémisphères se sont solidifiés, par exemple chez les poissons, ou bien si, comme chez les batraciens (Fig. 19), les hémisphères présentent à leur intérieur une cavité rudimentaire. Chez les vertébrés supérieurs, au contraire, où, à partir des ventricules latéraux et de la surface, les hémisphères accusent un développement plus considérable, on voit apparaître en même temps une séparation histologique plus marquée. Les noyaux ganglionnaires sont principalement couchés sur le plancher des ventricules latéraux, où ils forment des éminences tubéreuses ; de ce point, les filets médullaires rayonnent dans toutes les directions, vers la surface des hémisphères, et, sur cette surface, l'écorce constitue un toit régulier.

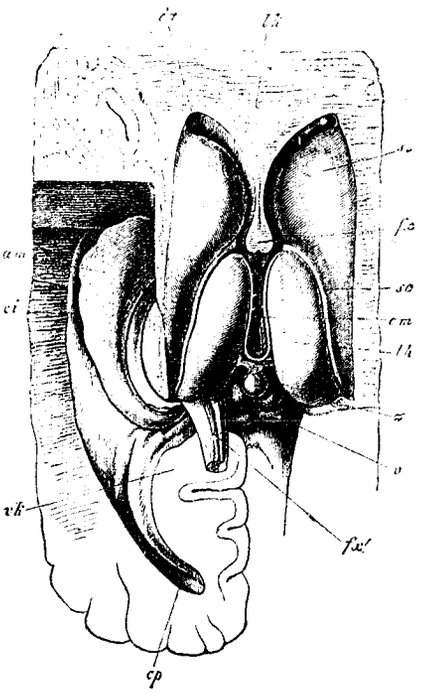


Fig. 34. Les tubercules cérébraux de l'homme, dessinés en partie d'après Arnold. A gauche, la partie inférieure et postérieure des ventricules latéraux, avec la corne d'Ammon et l'ergot de Morand, sont mis à découvert. *v* Tubercules quadrijumeaux. *z* Glande pinéale. *th* Couches optiques. *cm* Commissure médiane. *se* Stria cornea. *st* Corps strié. *fx* Partie antérieure de la voûte ; *bk* partie antérieure du corps calleux, qui sont tous les deux sectionnés transversalement. *fx'* Partie postérieure de la voûte rabattue. *ci* Corne inférieure du ventricule latéral. *am* Corne d'Ammon *cp.* Corne postérieure du ventricule latéral. *vk* Ergot de Morand (Vogelklaue).

La couche la plus profonde du plancher des ventricules latéraux est produite par les prolongements des pédoncules cérébraux, qui divergent et se dirigent en haut. Sur ces prolongements reposent les *couches optiques*, d'où partent d'autres masses médullaires de renforcement, qui se mêlent aux faisceaux des pédoncules cérébraux, passant au-dessous d'elles, en avant et en dehors. Des noyaux ganglionnaires volumineux sont disséminés dans ces rayonnements terminaux du pédoncule cérébral, à la circonférence antérieure et extérieure de la couche optique. Grâce à ces noyaux ganglionnaires, le plancher du ventricule latéral s'élève en forme d'énorme tubercule,

qui embrasse en avant et au dehors la couche optique. Ce tubercule est le *corps strié* (*s t* Fig. 33 et 34). Son extrémité sphéroïdale, située avant la couche optique, est la *tête* du corps strié ; la portion, plus effilée, qui entoure la circonférence extérieure de la couche optique, se nomme la *queue* (Schweif). La surface de ce corps, qui remplit, avec la couche optique, tout le plancher des ventricules latéraux, est couverte d'une couche assez épaisse de substance grise ; mais,

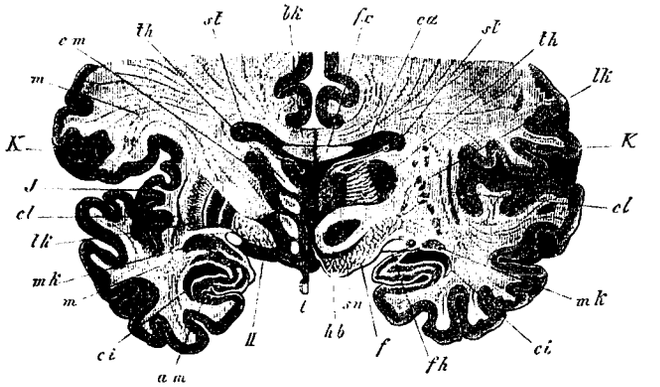


Fig. 35. Coupe transversale du cerveau de l'homme. Vue prise en arrière, dessinée en partie d'après Reichert. La portion supérieure du toit de l'hémisphère est supprimée. Du côté gauche, la section est faite dans la direction α, à droite dans la direction β de la fig. 32. A gauche, la section passe donc par la commissure médiane et l'hypophyse ; à droite, elle va plus en arrière, à travers la partie postérieure de la couche optique et le tubercule mamillaire. *bk* Corps calleux. *fx* Voûte. *ca* Corne antérieure du ventricule latéral. *st* Noyau du corps strié (noyau caudé). *th* Noyaux des couches optiques. (On distingue un noyau externe, un noyau interne, limitant le troisième ventricule, et un noyau supérieur.) *cm* Commissure moyenne. *K* Opercule de la fosse de Sylvius. *J* Lobe de l'insula. *m* Irradiations de la couronne de Reil. *lk* Noyau lenticulaire. (A gauche, on voit les trois fractions du noyau lenticulaire.) *cl* Avant-mur. Entre *cl* et le noyau lenticulaire se trouve la capsule externe de ce dernier noyau. *mk* Noyau de l'amygdale. *ci* Corne inférieure du ventricule latéral. *am* Section transversale de la corne d'Ammon. *II* Nerf optique. *t* Infundibulum et hypophyse. *f* Pied du pédoncule cérébral. *sn* Substance noire. *hb* Calotte avec le noyau rouge. *fh* Fente dans la corne postérieure du ventricule latéral : elle permet à un prolongement vasculaire de pénétrer dans ce dernier (fissura hippocampi).

toute la surface de la couche optique, qui fait saillie dans les ventricules latéraux, est revêtue d'un surtout blanc médullaire. La limite, qui sépare la couche optique et le corps strié, est marquée par une bande médullaire étroite : la *strie terminale* (stria cornea, Grenzstreif, *s c* Fig. 34). Les noyaux ganglionnaires du corps strié donnent naissance, chez les mammifères, à trois agglomérations, qui présentent une configuration caractéristique. L'une d'elles adhère

directement au revêtement gris du corps strié et s'appelle le *noyau caudé* (*s t* Fig. 35), parce qu'elle correspond à la configuration arquée, que présente ce tubercule à la périphérie de la couche optique. Ce noyau caudé, avec les masses médullaires qui commencent à se former au-dessous de lui, constitue le corps strié, pris au sens restreint. Un second noyau très-considérable, le *noyau lenticulaire* (*l k*), siège en dehors du précèdent. Sa section verticale offre un triangle : la pointe en est tournée vers le bord interne du corps strié, et la base s'étend au-dehors dans la moëlle des hémisphères. La substance grise du noyau lenticulaire est séparée par la moëlle intermédiaire en trois parties : deux externes rubanées et une interne triangulaire. En dehors du noyau lenticulaire, se trouve le troisième noyau du corps strié, sorte de strie étroite, également rubanée, qui embrasse la troisième portion du noyau lenticulaire : c'est le *noyau tœniforme*, ou bien, à cause de son voisinage de la surface cérébrale, l'*avant-mur* (Vormauer, claustrum) (*c l*) ; en bas de l'avant-mur, près de l'écorce de la base du cerveau, apparaît enfin un autre petit noyau, l'*amygdale* (*m k*) (1). Dans ces noyaux ganglionnaires des hémisphères pénètrent la plupart des fibres des pédoncules cérébraux, qui viennent d'en bas ; seulement, quelques unes semblent passer plus loin sous le corps strié, sans toucher ses masses grises. De ces noyaux ganglionnaires partent alors de nouveaux faisceaux de moëlle qui, prenant les directions les plus variées, rayonnent dans toute la circonférence du corps strié, vers l'écorce cérébrale. Ce dernier segment, décrit par le grand trajet des filets longitudinaux, qui commence avec les cordons de la moëlle épinière et se continue dans les cordons de la moëlle allongée, pour constituer les faisceaux des pédoncules cérébraux, est la *couronne radiée* ou *rayonnante de Reil* (corona radiata, *m*). Son groupement est essentiellement déterminé par les rapports, que nous avons étudiés précédemment et qui sont la base de développement des ventricules latéraux. Tandis que les prolongements des vaisseaux, qui ont pénétré dans ces ventricules, recouvrent le plancher, les fibres médullaires de la couronne de Reil, qui rayonnent au loin et sont la continuation du pédoncule cérébral, doivent se courber en arc et embrasser à leur périphérie les prolongements des vaisseaux, afin d'arriver à l'écorce.

1. Beaucoup d'anatomistes désignent, comme corps strié, seulement le noyau caudé ; ils n'y comprennent donc pas le noyau lenticulaire. D'après la forme de leurs cellules, l'avant-mur et l'amygdale ne devraient pas être considérés, comme des noyaux ganglionnaires proprement dits ; ils seraient, probablement, des parties corticales, séparées de l'écorce par une couche médullaire intermédiaire.

Le cerveau antérieur présente un dernier segment : les deux *bulbes olfactifs* ou les *circonvolutions olfactives*. Chez la plupart des poissons, ces bulbes sont gros : ils surpassent ou égalent souvent la circonférence de tout le reste du cerveau antérieur ; dans les classes supérieures des vertébrés, surtout des oiseaux, leur volume se réduit davantage ; mais, de nouveau, chez les mammifères inférieurs, leur grosseur est relativement considérable. (Comparer Fig. 17, 18, 28 et 33.) Alors, ils forment des circonvolutions particulières, qui émergent de la base du cerveau et dépassent plus ou moins, en avant, la portion frontale du cerveau antérieur. L'intérieur des circonvolutions olfactives renferme une cavité, qui communique avec les ventricules latéraux. Dans quelques ordres de mammifères, principalement de cétacés, et, à un moindre degré, chez les singes et l'homme, ces parties cérébrales sont rudimentaires, rapetissées au-dessous du cerveau frontal ; ce sont des productions claviformes qui, vers le milieu de la base du cerveau, tiennent à un maigre pédicule, à la *strie olfactive* (Fig. 31). La surface, qui sert ici d'origine à la strie olfactive, est le *champ olfactif* (Riechfeld) ; ou bien, sa structure cribriforme, qui résulte de la pénétration de petits vaisseaux, lui a fait donner le nom de *plaque perforée antérieure* (lamina perforata anterior, *s p* Fig 26 et 31).

Quand le cerveau antérieur acquiert un développement plus parfait, ses cavités intérieures ou les deux *ventricules latéraux* éprouvent des transformations importantes, par suite de l'accroissement de la masse des hémisphères, qui les couvre, ou de la présence de formations particulières, qui font saillie dans ses cavités. Puisque la vésicule des hémisphères, en recouvrant, comme d'une voûte, les cerveaux intermédiaire et moyen, se recourbe (fig. 22) simultanément en bas, avec son segment situé derrière la fosse de Sylvius, le ventricule latéral des mammifères possède *deux* prolongements ou *cornes* (cornua ventriculi lateralis) : l'une, antérieure, à paroi externe voûtée et l'autre, inférieure, dont l'extrémité se termine en pointe. En même temps que le cerveau-mère a été enveloppé par la vésicule des hémisphères (comme nous l'avons vu page 46), la fente de Monro ou l'ouverture primitive de communication de cette vésicule avec le troisième ventricule a suivi tout le mouvement de croissance de l'hémisphère. Pendant qu'elle s'infléchit également autour du tronc cérébral, d'abord en arrière et, ensuite, en bas, son extrémité, primitivement supérieure, coïncide avec la pointe de la corne inférieure. La partie de la fente, qui tombe de cette manière

sur la paroi antérieure de la corne inférieure, forme une fissure, laquelle est fermée par un prolongement de la membrane vasculaire du cerveau, qui pénètre dans la corne inférieure (*f h* Fig. 35) (1). La fente primitive de Monro reste donc ouverte à son début et à sa terminaison ; son milieu est obturé par des filets médullaires, qui appartiennent aux parties de la voûte et du corps calleux, que nous allons étudier en détail.

Dans le cerveau des *primates* (de l'homme et du singe), cette configuration des ventricules latéraux offre encore une particularité, qui se rattache au développement plus énergique de la portion occipitale des hémisphères. La paroi externe du ventricule latéral croissant fortement en arrière, avant de s'infléchir en bas, le ventricule se prolonge dans la même direction : à part les cornes supérieure et inférieure, il se produit ainsi une corne *postérieure* (*c p* Fig. 36). Comme

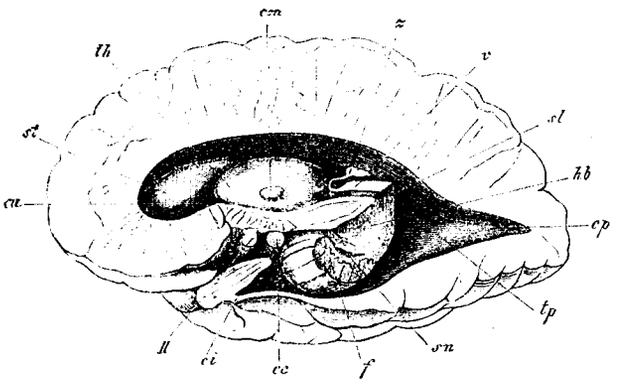


Fig. 36. Ventricule latéral droit du cerveau humain, vu par son côté médian. *ca* Cornes antérieure ; *cp* postérieure ; *ci* inférieure. *tp* Tapis du corps calleux. (Pour le reste, voir la fig. 30, page 66).

l'indique la forme extérieure du cerveau occipital, l'accroissement, qui était concentré en arrière, s'arrête et décrit brusquement un angle, pour se continuer en avant et en bas. Ce mouvement est bien exprimé par la forme de la corne postérieure, car celle-ci s'allonge beaucoup plus, que la corne inférieure et finit par une pointe aiguë. La corne

1 Cette fissure est la fissura hippocampi, dont nous parlerons encore tout à l'heure.

postérieure des singes est plus petite, que celle de l'homme. Les autres mammifères, les cétacés, par exemple, dotés d'hémisphères plus considérables, n'offrent, que des vestiges ou des ébauches de cet organe.

8. — Voûte et système des commissures.

A la limite antérieure de la fente primitive de Monro, les deux hémisphères sont soudés sur toute la longueur d'une ligne, nommée la *lamelle terminale* (*b d* Fig. 23, p. 54). Tandis que l'arc des hémisphères se renverse en arrière, autour de l'axe du cerveau intermédiaire, la lamelle terminale s'infléchit d'une manière analogue. La portion la plus inférieure et la plus antérieure de cette lamelle devient une bande de fibres transversales, qui, sous le nom de *commissure antérieure*, réunit les deux hémisphères (*k* même fig.) ; dans la suite de son parcours, ses deux moitiés médullaires se séparent et se convertissent, des deux côtés de la fente médiane, en faisceaux de fibres longitudinales, dirigées d'avant en arrière. Les oiseaux présentent déjà une ébauche de ces fibres longitudinales, qui sont plus fortement développées dans le cerveau des mammifères, où elles constituent la *voûte* (fornix). Solidement appliquées l'une contre l'autre en avant, les deux colonnes de la voûte divergent en arrière dans leur trajet, qui suit l'espèce de cintre formé par l'arc des hémisphères. Les fibres médullaires de son extrémité antérieure descendent jusqu'à la base du cerveau, où elles se joignent à la moëlle de deux formations sphéroïdales, des *tubercules blancs médullaires* ou *tubercules mamillaires*, qui sont directement visibles derrière le croisement des nerfs optiques (Fig. 32). Chez l'homme et le singe, les fibres de son extrémité postérieure se dispersent en deux faisceaux : le plus faible est situé sur la paroi interne de la corne postérieure ; le plus fort, sur la paroi interne de la corne inférieure du ventricule latéral. La saillie, qui en résulte dans la corne postérieure, est la *griffe aviculaire* (Vogelklaue, pes hippocampi minor, l'ergot de Morand) ; celle qui apparait dans la corne inférieure est la *corne d'Ammon* (pes hippocampi major, Fig. 38) (1). Cependant, d'autres parties, que nous étudierons tout à l'heure, contribuent à la génèse de ces proéminences. Chez les autres

1. Compar. Fig. 33, p. 72.

mammifères, qui n'offrent pas de corne postérieure et qui, naturellement, sont privés de griffe aviculaire, la masse entière des filets de la voûte se convertit en corne d'Ammon (1).

Au développement de la voûte semble intimément liée la naissance

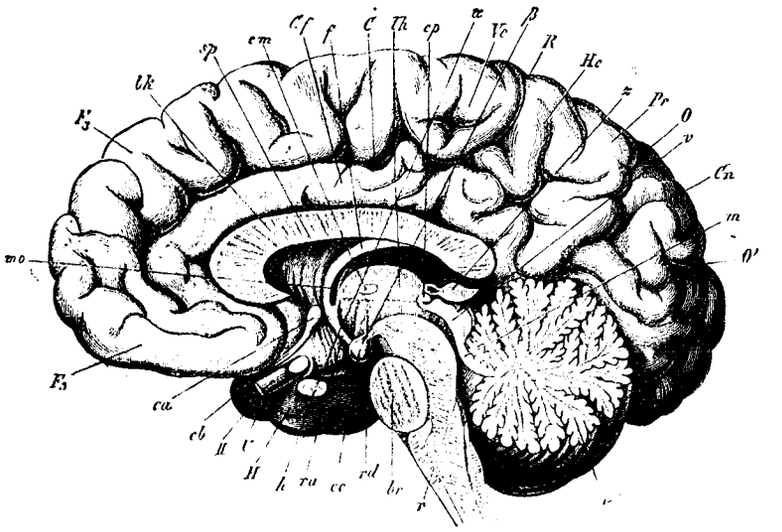


FIG. 37. Coupe médiane du cerveau humain. *bk* Corps calleux. *ca* Commissure antérieure. *cb* Commissure blanche du plancher. *sp* Cloison transparente. *mo* Fente de Monro. *cc* Tubercule mamillaire. *rd* Racines descendante ; *ra* ascendante de la voûte. *f* Voûte. (Pour le reste, voir fig. 32, p. 71).

d'un autre système de fibres, à direction transversale, à cet effet perpendiculaire, qui, à un degré encore plus élevé, caractérise exclusivement le cerveau des mammifères. Chez les monotrèmes et les marsupiaux, des fibres proviennent de la corne d'Ammon, recouvrent celles de la voûte, qui pénètrent dans cette corne ; et au-dessus du cerveau intermé-

1. Les singes possèdent-ils, comme l'homme, une corne postérieure du ventricule latéral et une corne d'Ammon ? Cette question a été l'occasion d'une dispute, passablement stérile, entre Huxley et Owen qui niait ces parties dans le cerveau simien. (Consultez Huxley, *Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur*, traduct. allemand. de Carus. Brunswick, 1863, p. 128.) Déjà, les plus anciens auteurs, qui ont étudié le cerveau simien, tels que Tiedemann (*Icones cerebri*, p. 54), dessinent la corne postérieure. Owen lui-même décrit, dans son *Anatomy of vertebrates*, vol. III, p. 120, qui est postérieure à cette controverse, le commencement de cette corne chez le dauphin. La griffe aviculaire est, d'après les démonstrations d'Huxley, analogue chez les singes anthropoïdes, mais la corne postérieure est plus faiblement développée, que chez l'homme.

diaire, elles se rendent à la moitié cérébrale opposée, pour s'enfoncer également dans la corne d'Ammon. Cette apparition de la commissure transversale des deux cornes d'Ammon est la première ébauche du *corps calleux*. Chez les mammifères implacentaires, où le corps calleux se borne de cette manière à une simple commissure transversale, située entre les deux cornes d'Ammon, la commissure antérieure est très-forte, comme chez les oiseaux, mais un espace libre la sépare du corps calleux. Chez les mammifères placentaires, d'autres tractus de fibres transversales vont à cette commissure et rayonnent dans le restant de la moëlle des hémisphères. Ils se développent d'abord à l'extrémité antérieure du futur corps calleux ; c'est pourquoi, l'évolution de celui-ci progresse d'avant en arrière (1). En même temps, la commissure antérieure est moins forte et une mince lamelle médullaire, également transversale, l'unit à l'extrémité antérieure, au *bec* ou *rostrum* du corps calleux (Fig. 37 *c a*). Cette union de la commissure antérieure avec le rostrum du corps calleux ferme, en avant, la scissure longitudinale du cerveau. Mais, entre l'extrémité postérieure, large du corps calleux ou son *bourrelet* (splénium) et la face supérieure du cervelet, existe un étroit passage, qui permet au troisième ventricule de déboucher au dehors (dans la fig. 37, ce passage est représenté par une partie sombre, entre la glande pinéale et le bourrelet du corps calleux). Des deux côtés, il se convertit en fentes étroites, qui conduisent dans

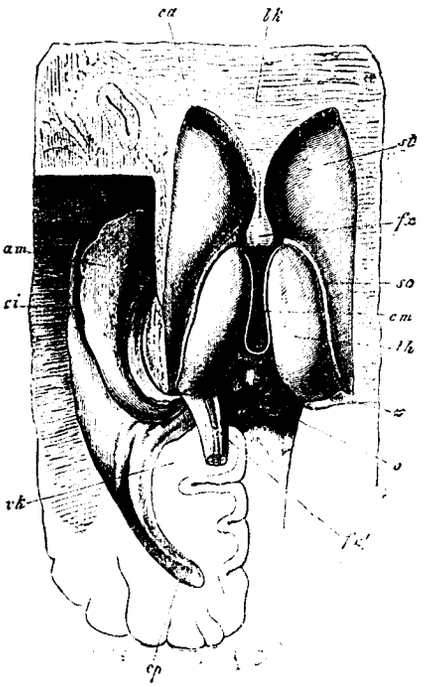


FIG. 38. Ventricule latéral et ganglions cérébraux de l'homme. *fx* Partie antérieure sectionnée de la voûte ; *fx'* sa partie postérieure rabattue. *cp* Cornes postérieure du ventricule latéral ; *ci* inférieure. *vk* Ergot de Morand (pes hippocampi minor). *am* Corne d'Ammon. (Pour le reste, voir la fig. 34, p. 73).

1. Reichert, *Bau des menschl. Gehirns*, II, p. 63. — Mihalkovics, *Entwicklungsgeschichte des Gehirns*, p. 124 et suiv.

les ventricules latéraux : c'est le reste de cette déchirure antérieure du toit, qui fait pénétrer les prolongements des membranes vasculaires dans les trois ventricules antérieurs du cerveau (voir p. 45).

La commissure d'Ammon de la plupart des mammifères constitue, encore, une portion relativement considérable du corps calleux, tout entier (*b k* fig. 39 *A*). Le cerveau occipital de ces animaux étant peu

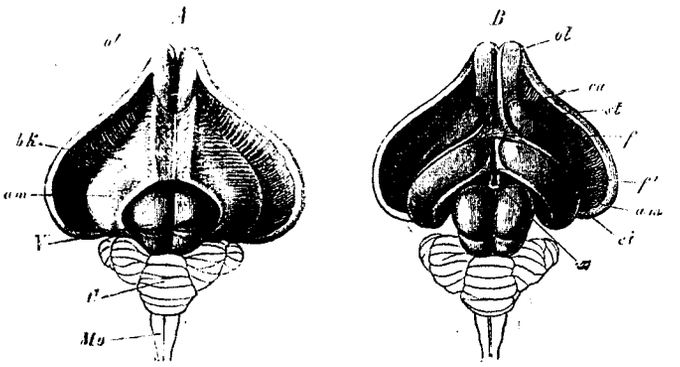


Fig. 39. Anatomie du cerveau du lapin. En *A*, le toit des hémisphères est renversé, pour laisser voir complétement le corps calleux En *B*, les ventricules latéraux sont ouverts, par suite de l'ablation du corps calleux. *Mo* Moëlle allongée. *C* Cervelet. *V* Tubercules quadrijumeaux. *z* Glande pinéale. (En *B*, on aperçoit, à côté de *z*, le commencement de la couche optique, qui est recouvert par les cornes d'Ammon.) *am* Corne d'Ammon. *bk* Corps calleux. (En avant de la ligne *bk*, se trouve la partie du corps calleux, passant dans la moëlle des hémisphères et montrant son croisement de filets avec les faisceaux de la couronne de Reil ; derrière *bk* commence la commissure d'Ammon) *ol* Bulbe olfactif. *ca* Corne antérieure du ventricule latéral ; *ci* sa corne inférieure. *st* Corps strié. *f* Partie antérieure ; *f'* postérieure de la voûte.

développé, la corne postérieure du ventricule latéral est absente ; et simultanément, les ganglions cérébraux antérieurs, les couches optiques, les corps striés ont un volume très-faible : aussi, la corne d'Ammon avance-t-elle jusqu'à l'origine de la voûte. Celle-ci, se séparant de chaque côté, forme deux divisions, dont l'une embrasse en avant et l'autre, en arrière, la corne d'Ammon (*f* et *f'* fig, 39 *B*) (1).

Entre le corps calleux et les pédoncules de la voûte, qui s'engagent au-dessous de lui, s'étendent deux lamelles médullaires, minces, verticales, les *cloisons transparentes* (*s p* fig. 37), qui sont séparées par un espace fissuré, étroit. Conjointement avec la voûte, ces cloisons effectuent l'occlusion des ventricules latéraux à l'intérieur ; seulement, le

1. Dans le cerveau de l'homme, cette partie du corps calleux, qui unit les deux cornes d'Ammon, s'appelle la *lyre* (psaltérium).

début de la fente de Monro persiste derrière le commencement antérieur des cuisses ou pédoncules de la voûte et constitue l'ouverture, nommée ordinairement le trou de Monro (*m o* Fig. 37). Entre les deux moitiés latérales de la cloison transparente, il existe encore un espace

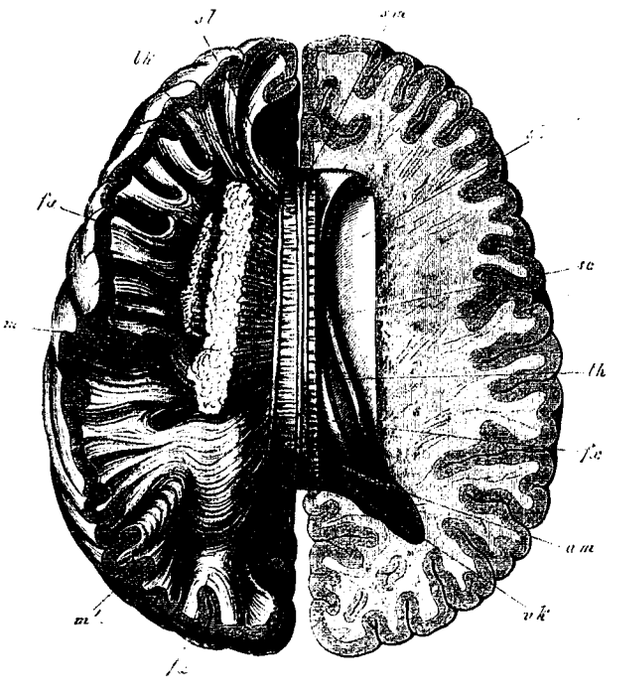


Fig. 40. Corps calleux et ventricules latéraux de l'homme. A gauche, le toit de l'hémisphère étant enlevé sur une grande étendue, la partie médiane du corps calleux est mise à nu et les divisions de ses filets dans la moelle de l'hémisphère sont visibles. Une section pratiquée à droite a ouvert, par en haut, le ventricule latéral. *bk* Corps calleux. *sm* Strie longitudinale médiane ou suture du corps calleux (stria media). *sl* Strie longitudinale latérale ou tœnia tecta, appartenant au gyrus fornicatus. *m* Croisement de l'irradiation du corps calleux avec les fibrilles de la couronne de Reil. *m'* Partie postérieure, non croisée, de l'irradiation du corps calleux. (En *m'*, cette partie se renverse en bas, pour former la paroi externe de la corne postérieure, le tapis du corps calleux (*tp* fig. 36).) *fa* Filets arciformes (fibræ arcuatæ), qui unissent ensemble les parties corticales des circonvolutions voisines. *st* Corps strié. *sc* Stria cornea. *th* Couches optiques (presque entièrement recouvertes par les parties suivantes). *fx* Voûte. *am* Corne d'Ammon. *rk* Ergot de Morand.

creux, fissuré, le ventriculus septi lucidi, qui communique en bas avec le troisième ventricule. Les irradiations du corps calleux forment le toit et une partie de la paroi externe des ventricules latéraux du cerveau.

Elles entourent, comme d'une capsule extérieure, la surface externe du noyau lenticulaire ; et, dans leur trajet vers l'écorce cérébrale, lieu de leur terminaison, elles se croisent partout avec les filets de la couronne de Reil, excepté dans leur segment postérieur, qui appartient aux cornes d'Ammon et à leur entourage. Dans ces derniers organes, il ne pénètre aucun filet de la couronne de Reil ; par conséquent, il ne peut y avoir aucun croisement avec ces filets. Chez les mammifères inférieurs, ce segment postérieur du corps calleux persiste à l'état de pure commissure des cornes d'Ammon (fig. 39 *A*). Mais, chez les primates, il se sépare de nouveau en deux parties : l'interne passe dans la corne d'Ammon et l'ergot de Morand (*a m* et *v k* fig. 38) ; l'externe se renverse en bas, avant les filets de la couronne radiée qui vont à l'écorce du cerveau occipital (*m'* fig. 40), constitue la paroi externe de la corne postérieure du ventricule latéral, et s'appelle alors le *tapis du corps calleux* (*t p* fig. 36).

La même direction, que prend la voûte (ce tractus fibreux, provenant de la lamelle antérieure terminale de la fente de Monro), est suivie, quand l'arc des hémisphères recouvre le cerveau-mère, par la portion de la paroi des hémisphères, qui est située directement avant cette lamelle terminale. Tandis que la voûte, à cause de son adhérence primitive, n'est pas revêtue d'écorce grise, cette portion de la paroi des hémisphères, primitivement non adhérente et qui, plus tard, par suite du recouvrement des hémisphères, arrive à se trouver au-dessus de la voûte, a sa face médiane tapissée d'écorce. Après que le corps calleux a fait, pour ainsi dire, irruption, cette portion de la paroi des hémisphères est séparée de la voûte par le corps calleux et forme alors une circonvolution cérébrale longitudinale, recouvrant le corps calleux et nommée la *circonvolution arquée* ou la *virole* (Bogenwindung, Zwinge, gyrus fornicatus, cingulum *G f* fig. 37). Chez ces mammifères, qui ont la partie frontale du cerveau antérieur relativement peu développée et le gyrus fornicatus très-accusé, le début de cette portion de la paroi apparaît en avant, directement derrière la base de la strie olfactive. En arrière, la circonvolution arquée, qui s'est déjà enroulée autour du corps calleux, se montre également à la base du cerveau ; elle s'y convertit en une circonvolution, située derrière la scissure de Sylvius et limitant la fente médiane : c'est la *circonvolution d'Ammon* ou gyrus hippocampi, qui forme la paroi externe de la corne d'Ammon (*H* fig. 37). A la limite du corps calleux cesse la plaque corticale ; la face inférieure du gyrus fornicatus, qui regarde le corps calleux, est donc purement médullaire. Seule-

ment, le segment postérieur de cette circonvolution a conservé une strie de substance grise, délicate, isolée du reste de l'écorce et nommée le *fasciola cinerea*, qui couvre directement le corps calleux (*fc* fig. 41).

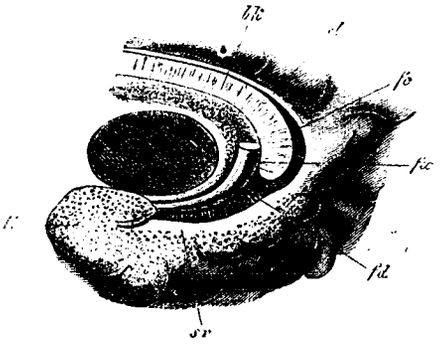


Fig. 41. La circonvolution d'Ammon avec les parties du corps calleux et de la voûte, qui l'avoisinent, chez l'homme. *bk* Corps calleux. *sl* Tœnia tecta. *fc* Fasciola cinerea. *f d* Fascia dentata, prolongement du fasciola cinerea. *fr* Extrémité inférieure de la voûte. *H* Circonvolution d'Ammon (lobus hippocampi). *sr* Substantia reticularis alba.

Les fibres blanches longitudinales de la circonvolution arquée, sur lesquelles repose le fasciola cinerea, sont, durant tout leur parcours, séparées du restant de la moëlle. Aussi, en les détachant du corps calleux avec le fasciola cinerea, qui les recouvre dans leur segment postérieur, on voit, qu'elles sont étendues sur le corps calleux et présentent l'aspect d'une strie blanche médullaire, appelée *tœnia tecta* (*sl* fig. 40 et 41). La séparation du tœnia tecta et du fasciola cinerea, d'avec le restant des substances médullaire et corticale du gyrus fornicatus signifie, que ces formations sont toujours distinctes, isolées, alors même que la circonvolution arquée passe dans la circonvolution d'Ammon (1). La moëlle et l'écorce de la circonvolution arquée se convertissent directement en moëlle et écorce de la circonvolution d'hippocampe, si bien que toutes deux constituent une circonvolution unique, dont les deux parties se distinguent de la façon suivante : à sa face inférieure, tournée vers le corps calleux, le gyrus fornicatus n'est pas couvert d'écorce ; mais, à son passage dans le gyrus hippocampi, l'écorce se répand de nouveau sur la surface tout entière. Au point, où la circonvolution arquée abandonne le bourrelet du corps calleux, pour devenir le gyrus hippocampi, et où, par conséquent, l'écorce, qui jusqu'alors tapissait seulement la surface interne, s'étend à la surface inférieure, le tœnia tecta se détache du reste de moëlle appartenant à la circonvolution, attendu qu'il se trouve placé sur la surface de l'écorce du gyrus hippocampi. C'est pourquoi, le fasciola cinerea, qui revêt en bas le tœnia tecta, doit

1 La strie longitudinale médiane (*sm* fig. 40), qui forme la suture du corps calleux, ne doit pas être comprise dans le gyrus fornicatus, mais dans le corps calleux lui-même.

se séparer du reste de l'écorce ; car, le tœnia tecta s'étale entre les deux. En cet endroit, l'écorce cérébrale est donc tapissée d'une couche blanche médullaire, et celle-ci est de nouveau revêtue d'écorce grise ; ces couches, les plus superficielles, qui proviennent du tœnia tecta et du fasciola cinerea sont ainsi localement limitées, puisqu'elles recouvrent seulement le gyrus hippocampi et, même, d'une façon incomplète. Toutes deux se comportent différemment dans leur parcours. La moëlle du tœnia tecta se répand sur l'écorce tout entière du gyrus hippocampi, comme une couche perforée, réticulaire, très-mince ; cette sorte de stratum réticulaire du gyrus hippocampi constitue l'unique expansion de moëlle blanche à la surface corticale des hémisphères (*s r* fig. 41, *H* fig. 31). Le fasciola cinerea garde son aspect rubané ; il ne tapisse pas toute l'irradiation médullaire du tœnia tecta, mais seulement le point qui se trouve dans le sillon, limitant en dedans le gyrus hippocampi ; la configuration extérieure, qu'il présente en cet endroit de son trajet, lui a fait donner le nom de *fascia dentata* (*f d* fig. 41). Ce sillon, qui borne en dedans le gyrus hippocampi, s'avance en saillie dans la corne inférieure du ventricule latéral, sous forme de *corne d'Ammon*. Le développement de cette corne, à laquelle contribuent, comme nous l'avons dit plus haut, les fibres de la voûte et du corps calleux, est ainsi complété par la part, qu'y prennent les divers segments de la circonvolution arquée. La plaque médullaire, qui couvre la surface du ventricule de la corne d'Ammon, est formée par les filets de la voûte et du corps calleux (fig. 42). Par conséquent, la première couche grise est l'écorce du gyrus hippocampi (*r*) ; en dehors d'elle, se présente, comme deuxième couche médullaire, le prolongement du tœnia tecta ou la substance réticulaire (*H*), répandue sur l'écorce du gyrus hippocampi ; et après, l'on voit enfin une deuxième couche grise, le fascia dentata ou la continuation du fasciola cinerea (*fd*). Ce dernier ne s'étend, comme il a été dit, que dans le sillon correspondant à la corne d'Ammon. Dans ce sillon, la couche de substance réticulaire trouve en même temps sa

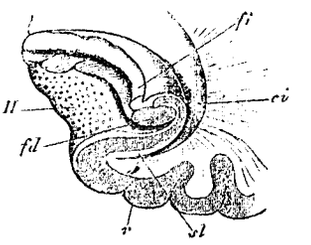


Fig. 42. Coupe transversale de la circonvolution d'Ammon et de la corne d'Ammon, chez l'homme. *ci* Corne inférieure du ventricule latéral. *r* Ecorce grise du lobe d'hippocampe. *H* Lobe d'hippocampe ou circonvolution en crochet avec la substance réticulaire blanche. *fd* Couche grise externe de la corne d'Ammon (fascia dentata). *sl* Surtout blanc interne de la corne d'Ammon, prolongement de la strie longitudinale. *fi* Frange renversée de cette couche (fimbria).

limite interne, au point où le feuillet gris du fascia dentata est en connexion avec l'écorce du gyrus hippocampi ; et alors, les deux couches grises, qui remplissent la corne d'Ammon, passent l'une dans l'autre. Justement, à l'endroit où s'opère ce passage, le surtout médullaire interne de la corne d'Ammon se termine par un rebord libre et rabattu, le *corps frangé* (fimbria *fi*) (1).

9. — Développement de la forme extérieure du cerveau.

Dans le cours de son évolution, le cerveau organise successivement les diverses parties, que nous venons d'étudier. Mais sa configuration extérieure éprouve des modifications, qui aboutissent à des formations toujours plus compliquées, et dont le résultat final dépend, soit du degré de développement, atteint par le cerveau, soit de l'accroissement relatif des diverses parties, qui le composent. Chez les vertébrés les plus inférieurs, il s'écarte peu de cette forme embryonnaire, si simple, qui apparaît avec la séparation de la vésicule primitive cérébrale en ses cinq divisions. Presque toutes les variétés de forme tiennent alors à la grosseur relative de ces divisions et subissent, en outre, l'influence occasionnée par le développement des bulbes olfactifs, qui émanent du cerveau antérieur. On remarque, déjà, une configuration bien plus complexe, dès que les formations du manteau commencent à envelopper le tronc cérébral. Le recouvrement des lobi optici et du cervelet par les hémisphères du cerveau, celui de la moëlle allongée par le cervelet, le degré de courbure de la tête engendrent de nouvelles particularités de forme, auxquelles s'associent la configuration extérieure des hémisphères, le développement ou l'absence des parties latérales du cervelet, la présence, qui s'y rattache, de certains tissus nucléaires, tels que les olives sur la moëlle allongée et l'évolution d'un pont de Varole. Sur

1. Si l'on compare, par conséquent, la corne d'Ammon avec la deuxième éminence du ventricule latéral, sur laquelle s'étendent les filets de la voûte, avec l'ergot de Morand dans la corne postérieure (page 78), ces deux formations sont analogues. Car, elles proviennent des plissements de la surface cérébrale, qui apparaissent au dehors comme des sillons, en dedans comme des éminences ; et le revêtement médullaire de ces éminences est constitué par les filets de la voûte et du corps calleux. Tandis que l'ergot de Morand, ainsi réduit, ne se compose que de deux couches, l'une interne, blanche et l'autre externe, grise, dans la corne d'Ammon la dépression, formée par le plissement de la surface cérébrale, est comblée par le prolongement du tœnia tecta et du fascia dentata : il y a alors quatre couches, deux blanches et deux grises.

tous les cerveaux des mammifères, le point, où l'hémisphère du cerveau repose primitivement sur le tronc cérébral, est marqué par la fosse de Sylvius (page 53, fig. 22). Par suite de leur accroissement, les bords de cette fosse arrivent à la rencontre l'un de l'autre ; c'est pourquoi, cette fosse se convertit, chez tous les mammifères supérieurs, en une fente profonde ou *scissure de Sylvius*. Celle-ci est ordinairement oblique d'arrière en avant et de haut en bas ; sa direction s'écarte davantage de la verticale, à mesure que le cerveau occipital se développe plus fortement et recouvre les parties situées en arrière (fig. 43).

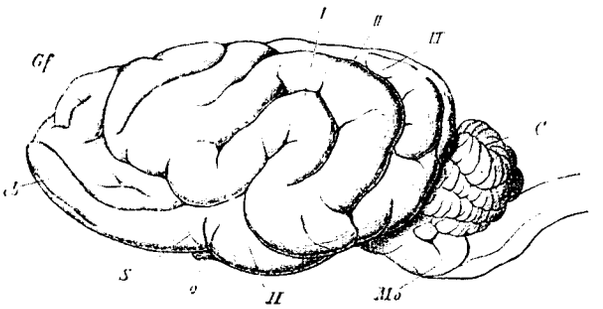


FIG. 43. Vue latérale d'un cerveau de chien. *Mo* Moelle allongée. *C* Cervelet. *S* Fente de Sylvius. *ob* Lobe olfactif. *Gf* Gyrus fornicatus, derrière le lobe olfactif et allant à la surface du cerveau. *H* Circonvolution d'Ammon (lobus hippocampi). *o* Nerf optique. *I, II, III.* Première, deuxième et troisième circonvolutions typiques du cerveau des carnivores.

Dans l'ordre le plus élevé des mammifères, chez les *primates*, cette scissure présente une configuration particulière. Déjà, au début de la vie embryonnaire de ces animaux, la fosse, qui résulte de l'enveloppement du cerveau-mère par les hémisphères, ressemble, par suite du développement simultané des cerveaux frontal et occipital, presque à un triangle, à base tournée en haut. La fosse se ferme, parce que ses bords la recouvrent en avant, en haut et en arrière : c'est alors une fente, qui se bifurque (*S* fig. 44), avec une branche antérieure et une branche postérieure (s_1 et s_2) (comparer fig. 47). La portion d'hémisphère (*K*), placée entre les deux fourches de la fente et recouvrant en haut la fosse primitive, s'appelle l'*opercule*. En refoulant l'opercule, on voit, que le plancher de la fosse de Sylvius, situé au-dessous de lui, est voûté ; et, comme le reste de la surface de l'hémisphère, il est divisé, par des sillons, en un certain nombre de circonvolutions. Le segment cérébral, qui est ainsi isolé et dissimulé à

cause de sa situation spéciale, se nomme le *lobe caché* ou l'*insula de Reil* (fig. 35, *J*, page 74). On utilise généralement les deux branches de la scissure de Sylvius, pour séparer en diverses régions les hémisphères du cerveau des primates. La partie, située en avant de la branche antérieure, est le *lobe frontal* (*F* fig. 44) : l'espace, compris

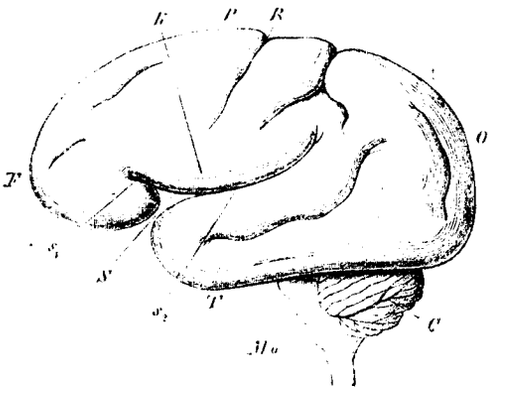


Fig. 44. Cerveau d'un fœtus humain de sept mois, vu par sa face latérale. *Mo* Moëlle allongée. *C* Cervelet. *S* Fente de Sylvius ; s_1 sa branche antérieure; s_2 postérieure. *K* Opercule. *R* Scissure de Rolando. *F* Lobes frontal ; *P* pariétal ; *O* occipital ; *T* temporal.

entre les deux branches, le *lobe pariétal* (*P*) ; la région, placée derrière la scissure de Sylvius, le *lobe occipital* (*O*) ; et la portion cérébrale, au-dessous de la précédente, le *lobe temporal* (*T*). A la convexité du cerveau, ces lobes passent, sans limites précises, de l'un à l'autre.

La scissure de Sylvius sépare toute la surface extérieure des hémisphères en plusieurs segments : de même, quelques parties du cerveau sont séparées de leur entourage par des sillons ou des fissures. Ainsi, le tractus de filets longitudinaux ou le gyrus fornicatus, passant d'avant en arrière au-dessus du corps calleux et, ensuite, autour du bourrelet de ce dernier, pour se rendre à la face inférieure du cerveau, se révèle ordinairement par des sillons, qui isolent ce tractus des parties environnantes (fig. 37 *G f*). On voit, principalement à la surface médiane de l'hémisphère de tous les mammifères, le rebord, que forme le recouvrement de la partie interne du gyrus fornicatus, en se renversant dans la corne inférieure du ventricule latéral (fissura hippocampi fig. 35 *f h*) ; chez la plupart de ces animaux, le gyrus fornicatus, durant son trajet au-dessus du corps calleux, est encore limité en haut par un

sillon longitudinal (sulcus calloso-marginalis *C* fig. 37). Également, à la base du cerveau antérieur, le bulbe olfactif ou la circonvolution olfactive est presque toujours isolée au-dedans et au-dehors par des sillons (sulcus ento-et ectorhinalis), qui, d'ailleurs, sur le cerveau humain, se réunissent, pour n'en former qu'un seul (*s r* fig. 31). Toutes ces fentes et sillons ont donc pour origine, soit l'accroissement des hémisphères autour de leur point d'attache au cerveau intermédiaire (fissura Sylvi), soit l'oblitération de la fente externe de la corne inférieure (fissura hippocampi), ou bien, le trajet de certains faisceaux médullaires, qui se montrent à la face médiane et inférieure des hémisphères (fissura calloso-marginalis, ento-et ectorhinalis). Comme les rapports fondamentaux de structure sont spéciaux à tous les mammifères, dès que ces dépressions apparaissent, leur présence est ordinairement constante. D'autres sillons, qui donnent au manteau cérébral des mammifères supérieurs un aspect diversement plissé, offrent moins d'uniformité. Ces sillons divisent la surface du cervelet et du cerveau en nombreuses circonvolutions (gyri). Celles-ci forment sur le cervelet des bandes délicates, dirigées, la plupart du temps, transversalement, mais perpendiculairement au noyau médullaire, et sont disposées, en général, d'une façon régulière. Or, toutes les fois que, sur le cerveau, les circonvolutions ressemblent, en quelque sorte, aux circonvolutions intestinales, elles ne paraissent pas suivre rigoureusement une loi déterminée. Tous ces plissements de la surface cérébrale ont, évidemment, pour origine commune, les divers rapports d'accroissement de l'écorce du cerveau et de l'irradiation médullaire, qui la pénètre. Si l'écorce, avec la couche médullaire, qu'elle recouvre directement, croit relativement avec plus de rapidité, que la partie plus centrale de l'irradiation médullaire, la surface cérébrale sera disposée sous forme de plis, puisqu'elle se déroule d'une façon analogue à un ruban, tourné dans le sens opposé de la bande, autour de laquelle il est enroulé. L'*axe d'enroulement*, pour les plissements de la surface cérébrale, sera donc une ligne qui, passant dans la direction des plis, traversera le noyau médullaire ; autour de cette ligne, on devrait enrouler le manteau cérébral, pour que sa surface inégale se convertisse en une surface unie. Si les plis cheminent dans une direction différente, il faudra nécessairement admettre plusieurs axes, autour desquels le manteau cérébral devrait être enroulé successivement, si l'on veut, qu'il soit uni.

Le *plissement de la surface du cervelet* offre la configuration la plus

simple, chez les oiseaux, dont le cervelet n'a point de parties latérales ; aussi, vu d'en haut, cet organe ressemble-t-il à une formation impaire, sphéroïdale ou ovalaire. Sa surface est disposée en plis transversaux, presque circulaires ou elliptiques, coupés par un axe transversal, passant au centre d'une sphère ou d'un ovoïde. Cet axe est donc, dans ce cas, l'axe commun d'enroulement de tous les plis, qu'on voit à la surface (fig. 28, page 64). Si l'on pratique, sur le cervelet, une coupe perpendiculaire à la direction de cet axe, on voit, que la profondeur des sillons, qui séparent les diverses éminences, est variable, puisque un groupe de deux ou trois bandes, ou rubans, écartées l'une de l'autre par des sillons superficiels, est isolé de son entourage par des sillons bien plus accusés (fig. 20 *B*, page 48). Chez les mammifères, le plissement est très-complexe : un grand nombre d'éminences, en forme de bandes, constituent, par leur ensemble, un groupe séparé par des sillons profonds ; souvent, plusieurs de ces groupes, limités par des scissures isolantes, offrent l'aspect de lobes volumineux. De cette manière, la plupart des circonvolutions se trouvent au fond des grands plis ; et, seules, les lamelles terminales apparaissent à la surface. Des coupes anatomiques nous montrent cet arbre chargé de rameaux, de feuilles et nommé par les anciens l'*arbre de vie* (fig. 37 *W*). D'ailleurs, à part la portion médiane ou le vermis, des moitiés latérales symétriques et considérables font saillie. Lorsque, chez l'homme, par exemple, ces moitiés latérales présentent des circonvolutions, disposées d'une façon relativement régulière, celles-ci sont particulièrement dirigées dans le sens transversal. Cependant, vers le bord antérieur et postérieur, les circonvolutions abandonnent cette direction et se convertissent graduellement en arcs obliques et même longitudinaux, qui convergent vers ce point, où les parties latérales reposent sur le vermis (fig. 29, page 65). Chez beaucoup de mammifères, surtout dans les parties latérales, le trajet des plissements, qui ne suivent plus une règle déterminée, offre de grandes déviations ; celles-ci s'observent particulièrement sur les cervelets, très-riches en circonvolutions. Même le cervelet de l'homme a quelques-unes de ses régions (1), isolées par de fortes scissures, et où le cours des circonvolutions s'écarte, plus ou moins, de la

1. Nous mentionnerons particulièrement le *flocculus* ou lobule du pneumogastrique (*fl* fig. 31), petite excroissance penniforme, située au bord postérieur du pédoncule du pont de Varole et la *tonsille* (*to* fig. 31), bourrelet ovoïde, recouvrant la moëlle allongée et placé entre le vermis inférieur et les parties latérales.

règle générale. Cette conduite dépend probablement des rapports spéciaux, qui sont inhérents au trajet des fibres et qui modifient la loi générale d'accroissement. Néanmoins, la configuration de la surface est compliquée; car, comme pour les ramifications de l'arbre de vie, nous pouvons distinguer des plis de premier, de deuxième et, même, de troisième ordre (fig. 37).

Seule, la classe la plus élevée des vertébrés a la *surface du cerveau*, augmentée par des plissements. Les sillons, les circonvolutions, déjà cités (fente de Sylvius, sillon d'hippocampe, etc.), appartiennent encore aux ordres les plus inférieurs des mammifères, mais n'ont pas, pour origine, les mêmes causes, que les autres formations de plis. Dès leur apparition, les plissements suivent, depuis les mammifères jusqu'aux primates, essentiellement la même règle. Tous les sillons et circonvolutions, qui s'étendent vers la limite postérieure du cerveau, cheminent d'avant en arrière, ont par conséquent une direction presque longitudinale ; souvent, ils sont en même temps recourbés en arc, autour de la scissure de Sylvius. (Comparer fig. 43, page 87, *I, II, III.*) Comme les hémisphères recouvrent d'avant en arrière le tronc cérébral, de même, sur une partie de leur surface, les circonvolutions sont dirigées d'avant en arrière et simultanément infléchies, autour du point d'attache au cerveau intermédiaire, dans le même sens, où se produit l'enveloppement. Le degré de cette incurvation est déterminé par la profondeur et l'extension de la fosse ou scissure de Sylvius. Le nombre des plis longitudinaux, que nous avons ainsi remarqués à la surface du cerveau, varie ordinairement entre *deux* et *cinq*. Souvent, quelques plis, en un certain endroit de leur parcours, s'anastomosent avec un pli voisin ; très-fréquemment, ils s'adjoignent des plis secondaires, moins accusés, qui croisent la première direction. De cette manière, prennent naissance des entrelacements irréguliers, qui masquent plus ou moins cette loi de leur parcours. Tout autre est la formation des plis à la partie *antérieure* du cerveau. Un peu en avant de la scissure de Sylvius, le tractus longitudinal de la circonvolution se convertit, graduellement ou brusquement, en tractus presque *transversal;* et, en même temps, les sillons transversaux, qui apparaissent, présentent souvent, vers la scissure de Sylvius, une forme rayonnée (fig. 45, série supérieure). Ce développement de sillons, à la partie antérieure du cerveau, tient à ce que, chez tous les mammifères, à l'exception des cétacés et des primates, par conséquent de ces ordres, où les circonvolutions olfactives sont plus ou moins rudimentaires, la *cir-*

convolution arquée se montre à la surface de la partie antérieure du cerveau. En cet endroit, un sillon transversal ou oblique la sépare des circonvolutions, placées en arrière : en avant, elle se rend directement

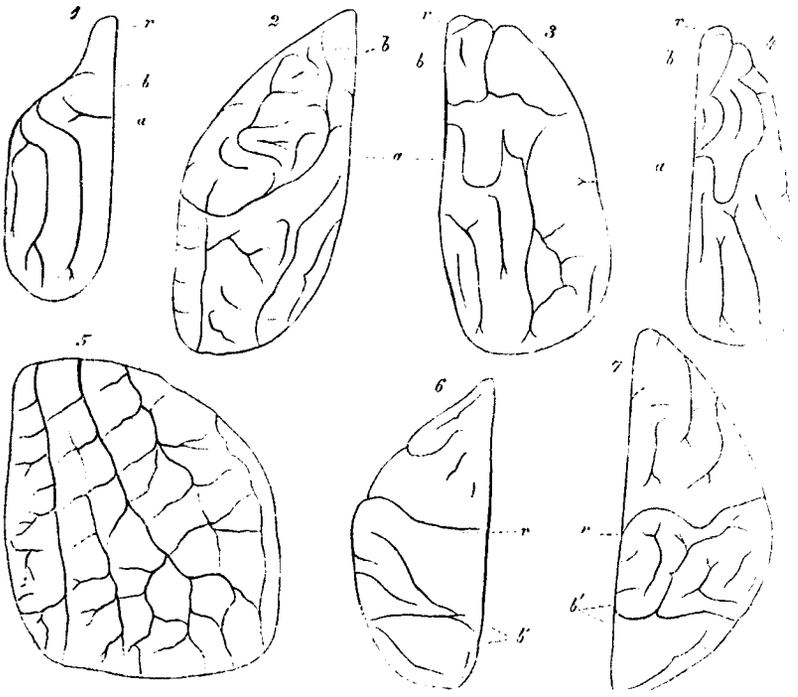


FIG. 45. Cerveaux de divers mammifères, vus par en haut. Esquisse destinée à montrer le trajet des sillons. (Le cerveau n° 6 est dessiné d'après Gratiolet; et les autres cerveaux, d'après nature.) *1* Chien ($^3/_5$ de grandeur naturelle). *2* Veau ($^1/_9$). *3* Brebis ($^2/_3$). *4* Porc ($^2/_3$). *5* Dauphin ($^1/_4$). *6* Cercopithecus sabœus ($^2/_3$). *7* Chimpanzé ($^1/_9$) La série supérieure donne le type habituel des plissements, et l'inférieure (cétacés et primates), un type différent. Dans *1–4*, *a* désigne la limite approximative, à partir de laquelle domine en avant la direction transversale des plis, et en arrière, leur direction longitudinale. *b* Circonvolutions arquée ; *r* olfactive. Dans le cerveau n° 5, la direction longitudinale des plis règne sur toute la surface; mais, à la partie occipitale, des plis secondaires impriment aux sillons une disposition réticulée. Dans les cerveaux n^{os} *6* et *7*, *r* (la fente de Rolando) marque la limite, d'où prédomine en avant la direction longitudinale des plis, et, en arrière, leur direction transversale. *b'* Portion de la circonvolution arquée (coin et avant-coin) allant à la surface cérébrale.

dans la circonvolution olfactive, dont elle est isolée par un sillon transversal, qui très souvent est plus superficiel (fig. 43, *Gf*). Le point, où apparaît la circonvolution arquée, se trouve parfois très-rapproché de la limite antérieure du cerveau : chez les carnivores, cette circonvolu-

tion est si fortement développée en largeur, qu'elle occupe entièrement, avec l'olfactive, la place correspondante au cerveau frontal. Dans d'autres cas, ce point est situé plus en arrière ; alors, la partie libre de la circonvolution arquée est ordinairement plus développée en longueur, qu'en largeur ; c'est pourquoi, elle remplit seulement un espace étroit, situé à côté de la portion antérieure de la scissure longitudinale. Les plis, provenant de la présence des circonvolutions arquée et olfactive, sont dirigés transversalement ; mais, les autres sillons, qui s'étendent sur cette partie antérieure du cerveau, cheminent également dans le sens transversal. Alors, les mêmes plis, qui à la surface occipitale possèdent une direction longitudinale, peuvent s'infléchir en avant dans le sens transversal ; ou bien, les sillons longitudinaux peuvent être brusquement interrompus et remplacés par des sillons transverses. Un exemple frappant (fig. 45, *1*), appartenant au premier type, nous est offert par le cerveau des carnivores, qui se distingue par la régularité symétrique de ses circonvolutions. La plupart des autres cerveaux des mammifères, qui sont plus riches en circonvolutions, suivent le deuxième type ; d'ailleurs, quelques sillons longitudinaux se prolongent souvent dans les sillons tranverses. Très-fréquemment, *deux* sillons principaux, parfaitement indépendants ou passant en arrière dans les sillons longitudinaux, parcourent transversalement la partie frontale du cerveau ; il faut encore y ajouter le sillon postérieur, limitatif de la circonvolution arquée, ainsi que le sillon placé entre les circonvolutions arquée et olfactive. C'est pourquoi, le nombre total des sillons transverses antérieurs atteint souvent le chiffre de *quatre* (fig. 45, *3* et *4*).

Les plis longitudinaux et transverses ne sont visibles, ordinairement, qu'à la face supérieure et externe des hémisphères. La base du cerveau est entièrement occupée par les sillons et circonvolutions, dont nous avons déjà parlé, à savoir, en avant par la circonvolution olfactive, en arrière par le lobe d'hippocampe (fig. 43, *ob*, *II*) ; on y aperçoit encore une bordure mince, qui appartient aux circonvolutions les plus extérieures de la surface cérébrale. Une coupe médiane montre, que la surface de la plupart des cerveaux est complètement recouverte par la circonvolution arquée et ses prolongements : en arrière dans le lobe d'hippocampe, en avant dans la circonvolution olfactive. Lorsque ces formations sont bien moins accusées, comme dans le cerveau des cétacés, du singe et de l'homme, les tractus de circonvolution de la surface apparaissent encore partiellement. Sous d'autres rapports, ces cer-

veaux présentent des déviations importantes de la loi générale, qui préside au sillonnement du cerveau des mammifères. Chez les cétacés, où les organes périphériques et centraux d'olfaction sont absolument rudimentaires, la circonvolution arquée est cachée dans la profondeur; et, habituellement, la circonvolution olfactive n'existe pas. Dans toute la longueur du cerveau extraordinairement développé en largeur, les sillons principaux ont une direction longitudinale d'avant en arrière, comme c'est le cas pour les autres mammifères, seulement à leur partie occipitale. Cette direction est très-nettement accusée, près de la scissure longitudinale; plus en dehors, de nombreux sillons secondaires, transverses et obliques, atteignent souvent une profondeur égale : ce qui donne lieu à une formation de plis réticulaires (5 fig. 45 et 1).

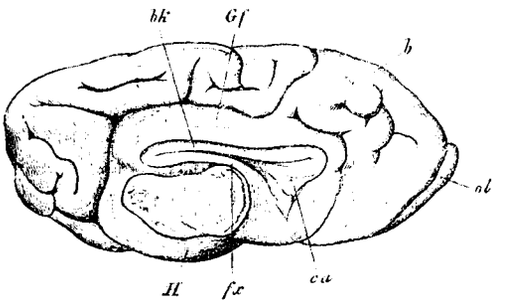


Fig. 46. Coupe médiane d'un cerveau de chien. Hémisphère gauche. *Gf* Gyrus fornicatus; *b* sa partie antérieure allant à la surface. *ol* Circonvolution olfactive. *H* Circonvolution d'Ammon. *bk* Corps calleux. *fx* Voûte. *ca* Commissure antérieure.

Le sillonnement du *cerveau des primates* suit une loi commune de développement, qui diffère de celle des autres mammifères : la circonvolution olfactive, qui s'y trouve absolument réduite à un bulbe olfactif, reste cachée à la base du cerveau. La circonvolution arquée apparaît à la surface, non de la partie frontale, mais occipitale du cerveau (fig. 45, 7 et 6 *b'*). Ici, le gyrus fornicatus, en se renversant autour du bourrelet du corps calleux, pour se convertir en lobe d'hippocampe, envoie à la surface un prolongement, qui, par sa division, constitue deux lobules, nommés le *coin* et l'*avant-coin* (cuneus et prœcuneus. *Pr*, *Cn* fig. 47). Ce prolongement apparaît à la surface, sous forme

1. Leuret et Gratiolet, *Anatomie comparée du système nerveux*, t. I, p. 369. — Pansch, in *Morphologisches Jahrbuch*, de Gegenbaur, vol. V, p. 193. — Meynert, *Archiv f. Psychiatrie* VII, p. 257.

d'îlot; car, en avant et en arrière, il est entouré d'autres circonvolutions, dont le coin et l'avant-coin sont souvent isolés par des sillons transverses. De même, le coin et l'avant-coin sont séparés l'un de l'autre par un profond sillon transversal ou *sillon occipital perpendiculaire (O)*. Le plissement affecte un sens transversal analogue, sur toute la partie occipitale du cerveau, depuis le point correspondant au pédicule de la scissure de Sylvius jusqu'à la limite occipitale. En avant, le sillon principal, à direction transversale de haut en bas, est la *scissure de Rolando* ou le *sillon central* (*R* fig. 48). En avant et en

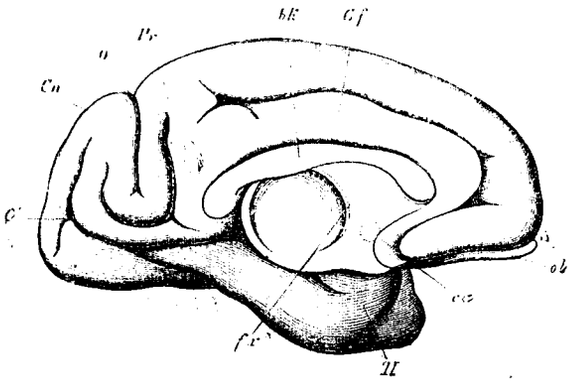


Fig. 47. Coupe médiane d'un cerveau de singe (Macaque). Hémisphère gauche, d'après Gratiolet. *G f*, *ol*, *H*, *bk*, *fr*, *ca*, comme dans la figure précédente. *Pr* Avant-coin. *Cu* Coin. *O* Sillon occipital perpendiculaire ; *O'* horizontal.

arrière d'elle, le cerveau de l'homme et des singes supérieurs (fig. 45, 7) offre un pli transversal ou les *circonvolutions centrales antérieure* et *postérieure* (*VC*, *HC* fig. 48). Toutes deux sont isolées de leur entourage par des sillons transverses, plus courts : la première est séparée des circonvolutions frontales, et l'autre, de l'avant-coin. Enfin, à la limite postérieure du cerveau occipital se montre un dernier sillon transverse, très-profond ou sillon occipital *horizontal*. Il s'enfonce entre le coin et les circonvolutions, qui descendent vers la base du cerveau (*O'*). On compte donc, en tout, à la surface du cerveau occipital, *cinq* sillons transverses, plus ou moins profonds, dont trois appartiennent aux prolongements de la circonvolution arquée et de sa circonscription. Mais, à la partie *frontale* et *temporale* du cerveau, par conséquent en avant de la branche ascendante et en arrière de la branche horizontale de la scissure sylvienne, le trajet des sillons et circonvolutions est généra-

lement longitudinal; ils se courbent simultanément en arc autour du pédicule de la scissure de Sylvius. Sur les parties frontale et temporale du cerveau, on peut distinguer *trois* de ces plis longitudinaux : ils constituent les *trois circonvolutions frontales* et les *trois circonvolutions temporales* (F^1 — F^3, T^1 — T^3), qui sont entièrement visibles, même à la base du cerveau (fig. 31, p. 68). Au point, où la partie occipitale passe dans la partie temporale, les plis prennent une direction intermédiaire au cours transversal et longitudinal. Ainsi, les *circon-*

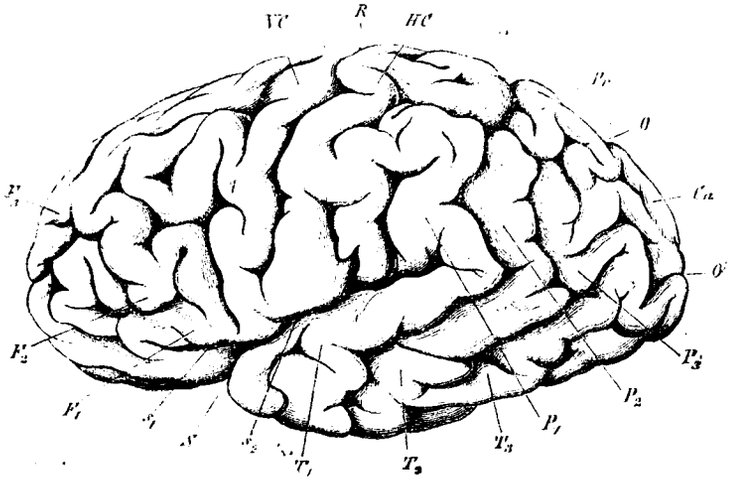


Fig. 18. Sillons et circonvolutions, sur le côté gauche du cerveau humain. *S* Scissure de Sylvius ; s_1 sa branche antérieure, s_2 postérieure. F^1 Première ; F^2 seconde ; F^3 troisième circonvolutions frontales. *VC* Circonvolutions centrales antérieure ; *HC* postérieure. *R* Scissure de Rolando ou sillon central. T^1 Première ; T^2 seconde ; T^3 troisième circonvolutions pariétales. P_1 Première ; P_2 seconde ; P_3 troisième circonvolutions arquées pariétales. *Pr* Avant-coin. *Cu* Coin. *O* Sillon occipital perpendiculaire ; *O'* horizontal.

volutions arquées pariétales (P^1 — P^3) opèrent graduellement un passage de l'une à l'autre direction; il n'en est pas de même à la portion frontale, où les trois circonvolutions frontales sont brusquement interrompues par la circonvolution centrale antérieure, qui leur est perpendiculaire. Le cerveau des primates, comme celui des autres mammifères, présente donc des plis transversaux et longitudinaux. Voici ce qui les distingue: chez les primates, les sillons transversaux se montrent à la portion occipitale, et les longitudinaux à la portion frontale; chez les autres mammifères, c'est l'inverse. Des différences analogues existent dans le trajet de la circonvolution arquée. Celle-ci apparaît,

chez les primates, à la partie postérieure de la surface, et chez les autres mammifères, à la partie antérieure ; c'est ce que l'on voit très nettement, en comparant une coupe médiane du cerveau des primates à celle du même organe des autres mammifères (fig. 46 et 47). Ces dissemblances dépendent probablement de la loi différente, qui préside à l'accroissement des deux formes de cerveaux. Pendant son développement, le cerveau de la plupart des mammifères croit plus fortement en largeur à sa partie occipitale, et la portion frontale reste grêle ; il acquiert donc, très-souvent, une configuration, qui, en avant, se termine en pointe (Compar. la première série de la fig. 45). Dans le cerveau des primates, au contraire, l'accroissement en longueur domine à la région occipitale ; à la région frontale, c'est l'accroissement en largeur. Cet organe prend ainsi la forme d'un ovoïde, dont les moitiés se touchent étroitement en avant ; tandis que béantes en arrière, elles se séparent et laissent, grâce à leur moindre hauteur, l'espace nécessaire au cervelet, qu'elles recouvrent (fig. 45, *6* et *7*, et fig. 49).

L'histoire de l'évolution nous apprend, que les sillons transverses du cerveau de l'homme et, probablement, des primates apparaissent ordinairement les premiers. Car, d'après Ecker, ils commencent déjà, au cinquième mois de la vie embryonnaire, à se développer sur la surface, préalablement lisse, du cerveau ; tandis que les premières traces des sillons longitudinaux se montrent dans le cours du septième mois (1). Sur le cerveau fœtal, on remarque *quatre* ou *cinq* de ces sillons transverses, qui sont presque radiaires, relativement à la scissure de Sylvius. Le plus fort d'entre eux devient le sillon central. Chez les singes, il est moins accusé ; c'est pourquoi, leur sillon occipital perpendiculaire, situé beaucoup plus en arrière et parfois appelé *scissure simienne*, a un développement supérieur. Le sillon occipital horizontal, qui se trouve derrière cette scissure, n'est visible sur le cerveau humain, que si l'on pratique une coupe médiane de cet organe (fig. 37 et 48, *O'*). C'est lui qui, par sa saillie dans la corne postérieure, constitue le pes hippocampi minor ou ergot de Morand du cerveau des primates (*c k* fig. 38). Chez l'homme, il s'unit à angle aigu avec le sillon occipital perpendiculaire ; dans ce cas, le cuneus est un lobe, coupé en forme de coin, qui semble séparé de la circonvolution arquée (*c n* fig. 37). Le sillon occipital horizontal du singe est moins profond ; aussi, la connexion du cuneus avec la circonvolution arquée est-elle directement visible (fig. 47). Tandis que, dans la portion du cerveau des primates, située derrière le sillon central, se développent encore plusieurs forts sillons transverses, ceux-ci sont moins accusés dans la moitié antérieure. Au

1. Ecker, *Arch. f. Anthropologie*, vol. III, p. 203 et suiv.

contraire, les sillons *longitudinaux* et circonvolutions, qui apparaissent lors de l'évolution ultérieure de l'embryon, se développent justement dans les régions frontale et temporale. Les trois plis longitudinaux, que l'on distingue sur le cerveau de tous les primates, constituent au front et à la tempe un tractus de circonvolution, inférieur, moyen et supérieur (fig. 48). Ces tractus de circonvolution ne forment pas, comme chez bien d'autres mammifères, des arcs de circonvolution connexes et embrassant circulairement la scissure de Sylvius; mais les trois circonvolutions frontales sont interrompues par la circonvolution centrale antérieure. Seulement, la plus élevée des trois circonvolutions temporales décrit un arc solide, qui enveloppe la branche horizontale de la scissure sylvienne et s'étend jusqu'à la circonvolution centrale postérieure ; la deuxième et la troisième sont arrêtées dans leur parcours par le coin et l'avant-coin, ces lobes limités par les autres sillons radiaires du cerveau occipital (1). A la base du cerveau, la circonvolution temporale inférieure est connexe, en avant, avec l'extrémité sphéroïdale du lobe d'hippocampe ; en arrière, elle passe dans la branche externe d'un tractus de circonvolution, courbé en forme d'U, qui siège à la base du cerveau occipital et dont la branche interne débouche dans le pédicule du lobe d'hippocampe (*O* fig. 31) (2). La partie antérieure de la base du cerveau est occupée par les trois circonvolutions frontales, renversées en bas; leurs circonvolutions moyenne et inférieure passent l'une dans l'autre, au bord de la scissure de Sylvius (F_1, F_2 fig. 31).

La loi, qui régit le sillonnement de la surface cérébrale, dérive, selon moi, des *tensions d'accroissement, propres au cerveau* et de l'*influence, que la capsule crânienne exerce sur cette surface.* On peut invoquer la *première* de ces conditions, pour les sillons, qui apparaissent, dès le temps le plus primitif du développement. Pour qu'une surface, qui se plisse, augmente d'étendue, elle doit

1. Les tractus de circonvolution, dans lesquels se prolongent ainsi les trois circonvolutions temporales à la surface du cerveau pariétal, sont la circonvolution arquée pariétale antérieure, moyenne et postérieure de Bischoff. Cette dernière circonvolution pariétale (P_3 fig. 48) se divise, vers la ligne médiane, en deux branches : l'une, sa continuation directe, passe dans le milieu du cuneus ; et l'autre branche qui, infléchie en haut, constitue une petite circonvolution entre le coin et l'avant-coin, est la quatrième circonvolution arquée pariétale de Bischoff. De plus, l'avant-coin et le coin sont connexes avec le gyrus fornicatus : le premier, par deux larges tractus d'union ; le second, par un tractus délicat. Ces trois jonctions ne sont visibles, comme le gyrus fornicatus lui-même, que sur une coupe médiane (fig. 37). Cette section ne montre, que ces circonvolutions principales qui peuvent être vues sur la surface. Mais quelques circonvolutions secondaires apparaissent : ainsi, la surface médiane de la circonvolution frontale inférieure (F_3) est divisée en deux segments par un sillon secondaire ; souvent, à l'extrémité antérieure, se joignent quelques autres sillons secondaires, qui cessent après un court trajet. Voir Gratiolet. *Mémoire sur les plis cérébraux de l'homme et des primates.* Paris 1854 — Bischoff, *Abhandl. der bayr. Akad. d. Wissensch.* vol. 10. Munich 1868 — Ecker, *Die Hirnwindungen des Menschen.* Brunswick 1869. — Pansch, *Die Furchen und Wülste am Grosshirn des Menschen.* Berlin 1879.

2. Circonvolution occipitale externe inférieure et interne inférieure de Bischoff. lobule fusiforme et linguiforme de Huschke.

nécessairement s'enrouler dans la direction, qui rencontrera la plus faible résistance. Si la surface est plus énergiquement tendue dans la direction transversale, que dans la direction longitudinale, elle présentera des plis transversaux ou s'enroulera autour d'un axe transversal, tout comme un papier humide, sur lequel on exerce une traction à droite et à gauche : au contraire, son plissement ou son enroulement sera longitudinal, si la tension est plus énergique dans le sens longitudinal. Le plissement, qui se produit régulièrement dans *une* direction, signifie, que la différence de tension de la surface était constante, pendant son accroissement ; un plissement irrégulier indiquera, que la direction de la plus grande traction a varié. Or, si un tissu quelconque croît dans divers sens avec une vitesse inégale, il se produira, à sa surface, des tensions, qui sont inégales dans les diverses directions. En vérité, *la direction de la plus grande tension doit être perpendiculaire à la direction de la plus grande énergie d'accroissement.* Car, un tissu, en voie de développement, peut être considéré comme un corps élastique, cohérent, dans lequel la déformation, produite par l'accroissement de l'une de ses parties, exerce sur toutes les autres un effet de tension, qui sera extrême dans ces points, où a lieu la déformation spontanée, la plus faible. Le sillonnement du cervelet, avec sa loi simple d'accroissement et de plissement, paraît confirmer d'autant plus ce principe, que la situation de cet organe pourrait bien le soustraire aux influences exercées par la forme du crâne. Durant tout le développement du cervelet, l'accroissement longitudinal est notablement prépondérant. Sa plus grande tension de la surface s'opérera donc dans la direction transversale, qui est effectivement celle que suivent ses sillons. D'après le même principe, nous devons nous attendre à ce que le plissement du cerveau des primates coincïde avec deux périodes différentes d'accroissement de cet organe : avec la première période, ordinairement l'accroissement d'avant en arrière est un maximum ; avec la seconde, l'énergie d'accroissement aux portions frontale et temporale est prépondérante dans le sens transversal. En effet, la comparaison de cerveaux embryonnaires, arrivés à divers stades de leur évolution, démontre à première vue, que les diamètres du cerveau humain éprouvent, pendant l'évolution de sa forme, des modifications essentielles (fig. 49). Lors de la première semaine de développement, tout le cerveau ressemble encore à une sphère ; le diamètre longitudinal diffère très-peu du plus grand diamètre transversal. Ce dernier est situé derrière la fente sylvienne, qui, tant que le lobe temporal n'est pas encore développé, présente à ce moment la forme d'une fosse. Dès que la fosse se convertit en fente, le plus grand diamètre transversal gagne davantage en avant et coïncide avec le point, où la fente de Sylvius est débordée par le lobe temporal. Mais, durant tout ce temps, le diamètre longitudinal des hémisphères dépasse de plus en plus leur diamètre transversal : aussi, leur rapport, qui au troisième mois était 1 : 0, 9, s'abaisse, dans le cours du cinquième et sixième mois, à 1 : 0, 7. A cette époque, s'opère le développement des premiers sillons permanents, qui sont tous transversaux ; et, dans le cours du cin-

quième mois, apparaissent tout d'abord le sillon central, le sillon occipital perpendiculaire et le sillon occipital horizontal, auxquels s'associent, vers le sixième mois, les autres sillons radiaires primaires (fig. 49, *2*, *3*) (2). Dès la fin du

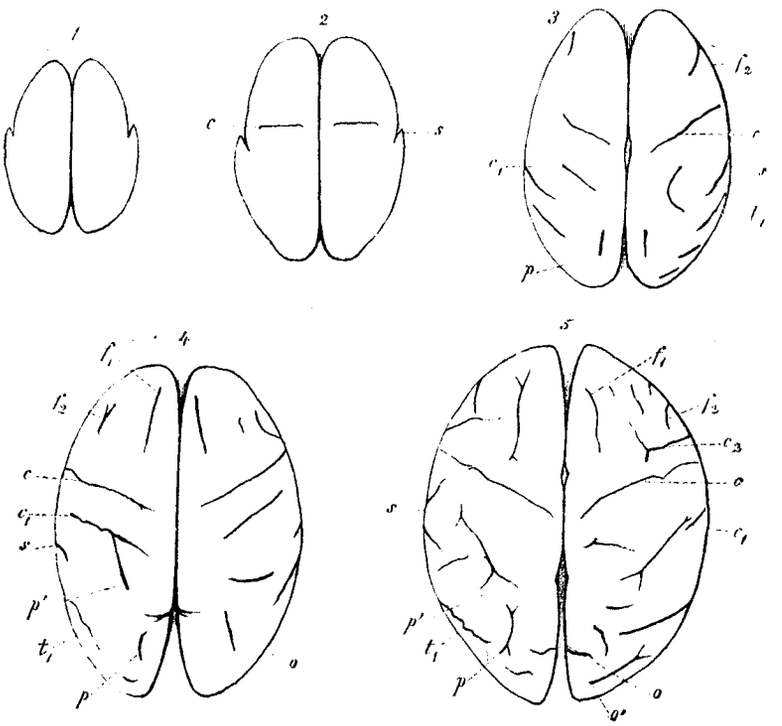


Fig. 49. Cerveaux humains embryonnaires, à différents stades de leur développement ; $^1/_2$ de leur grandeur naturelle. Ils sont vus par en haut et dessinés d'après Ecker. 1 Cerveau de quatre mois (16 semaines) ; 2 de cinq mois (20 semaines) ; 3 de six mois ; 4 de sept mois ; 5 de huit mois (32 semaines). *s* Scissure de Sylvius. *c* Sillon central. c_1 Sillon postcentral. c_2 Sillon prœcentral. f_1 Sillon frontal supérieur ; f_2 inférieur. *p* Sillon arqué pariétal (sillon interpariétal) ; *p'* sa partie antérieure passant dans le sillon postcentral. t_1 Sillon temporal supérieur. *o* Sillon occipital perpendiculaire ; *o'* horizontal.

sixième mois, les rapports d'accroissement du cerveau commencent à varier. Sa forme totale, telle qu'elle est exprimée par les rapports du diamètre longitudinal avec le plus grand diamètre transversal, reste essentiellement la même ; mais, dans l'accroissement des diverses parties, apparaissent de bonne heure des différences importantes. Comparez des cerveaux de fœtus du sixième au septième

1. Fissura occipitalis perpendicularis (parieto-occipitalis) et transversa (calcarina).
2. Ecker, *Archiv f. Anthrop.* vol. 3, p. 212.

mois et examinez-les par en haut : on voit alors, que la partie, qui s'étend du sillon central en arrière, s'accroît à peu près uniformément dans son diamètre transversal et longitudinal, tandis que la portion frontale du cerveau gagne plus en largeur, qu'en longueur (*4*, *5*). Le lobe temporal éprouve une modification analogue ; sa pointe antérieure, sur un fœtus de six mois, atteint presque le bord du lobe frontal, renversé en bas ; mais il est encore si grêle, que la fosse de Sylvius est largement ouverte. Dans les mois suivants, cette fosse se convertit en fente, car le lobe temporal croît surtout en hauteur, et, relativement peu, en longueur. Ces modifications, dont nous venons de parler, coïncident exactement avec le développement du second système de plis, des sillons longitudinaux. Le cerveau frontal croissant principalement en largeur, les circonvolutions frontales prendront surtout la direction longitudinale. Le lobe temporal croît extrêmement vite en hauteur ; aussi, les plis, qui s'y forment, se dirigeront d'arrière en avant, dans le sens de l'arc courbé autour de la scissure de Sylvius. Sur les deux parties de la surface cérébrale, non seulement les plis, nouvellement formés, suivent cette direction, mais même quelques sillons, qui sont radiaires au début, deviennent plus tard longitudinaux et infléchis en arc. Ainsi, le sillon central lui-même prend une position oblique (*2* et *3*) ; le sillon frontalinférieur et le sillon temporal supérieur sont, au sixième mois, radiaires ou transversaux ; et, grâce au changement de direction, qu'ils éprouvent, ils rentrent dans le système des sillons longitudinaux (f_2, t_1). Tout autre est l'arrangement de la partie de surface cérébrale, située entre le sillon central et la pointe occipitale. Dans ce cas, les sillons transversaux gardent généralement leur direction primitive, tandis qu'il gagnent en profondeur et extension ; ce n'est que vers le lobe temporal, qu'ils prennent graduellement le sens longitudinal (1).

La *résistance de la capsule crânienne* doit produire un effet opposé à l'accroissement du cerveau. Elle se révèle, probablement, dès la fin de la vie embryonnaire et *après* l'accouchement, au moment, où se constitue la forme, que gardera définitivement le crâne. Mais elle se manifeste principalement, par suite de l'accroissement à divers degrés, que subissent les os, le long des sutures, et de l'occlusion successive de ces sutures. Si le cerveau, en évoluant, rencontre une résistance *extérieure* de ce genre, il présentera des plis, qui suivront la direction, où la résistance est au *minimum*. Donc, dans les crânes dolichocéphales, les sillons seront particulièrement longitudinaux d'avant en arrière ; dans les crânes brachycéphales, ils seront transversaux. En effet, L. Meyer (2) et Rüdinger (3) ont démontré l'existence d'une connexion de ce genre entre la

1. Le seul sillon, faisant ici exception, est l'interpariétal (*p*) qui, plus tard, sépare les circonvolutions arquées pariétales du coin et de l'avant-coin (voir fig. 48).

2. *Centralbl. f. die medi. Wissensch.* 1876. N° 43.

3. Rüdinger, *Ueber die Unterschiede der Grosshirnwindungen nach dem Geschlecht beim Fœtus und Neugeborenen.* Munich 1877. p. 5 et suiv.

direction prédominante des circonvolutions et la forme du crâne. Le véritable plissement d'un cerveau donné sera naturellement et constamment la résultante de ces deux effets, des tensions spontanées d'accroissement et des résistances extérieures; les premiers se manifesteraient spécialement dans les sillons primitifs, et les autres, dans les modifications, qui s'y joignent ultérieurement.

CHAPITRE IV

PARCOURS DES VOIES NERVEUSES CONDUCTRICES

1. — Généralités sur la conduction ou transmission.

L'étude de la structure élémentaire du système nerveux nous a, déjà, amenés à formuler la pensée suivante : le cerveau et la moëlle épinière, avec les nerfs, qu'ils engendrent, constituent un système de filets conducteurs, reliés dans les organes centraux par de nombreux points nodaux ou cellules ganglionnaires ; et, à la périphérie du corps, ces filets rayonnent dans des domaines séparés les uns des autres. La configuration extérieure des organes centraux semble venir à l'appui de cette idée. Elle nous a appris à connaître une série de formations de substance grise, qui recueillent les filets provenant des organes extérieurs et les unissent à des amas de substance grise, situés beaucoup plus haut, jusqu'à ce que les voies conductrices, dans leur marche ascendante, gagnent successivement les cordons de la moëlle épinière, les pédoncules cérébraux, la couronne de Reil et pénètrent dans l'écorce du cerveau. Les commissures témoignent, qu'il existe ici une connexion des éléments corticaux, appartenant aux deux moitiés cérébrales. Ce tableau, dressé d'après la structure générale du système nerveux et esquissé à grands traits, est-il vrai dans ses détails? Et quelle est la composition du parcours, suivi par les voies nerveuses conductrices? Telles sont les questions à résoudre maintenant.

Les phénomènes, dont la transmission s'opère dans les filets nerveux, portent ordinairement le nom d'*irritations* ou d'*excitations*, parce que leurs causes, les plus saisissables, sont des irritants ou excitants extérieurs. Dans les cas de ce genre, où ces phénomènes paraissent avoir pour origine directe les conditions ou états, présentés par les parties nerveuses et ne pas naître en dehors de ces conditions, on

admet, que ces parties sont le siège d'une irritation *interne*. La sensation ou le mouvement musculaire sont le plus souvent désignés, pour caractériser l'excitation; ce ne sont pas, cependant, les seuls effets des irritants externes ou internes. L'excitation peut se manifester sous forme d'un autre processus physiologique, par exemple de sécrétion glandulaire, d'accroissement de calorique; parfois, elle est capable d'exercer une action d'arrêt sur d'autres phénomènes d'irritation. (Compar. chap. VI).

D'après la direction, que les phénomènes d'excitation suivent dans leur transmission, nous distinguons des voies conductrices *centripètes* et *centrifuges*. Pour les premières, l'excitation commence en un point quelconque de la périphérie du corps et se dirige vers l'organe central; pour les secondes, elle part de l'organe central et se dirige vers les parties périphériques. Dès qu'ils sont perçus par la conscience, les effets physiologiques de l'irritation centripète sont des sensations. Souvent, ce résultat final fait défaut, et l'excitation, sans agir sur la conscience, se réfléchit en mouvement. Cependant, dans ce cas, les mêmes voies conductrices, qui servent aux sensations conscientes, sont utilisées, au moins d'une manière partielle. Par conséquent, nous donnons généralement le nom de *sensorielles* aux voies conductrices centripètes. Les résultats physiologiques des irritations à transmission centrifuge offrent plus de complexité : les mouvements des muscles lisses et striés, les sécrétions glandulaires, les excrétions parenchymateuses, les phénomènes de nutrition et ceux d'accroissement, qui dépendent de ces derniers, peuvent traduire ces irritations. Dans la description suivante, nous étudierons seulement la transmission du mouvement ou les voies *motrices;* car, c'est là, que les effets de la transmission centrifuge sont les plus importants et qu'ils nous intéressent par leurs conséquences psychologiques. Les mouvements musculaires, provenant de la transformation d'une irritation sensorielle en une excitation motrice, sont appelés *mouvements réflexes;* au contraire, ceux qui résultent d'une irritation interne, engendrée dans les régions motrices de l'organe central, portent le nom de *mouvements automatiques*. Dans les mouvements réflexes, la conduction centripète et centrifuge sont donc successivement mises en jeu; dans les mouvements automatiques, seule, la conduction centrifuge est directement employée.

La transmission des excitations s'opère, d'une façon relativement très simple, tant que le filet nerveux, qui l'effectue, est exempt de solution de continuité. Elle est très compliquée, si le trajet du filet ner-

veux est interrompu par la substance grise. Dans ce cas, non seulement les voies conductrices peuvent présenter des ramifications et des changements de direction, mais le résultat final du phénomène d'irritation sera essentiellement altéré, soit parce que la cellule unit ensemble des voies conductrices, qui sont connexes avec des régions terminales de diverse nature, soit parce que, dans la cellule elle-même, le phénomène subit des modifications. Enfin, lorsque l'intercalation de la substance grise oblige une voie conductrice à se diviser en plusieurs branches, il faut constamment se poser les questions suivantes : par quel chemin l'excitation se propage-t-elle le plus souvent, quand l'intensité de l'irritation est modérée ; et quelles sont les routes le plus rarement suivies, si les irritants sont énergiques ou si l'irritabilité n'est plus normale ? Bref, dans tous les cas de ce genre, la *voie principale* devra être distinguée des *voies accessoires* et des *voies ramifiées*.

Pour résoudre ces questions, on s'appuie sur un principe, qui est nécessairement indispensable à cette étude. Voici ce principe : à l'intérieur de chaque voie conductrice, le phénomène d'irritation reste *isolé* et ne passe pas aux voies voisines. La justesse de cette règle, appelée *loi de la conduction isolée*, ressort clairement du fait suivant : quand l'irritabilité est normale et l'intensité des irritants peu élevée, les phénomènes d'excitation restent localement limités. Une impression extérieure, exactement localisée et agissant sur une surface sensorielle, engendre une sensation nettement limitée; une impulsion volontaire, ayant pour but un mouvement déterminé, produit une contraction musculaire circonscrite. Ces faits ne prouvent assurément, qu'une chose : c'est que, dans les voies principales, il s'opère généralement une séparation des phénomènes. Ils ne nous apprennent pas, qu'un isolement rigoureux de l'irritation ait lieu à l'intérieur de chaque fibrille primitive, durant son parcours périphérique et, encore moins, durant son parcours central. Mais la cellule nerveuse, grâce aux nombreux prolongements, qu'elle émet, paraît être surtout un organe, qui réunit ou disperse les voies conductrices.

Des *troubles de conduction*, plus ou moins sensibles, se manifestent, si, par suite de quelques conditions, certaines voies sont interrompues. Ils diffèrent selon la composition des organes centraux et périphériques, qui sont séparés les uns des autres. Sur le parcours des voies conductrices sensorielles, on remarque une diminution de la sensibilité ou une suppression complète de la sensation (*anesthésie*) ; souvent, ces phénomènes sont bornés à un côté du corps (*hémianesthésie*). Dans

le département des voies motrices, c'est tantôt une *paralysie* complète de certains muscles, tantôt une paralysie partielle (*parésie*). Mais, il faut distinguer de ces deux degrés de paralysie l'*ataxie*, ce manque de coordination de mouvements, bien que l'énergie de contraction soit intacte ; elle est la conséquence ordinaire des états anesthésiques des organes moteurs. La paralysie motrice peut, d'ailleurs, n'affecter, qu'un côté du corps : d'où l'*hémiplégie* et l'*hémiparésie*.

2. — Méthodes pour découvrir les voies de conduction.

Trois méthodes différentes peuvent démontrer les voies nerveuses conductrices. Elles doivent se compléter, autant que possible ; car, chacune d'elles est entachée de certaines imperfections. La première de ces méthodes a pour base l'*expérimentation physiologique ;* la seconde, l'*exploration anatomique ;* la troisième, l'*observation pathologique*.

Pour étudier le parcours des voies conductrices, l'*expérimentation physiologique* emploie deux procédés : 1° elle se livre à des essais d'irritation ; et 2° elle sectionne les parties nerveuses, afin d'interrompre la conduction. Dans le premier cas, nous nous attendons à voir apparaître une augmentation, et, dans le second, une suppression fonctionnelle de ces organes, qui sont unis à la partie irritée ou sectionnée. Mais, des difficultés et des défectuosités extraordinaires sont justement inhérentes à ces méthodes expérimentales, qui s'appliquent à l'investigation des voies conductrices centrales. L'exécution parfaite d'un procédé d'irritation ou d'une section transversale permet, dans le cas le plus favorable, de fixer un point déterminé d'une voie conductrice. Pour découvrir tout le parcours de cette voie, de nombreuses expériences de ce genre devraient être pratiquées, depuis sa terminaison ultime dans le cerveau, jusqu'à la sortie des nerfs correspondants. Problème d'une solution désespérante : car, à l'intérieur du cerveau, l'irritation isolée ou la section d'une voie conductrice présentent des obstacles insurmontables. Par conséquent, cette méthode n'a été appliquée, avec quelque succès, qu'aux *deux* questions suivantes : 1° à celle du trajet des voies conductrices dans la moëlle épinière (le plus simple des organes centraux), et dans les pédoncules cérébraux (les prolongements les plus directs des cordons médullaires) ; et 2° à celle de la subordination de certains organes périphériques du corps à cer-

tains territoires de l'écorce cérébrale. On a tenté de résoudre la première question, en sectionnant isolément les divers cordons médullaires; et la seconde, en limitant les essais d'irritation et d'extirpation à des territoires corticaux déterminés. Malgré cette restriction, il est difficile d'obtenir des résultats, qui soient à l'abri de tout reproche. Chaque irritation se communique, presque inévitablement, aux parties environnantes, surtout lorsqu'on emploie le courant électrique, qui est l'excitant préféré à cause de ses divers avantages. Il en est de même des perturbations, qui sont consécutives à une section de la substance nerveuse. Si l'on a enfin le bonheur d'isoler, autant que possible, l'excitation, très-souvent l'interprétation des phénomènes est incertaine. La contraction musculaire, qui succède à une irritation, peut, selon les circonstances, provenir d'une excitation directe des filets moteurs, comme d'une réaction, exercée contre les impressions sensibles. Toujours, les troubles fonctionnels, qui apparaissent à la suite des sections transversales et des extirpations, ne sont déterminés, qu'après une longue observation. Aussi, la certitude des résultats est de nouveau notablement altérée, puisque la plupart du temps les troubles, directement engendrés, disparaissent graduellement; car, grâce aux unions précédemment mentionnées, que de nombreuses voies de transmission opèrent dans la substance grise, d'autres parties suppléent celles, dont la fonction a été supprimée.

L'*investigation anatomique* complète les lacunes laissées par l'expérimentation physiologique. Elle tâche justement de découvrir les voies d'union existant entre des régions, liées sous le rapport fonctionnel : problème, que l'expérimentation physiologique avait négligé en grande partie d'explorer. Dans ce but, l'anatomie emploie successivement deux moyens : la dissociation microscopique de l'organe durci et son analyse microscopique, pratiquée sur une série de coupes minces. Si la première de ces méthodes, qui expose à prendre, pour de véritables tractus de filets nerveux, les produits artificiels du scalpel, est tombée dernièrement en discrédit, on voit, qu'appliquée avec précaution, c'est un auxiliaire toujours précieux, pour s'orienter dans certaines routes à large parcours; et, d'autre part, on est enclin à moins redouter le danger, que comporte l'interprétation des dessins microscopiques. Mais, cette interprétation se joue dans un champ d'autant plus vaste, que l'on est moins en état de réaliser la fin idéale de l'investigation microscopique de l'organe central, à savoir la division complète de cet organe en un nombre infini de coupes, d'une direction exactement rigoureuse. C'est

pourquoi, l'investigation anatomique trouve de nouveau un complément, extrêmement important, dans l'étude de l'*histoire de l'évolution*. Celle-ci, établissant que la formation de certains systèmes de filets de l'organe central, qui sont liés sous le rapport physiologique, s'effectue à diverses époques de l'évolution fœtale, permet de suivre, à peu près complètement, au moins quelques-unes des voies les plus importantes. Or, cette méthode est assurément bornée, puisque les systèmes de filets, simultanément développés, peuvent toujours renfermer des groupes, encore nombreux, qui jouent un rôle fonctionnel différent.

L'*observation pathologique* ajoute à la découverte des troubles fonctionnels celle des altérations anatomiques. Elle réunit donc, à un certain degré, les avantages de l'investigation physiologique et ceux de l'exploration anatomique. Pour la recherche des voies conductrices, l'observation anatomo-pathologique est surtout fructueuse, parce qu'elle s'appuie sur un principe analogue à celui de l'histoire de l'évolution; car, les filets appartenant à certains foyers fonctionnels deviennent malades, secondairement, par suite de la suppression fonctionnelle de ces foyers. Si d'autres conditions ne permettent pas d'admettre une lésion accidentelle coexistante, *ces filets, qui subissent simultanément une altération pathologique, peuvent être considérés, comme ayant des fonctions de même nature*. Combinée avec l'expérimentation physiologique, l'observation des dégénérescences secondaires, telle qu'elle a été proposée par Gudden et souvent exécutée avec succès, promet de grands résultats. Cette méthode combinée consiste à pratiquer sur un animal, en un point quelconque du système nerveux central ou périphérique, une solution de continuité, à remarquer les troubles fonctionnels consécutifs et à déterminer longtemps après, grâce à l'anatomie, les routes atteintes par la dégénérescence secondaire.

Des trois méthodes principales, citées précédemment, la première, purement physiologique, a répandu, par les expériences de Magendie, Longet, Brown-Séquard, Schiff, Chauveau, etc., quelques lumières, sans doute encore imparfaites, sur le trajet des voies conductrices dans la moëlle épinière et, même, sur certains fragments des voies conductrices dans la moëlle allongée et les pédoncules cérébraux. Après que Hitzig et Fritsch eurent démontré, contrairement à l'opinion anciennement propagée, que le manteau cérébral était excitable, de nombreuses expériences ont été faites dans ces derniers temps; elles ont eu pour but de découvrir les terminaisons des diverses voies conductrices dans l'écorce cérébrale. Nous étudierons ces terminaisons à la rubrique

n° 7 de ce chapitre. D'abord, les travaux de Stilling ont fourni d'immenses matériaux à l'étude microscopique des organes centraux. Les premières expériences, qui utilisent les coupes microscopiques, obtenues par le procédé de Stilling, afin d'esquisser un schéma de la structure de l'organe cérébro-spinal et de ses voies conductrices, appartiennent à Meynert et à Luys (1). Malgré des divergences considérables dans leurs appréciations personnelles, Meynert et Luys, par ces expériences, auxquelles se rattachent nombre de travaux ultérieurs justificatifs ou complémentaires, se sont acquis assurément un grand mérite. Cependant, les dessins, relatifs à la structure et réalisés par ce procédé, sont en majeure partie hypothétiques ; déjà, ils ont été réfutés sur bien des points. Des résultats plus certains, mais qui ne peuvent être mis à profit, que pour quelques voies conductrices, à cause de la rareté des affections pathologiques en question, sont fournis par l'examen des *dégénérescences secondaires* des filets nerveux, que Louis Türck a démontrées le premier ; tout récemment, de nombreuses observations ont été recueillies à cet égard par Charcot et ses élèves (2). Les signes extérieurs des dégénérescences secondaires sont d'abord caractérisés par une transformation des gaines médullaires : celles-ci sont alors susceptibles d'être colorées par certaines substances (le carmin, par exemple), qui ne leur communiquent aucune teinte à l'état normal ; elles disparaissent graduellement en totalité ; en même temps, les cylindres-axes se convertissent en fibres de tissu conjonctif, parsemées de corpuscules cellulo-graisseux. Les causes de ces altérations, qui atteignent les filets centraux et périphériques, sont imparfaitement connues. D'après Türck, ces altérations seraient une conséquence de la suppression fonctionnelle, et, d'après Charcot, de la séparation d'avec les centres de nutrition. Ces deux opinions ne sont nullement inconciliables ; car, certaines cellules ganglionnaires peuvent, vis-à-vis des filets, qui en émanent, jouer simultanément le rôle de centres d'excitation et de nutrition (Voir chap. VI). Dans l'investigation des voies conductrices, la valeur des dégénérescences tient, à ce que l'altération progresse constamment dans les systèmes de filets, qui sont connexes ; cette altération s'effectue spécialement dans *une* direction, du point interrompu jusqu'au foyer central de substance grise, le plus voisin. Cette direction coïncide, probablement, pour tous les filets nerveux, avec la *direction de la conduction* ; par conséquent, la dégénérescence des filets moteurs s'opère dans le sens centrifuge, et celle des filets sensitifs, dans le sens centripète. Cependant, après une longue interruption de la conduction, et chez les animaux en bas âge, la direction

1. Meynert, article *Gehirn*, in *Gewebelehre* de Stricker, p, 694, et *Archiv f. Psychiatrie*, vol. IV, p. 387. — Luys, *Recherches sur le système nerveux cérébro-spinal.* Paris 1865 ; *Das Gehirn, sein Bau und seine Verrichtungen* (Internat. wissensch. Biblioth.) Leipzig 1877.

2. Türck, *Sitzungsber. der Wiener Akad. mathem. — naturw. Cl.* vol. VI, p. 288 et vol. IX, p. 93. — Charcot, *Leçons sur les localisations dans les maladies du cerveau.* Paris 1875.

opposée semble toujours être suivie, du moins à un certain degré (1). Une méthode, introduite récemment par Flechsig, l'étude de l'histoire de l'évolution, est analogue à ce procédé anatomo-pathologique. Elle repose sur la démonstration suivante. Dans les divers systèmes de filets, la gaîne médullaire, facile à distinguer par sa couleur blanche, se forme à différentes époques de l'évolution embryonnaire ; car, la moëlle se laisse apercevoir, en dernier lieu, dans ces cordons de la moëlle épinière, qui montent directement dans l'écorce cérébrale ; beaucoup plus tôt, dans les cordons de la moëlle, qui se rendent au cervelet ; et de meilleure heure, dans les autres (2). Il faut admettre, selon toute vraisemblance, que la formation de la gaîne médullaire s'opère dans le même ordre, que l'évolution des filets nerveux, qui lui est antérieure : on conclut de là, que les filets se développent par *systèmes* ; et comme l'évolution des systèmes se fait en divers temps, ce mode de développement des filets permet une séparation des voies conductrices, qu'ils représentent. Enfin, bien plus fécondes en promesses sont les observations, relatives à l'atrophie secondaire des parties centrales, qui appartiennent à certains appareils périphériques moteurs ou sensoriels. Gudden a, le premier, appelé l'attention à ce sujet dans ses expériences sur les animaux nouveau-nés (3). Ces sortes d'atrophies secondaires, consécutives à l'imperfection ou à l'absence déjà ancienne d'un organe, peuvent se manifester, même chez l'homme adulte. Très-souvent, après la perte de l'œil, on a noté l'atrophie du tubercule quadrijumeau ; dans quelques cas de ce genre, l'atrophie secondaire des circonvolutions cérébrales a été démontrée (4). Comme l'imperfection périphérique ou l'absence d'un organe ne produit des conséquences de ce genre, qu'après un laps de temps considérable, les expériences, qu'on recueillera chez l'homme à ce sujet, seront toujours relativement rares.

3. — Conduction dans les nerfs périphériques et la moëlle épinière.

Naturellement, il faut débuter, dans la recherche des voies nerveuses conductrices, par l'un de leur point terminal et, de là, arriver à l'autre extrémité : c'est le moyen de parcourir la route que les phénomènes de conduction suivent eux-mêmes. D'après nos remarques précédentes, certains de ces phénomènes commencent dans les organes

1. Westphal, *Archiv f. Psychiatrie*, II, p. 415. — Gudden, *ibid.*, p. 693. — Mayser, *ibid.* VII, p. 539.
2. Flechsig, *Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen.* Leipzig 1876, p. 198.
3. Gudden, *Archiv f. Psychiat.* II p. 693.
4. Huguenin, *Correspondenzblatt f. schweiz. Aerzte* 1878, n° 22.

périphériques et gagnent, par voie centripète, le cerveau ; les autres partent de l'organe central et se dirigent, par voie centrifuge, vers la périphérie du corps. Mais, il ne conviendrait pas d'utiliser, pour les diverses voies conductrices, des points de départ tellement opposés ; car, ces voies, en différents endroits de leur parcours, sont en relation réciproque. Il semble donc opportun d'invoquer, ici, un principe anatomique, au lieu d'un principe physiologique, et d'étudier les voies conductrices, *précisément à ce point de leur parcours, où elles présentent l'arrangement, la disposition la plus simple.* Ce point fixement déterminé est celui, où les nerfs sortent directement des organes centraux, sous forme de *racines nerveuses.* A partir de ce point, nous poursuivrons les voies conductrices à la périphérie du corps, et, ensuite, dans les organes centraux.

Les racines nerveuses émergent de la moëlle épinière et forment deux séries longitudinales : l'une postérieure et l'autre antérieure. Les racines nerveuses postérieures sont sensibles; leur irritation occasionne de la douleur, leur section rend insensible le tégument cutané, qu'elles innervent. Les racines nerveuses antérieures sont motrices ; leur irritation engendre la contraction musculaire ; et leur section, la paralysie des muscles. Les filets des racines postérieures servent à la conduction centripète ; après leur section, l'excitation du bout central, et non celle du bout périphérique, produit la sensation. Les filets des racines antérieures opèrent la conduction centrifuge ; l'excitation de leur bout périphérique, et non celle du bout central (1), engendre la contraction musculaire.

Il résulte de ce fait, observé pour la première fois par Charles Bell et connu sous le nom de *loi de Bell*, qu'au point d'origine des nerfs, les voies conductrices sensibles et motrices sont complètement séparées les unes des autres. Cette même loi s'applique aux nerfs cérébraux, et il faut y ajouter que, pour la plupart de ces nerfs, cette séparation est maintenue non seulement sur une courte étendue, rapprochée de leur origine, mais durant tout leur parcours ou, cependant, sur une longue portion de leur trajet (2). La réunion des racines sensibles et

1. Le phénomène, découvert par Magendie, confirmé par Claude Bernard et Schiff, à savoir que le bout *périphérique* de la racine antérieure accuse également une faible sensibilité, qui disparaît, en sectionnant la racine postérieure, constitue une exception (Schiff, *Lehrbuch der Physiologie*, I, p. 141) Probablement, cette « sensibilité récurrente » tient à ce que la racine sensible fournit des filets à la racine motrice ou au névrilème, qui recouvre cette dernière.

2. Purement sensibles sont les nerfs olfactif, optique et auditif ; purement mo-

motrices en troncs nerveux mixtes est basée, sans doute, sur l'espace relatif à l'expansion terminale des filets nerveux. Les muscles et la peau, qui les recouvre, sont animés par des rameaux nerveux communs. La séparation des voies conductrices, fonctionnellement distinctes, n'est donc conservée, sur tout leur parcours, que pour ces nerfs cérébraux, dont les terminaisons sont considérablement rapprochées de leurs lieux d'origine, tandis que les lieux d'origine eux-mêmes sont très-distants les uns des autres. Ici, le trajet séparé comporte des rapports d'espace plus simples, que la réunion primitive des filets sensibles et moteurs, qui se rendent aux parties voisines.

De même que l'origine, le parcours périphérique des nerfs se règle essentiellement sur les conditions de leur répartition. Les filets de ce genre, qui vont à des muscles agissant en commun ou à des départements du tégument cutané, rapprochés les uns des autres, sont disposés ensemble avec ordre. Après que les racines nerveuses antérieures et postérieures ont formé un nerf mixte, ce dernier ne se rend pas toujours simplement et par le chemin le plus court aux endroits, où il doit se propager ; mais il s'unit souvent à d'autres nerfs et opère avec eux un échange de filets. Telle est l'origine des *entrelacements nerveux* ou des *plexus*. L'importance de ces plexus ou leur rôle doit être le suivant : les filets nerveux, à leur origine de l'organe central, sont déjà arrangés provisoirement et conformément aux conditions de leur répartition périphérique ; et cet ordre, qui n'est pas encore complet, le sera ultérieurement. Aussi, les plexus se montrent-ils principalement dans ces endroits, où certaines parties du corps, par exemple les membres supérieurs et inférieurs, ont besoin de forts rameaux nerveux. Dans ce cas, les conditions d'origine, relatives à l'espace ne permettent pas aux nerfs de sortir de la moëlle épinière, exactement de la même manière qu'ils se répandent à la périphérie. A part ce rôle complémentaire, le développement des plexus a évidemment encore un rôle compensateur. Dès leur origine des organes centraux, les filets nerveux, unis sous le rapport fonctionnel, seront le plus rapprochés les uns des autres. Cette union fonctionnelle concorde souvent, mais non toujours, avec l'espace relatif à l'expansion. Par exemple, les fléchisseurs de la cuisse et

teurs, les nerfs oculo-musculaires, le facial et l'hypoglosse. Les nerfs analogues à ceux de la moëlle épinière, en d'autres termes, ceux qui, seulement près de leur origine, ne présentent pas de mélange, sont le trijumeau, le glosso-pharyngien, le pneumogastrique et le spinal ou accessoire de Willis. Le spinal est le seul, dont la racine sensible possède un ganglion; ce dernier n'existe pas dans les nerfs sensoriels proprement dits.

de la jambe s'unissent, pour agir en commun : les premiers siègent au côté antérieur ; les seconds, au côté postérieur du membre. Ils reçoivent donc leurs filets de différents troncs nerveux : les premiers, du nerf crural ; et les seconds, du nerf sciatique. Si les nerfs, destinés aux fléchisseurs du membre inférieur tout entier ont, comme il est vraisemblable, une origine voisine, ils doivent se disposer avec ordre dans le plexus sciatique et former ces troncs, qui vont vers diverses directions. Probablement, un rôle complémentaire est spécialement dévolu aux unions simples des paires de racines ; et un rôle particulièrement compensateur, aux plexus les plus compliqués.

La racine motrice pénétrant dans la moitié antérieure, et la racine sensible, dans la moitié postérieure de la moëlle épinière, il est à présumer, qu'à l'intérieur de cet organe central les voies conductrices se dirigent en haut, séparées dans le même ordre. L'expérimentation physiologique confirme cette donnée. Elle montre aussi que, dans la moëlle épinière, les divers systèmes de filets s'entrelacent d'une façon multiple. Les résultats, observés après la section d'une moitié de la moëlle, nous enseignent, que toutes les voies conductrices ne persistent pas dans le même côté, où les racines nerveuses entrent dans la moëlle ; quelques voies conductrices, à l'intérieur de la moëlle épinière, passent de la moitié droite à la moitié gauche, et inversement. Sans doute, les données des divers expérimentateurs sur la nature et l'étendue des troubles de conduction, occasionnés par des sections hémilatérales, ne concordent pas absolument (1) ; et évidemment, selon les classes d'animaux, on voit apparaître des différences à cet égard. Les expériences sur les animaux et les observations pathologiques, faites chez l'homme, établissent d'une manière incontestable, que du moins les filets *sensoriels* éprouvent constamment un *croisement partiel ;* car, après la section d'une moitié médullaire, aucune partie du corps ne présente une paralysie complète de la sensation (2). Sous ce rapport, la conduite des voies *motrices* semble plus variable. Tandis que les expériences sur

1. Pour l'histoire de cette controverse, consulter von Bezold, *Ztschr. f. wiss. Zoologie,* vol. IX, p. 307.

2. Relativement à ce résultat, tous les observateurs sont d'accord ; cependant, les interprétations divergentes n'ont pas manqué. Ainsi, Chauveau, (*Journ. de la physiol.* t. I, 1858, p. 176) et von Bezold (*Ztsch. f. wiss. Zool.* vol. IX p. 307) considèrent les phénomènes de sensibilité, qui apparaissent du côté de la section transversale, comme des réflexes ; ou, du moins, ils admettent la possibilité d'une interprétation de ce genre. Voir à ce sujet Schiff (*Physiologie,* t. I, p. 233). Primi-

les animaux indiquent également un croisement partiel, et que l'on voit toujours persister du même côté (1) la majeure partie des filets nerveux, les observations pathologiques amènent à cette conclusion : dans la moëlle épinière de l'homme, les voies motrices cheminent sans aucun croisement (2). Partiellement, entre les deux moitiés de la moëlle épinière, les filets s'entrelacent et changent de direction ; il en est de même, d'ailleurs, à l'intérieur de chacune de ces moitiés. Chez tous les vertébrés, les cordons antérieurs et postérieurs semblent correspondre aux racines nerveuses pareillement situées ; de sorte que les cordons antérieurs contiennent seulement des voies motrices, et les postérieurs, des voies sensorielles. Mais, d'après les expériences sur les animaux (3) et l'extension des dégénérescences secondaires chez l'homme (4), les deux voies se mélangent dans les *cordons latéraux*; il en résulte, qu'une partie du système des filets moteurs est déplacée jusqu'à la limite du cordon postérieur, où les ramifications de la voie sensorielle l'embrassent de tous côtés.

Probablement, la *substance grise*, qui environne le canal central, participe essentiellement aux entrelacements des systèmes de filets, qui se sont opérés de cette manière ; car, elle reçoit des filets provenant de certaines directions et les renvoie de nouveau dans d'autres directions. Les faits physiologiques autorisent à présumer, que les filets des racines nerveuses, après leur entrée dans la moëlle ou un court trajet, se terminent dans les cellules ganglionnaires, qui les unissent ensuite à des filets centraux, se dirigeant beaucoup plus haut. Cette hypothèse serait justifiée par l'*irritabilité modifiée*, que les filets des cordons de la moëlle épinière possèdent, par opposition aux filets des nerfs périphériques. Toujours, ces derniers sont facilement et sûrement excités par des irritants mécaniques ou électriques. Il n'en est plus ainsi pour les filets de la moëlle épinière, car plusieurs observateurs leur ont dénié l'irri-

tivement, Brown-Séquard avait adopté un croisement *total* des voies conductrices sensibles (*Journal de la physiologie*, I, 1858. p. 176) ; plus tard, il a justifié ses données, qui étaient basées sur des faits (*Lectures on the physiology and pathology of the central nervous system*. Londres 1860, p. 35).

1. Brown-Séquard, *Lectures*, p. 48. — Vulpian, *Leçons sur la physiologie du système nerveux*. Paris 1866, p. 385.

2. W. Müller, *Beiträge zur patholog. Anatomie und Physiologie des menschlichen Rückenmarks*. Leipsig 1871, p. 3 et suiv. On conclut même à un trajet non entrecroisé, si la paralysie motrice, observée dans les épanchements apoplectiques du cerveau, est bornée au côté opposé du corps. Voir cependant p. 105 et 112.

3. Ludwig et Woroschiloff, *Berichte der sachs. Gesellsch. der Wiss. zu Leipzig math. — phys. Classe*. 1874, p. 296.

4. Flechsig, *Ueber Systemerkrankungen im Rückenmark*. Leipzig. 1878. p. 48 et planche VI, fig. 2.

tabilité (1). Mais, c'est aller trop loin. Puisque l'effet accumulé des irritants ou l'emploi des poisons (de la strychnine, par exemple), qui augmentent l'irritabilité centrale, produisent toujours une excitation, ce changement de conduite, qui se révèle partout dans les filets centraux (2), indique avec une certitude suffisante l'intercalation de la substance grise. Celle-ci exerce une grande influence sur les phénomènes de conduction, parce qu'elle unit évidemment une voie provenant de la périphérie, non seulement avec une seule voie centrale, mais avec plusieurs voies centrales conductrices ; c'est pourquoi, les résistances, qu'elle trouve dans les diverses routes, où une excitation peut se manifester, ont une force inégale. Donc, indépendamment d'une *voie principale*, destinée à transmettre normalement les excitations modérées, il faut constamment distinguer encore des *voies secondaires*, qui seront seulement mises à réquisition, en présence d'irritants d'une forte intensité, ou par suite d'une irritabilité exagérée, ou enfin du mauvais état de la voie principale. Cette manière de voir trouve sa confirmation dans certains phénomènes, présentés par les sections partielles de la moëlle épinière et dans l'observation des réflexes de cet organe, que nous étudierons spécialement dans le chapitre V. Si, dans une partie de la moëlle, on coupe totalement les cordons blancs, en ne laissant qu'un pont mince de substance grise, les impressions sensorielles et les impulsions motrices sont encore transmises; seulement, elles possèdent une intensité plus forte, que d'ordinaire. En même temps, cette faculté de conduction de la substance grise n'est pas liée à des directions déterminées : les cornes antérieures transmettent nécessairement les excitations sensorielles ; et les cornes postérieures, les excitations motrices (3). On découvre encore, que les phénomènes de paralysie, consécutive à la section d'une partie des cordons blancs, disparaissent bientôt, malgré la non-cicatrisation des points sectionnés (4). Enfin, les phénomènes du mouvement réflexe prouvent, que les processus d'irritation ne sont pas simplement transmis dans la moëlle épinière, comme dans un tronc nerveux mixte, et que l'excitation peut se transmettre des voies sensorielles aux voies motrices. Le lieu de cette transmission sera de nouveau la substance grise ; car, si on sectionne entièrement celle-ci, en conservant une par-

1. Van Deen, in *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen*, de Moleschott, vol. VI, 1859. p. 279. — Schiff, *Lehrbuch der Physiologie*. I, p. 238.
2. Comparer chap. VI.
3. Schiff, *Physiologie* I, p. 257, 282.
4. Ludwig et Woroschiloff, *loc. citat.* p. 297.

tie des cordons médullaires antérieurs et postérieurs, le pouvoir réflexe est supprimé. Mais la conduction latérale (Zweigleitung) entre la voie principale sensible et motrice (ce que démontrent les phénomènes réflexes) doit se composer d'un grand nombre de voies conductrices, qui, toutes, sont connexes entre elles. Or, en présence d'un degré moyen d'excitabilité, la faible irritation d'un point limité de la peau n'entraîne une contraction réflexe, que dans ce groupe musculaire, innervé par des racines motrices qui naissent à la même hauteur et du même côté, que les filets sensibles irrités. Si l'irritant ou l'irritabilité augmente, l'excitation se transmet d'abord aux filets radiculaires moteurs de l'autre moitié du corps, qui sont à la même hauteur; si l'irritant est encore plus énergique, l'excitation se propage avec une intensité croissante en haut, ensuite en bas, et, finalement, les muscles du corps tout entier, qui tirent leurs nerfs de la moëlle épinière et de la moëlle allongée, sont excités sympathiquement (1). Donc, par une conduction latérale de premier ordre, chaque filet sensible est uni avec les filets moteurs, qui ont leur origine du même côté et à la même hauteur; par celle de deuxième ordre, avec les filets qui sortent du côté opposé et à hauteur égale; par celles de troisième ordre, avec les filets qui naissent beaucoup plus haut; et, enfin, par celles de quatrième ordre, avec ceux qui prennent naissance beaucoup plus bas.

L'entrelacement des filets et, surtout, la faculté conductrice, illimitée de la substance grise sont un obstacle très-sérieux, lorsqu'il s'agit de démontrer les *voies conductrices spéciales*, qui gouvernent les divers départements du tégument cutané et des groupes musculaires; aussi, nos connaissances à ce sujet sont actuellement très-défectueuses. Les filets sensitifs semblent soumis à la règle suivante: plus ils sont situés en avant, et plus le département cutané, qu'ils innervent, est éloigné de l'axe de la moëlle épinière. Donc, parmi les voies sensorielles des membres inférieurs, celles de la cuisse sont principalement situées en arrière; et celles du pied, principalement en avant (2). Il est en outre prouvé, que les filets sensoriels, destinés à la face postérieure du membre inférieur, cheminent dans les cordons latéraux, où la majeure partie de ces filets effectue des croisements et l'autre partie n'en opère aucun (3). Le trajet des voies motrices dans les cordons latéraux est aujourd'hui mieux

1. Pflüger, *Die sensorischen Functionen des Rückenmarks*. Berlin 1853, p. 67 et suiv.
2. Türck, *Sitzungsb. d. Wiener Akad.* vol. VI, 1851, p. 427.
3. Ludwig et Miescher, *Bericht. d. sächs. Ges. d. Wiss.* 1870, p. 404.

connu : le plus grand nombre de ces voies ne présente pas de croisement ; celles qui transmettent au membre inférieur des réflexes, provenant de la partie antérieure du corps, résident dans la moitié antérieure ; celles qui procurent l'excitation des mouvements coordonnés pour la marche, la station assise etc., siègent dans une région, qui occupe le tiers moyen de la section transversale (1). De plus, les voies motrices des muscles respiratoires doivent se trouver dans la partie supérieure des cordons latéraux. Cette donnée s'applique-t-elle à tous les nerfs respiratoires, nous l'ignorons (2).

Si, prenant pour point de départ les résultats physiologiques obtenus, l'on essaie d'interpréter la *structure de la moëlle épinière*, qui nous est surtout révélée par les coupes transversales microscopiques, l'arrangement des éléments formateurs nous explique, au moins d'une manière générale, cette conséquence physiologique : dans la moëlle épinière, à part une voie principale, toujours de nombreuses voies secondaires unissent ensemble certains points terminaux périphériques et centraux. Le rôle de la voie principale appartiendra aux cordons blancs médullaires (*l*, *m*, *n* fig. 50), qui présentent entre eux et les racines nerveuses émergentes une légère couche de cellules ganglionnaires ; et des conductions secondaires pourront s'effectuer d'une façon multiple, grâce au réseau de cellules et de filets de la masse grise centrale (*d*, *e*). D'ailleurs, des trois cordons principaux de la moëlle, se détachent nettement, en partie dans la moëlle épinière, divers faisceaux, dont l'organisation compacte fait présumer, qu'ils jouent un rôle fonctionnel spécial. Ainsi, dans la moëlle cervicale, la partie, la plus interne, des cordons blancs postérieurs et avoisinant le sillon médian, se sépare de tout le restant : elle porte le nom de *cordons de Goll*. Nos connaissances actuelles sur la structure de la moëlle épinière ne nous permettent pas, d'aller au-delà de ce point : jusque-là seulement, tous les résultats physiologiques sont concordants, mais ils ne nous renseignent nullement sur le parcours intime des voies principales. Or, dans une certaine mesure, l'histoire de l'évolution et les observations anatomo-pathologiques viennent compléter ces données. Elles montrent, que cette portion des cordons latéraux, qui exerce une fonction motrice, chemine sans croisement à la moitié postérieure de ces cordons : c'est alors un faisceau qui, vu de dehors sur une coupe

1. Ludwig et Woroschiloff, *ibid.* 1874, p. 248 et suiv.
2. Schiff, in *Archiv* de Pflüger, vol. IV, p. 225.

transversale, fait saillie dans la substance grise de la corne postérieure (au dedans de *m*) (1). De même, la partie la plus interne des cordons antérieurs moteurs, qui limite directement (en *b*) la scissure longitudinale antérieure, semble aller sans croisement jusqu'à la moëlle allongée ; au contraire, les faisceaux des cordons antérieurs, situés en dehors de ceux-ci, ne sont que partiellement exempts de croisement, car l'autre partie entre dans la moëlle épinière par le côté opposé. De plus, cette portion du cordon latéral, qui couvre, à la surface de la moëlle (en *m*), le faisceau du cordon latéral moteur, précédemment mentionné, représente probablement une voie sensorielle, qui chemine sans croisement et traverse les pédoncules inférieurs du cervelet, pour se ramifier dans ce dernier organe (2). D'après ces faits, la commissure postérieure (*h*) (ainsi que le démontrent surtout les expériences physiologiques) et la commissure antérieure (*f*) joueraient, au moins partiellement, le rôle d'un véritable croisement ; tandis que un autre échange de filets proviendrait de cette connexion, opérée de tous côtés par les prolongements des cellules de la substance grise et qui est indispensable à la conduction réflexe. D'ailleurs, même dans le premier cas, les filets traversent constamment les cellules ganglionnaires, avant de faire leur croisement (3). Une contradiction apparente existe ici

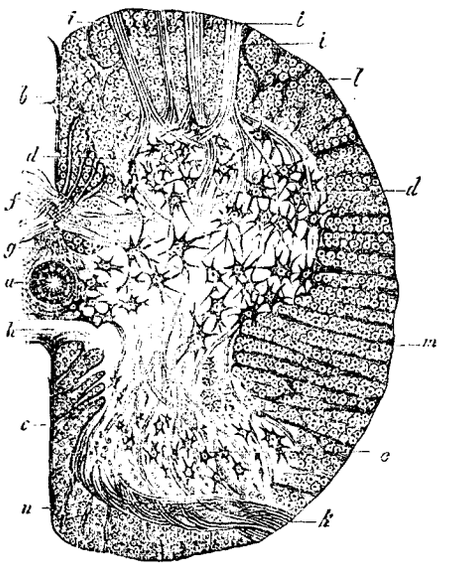


Fig. 50. Section transversale de la moitié inférieure de la moëlle épinière humaine, d'après Deiters. (Pour donner de la netteté à ce dessin, les cellules ganglionnaires ont été plus grossies, que les autres parties.) *a* Canal central. *b* Sillon longitudinal antérieur ; *c* postérieur. *d* Corne antérieure avec les grandes cellules ganglionnaires. *e* Corne postérieure avec les petites cellules ganglionnaires. *f* Commissure antérieure ; *h* postérieure. *g* Substance gélatineuse située autour du canal central. *i* Faisceaux des racines nerveuses antérieures : *k* postérieures. *l* Cordon antérieur. *m* Cordon latéral. *n* Cordon postérieur.

1. Türck, *Wiener Sitzungsb.* vol. VI, p. 304. — Charcot, *loc. citat.*
2. Flechsig, *Ueber Systemerkrankungen im Rückenmark*, p. 30 et suiv.
3. Stilling, *Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks*, p. 60.

entre les résultats de l'anatomie et ceux de l'observation pathologique : d'après la première, une partie des voies motrices des cordons antérieurs éprouve un croisement ; et d'après la seconde, les voies, qui transmettent les *impulsions volontaires* motrices, *ne se croisent pas*, surtout chez l'homme, à l'intérieur de la moëlle épinière. Cette contradiction est résolue par l'hypothèse suivante : il y a dans la moëlle épinière des voies motrices, qui ne sont pas destinées à la transmission des impulsions volontaires, mais à celle des mouvements réflexes, dont les points centraux sensoriels se trouvent dans les organes nerveux supérieurs. Donc, d'après les données que nous avons, la conduction centrifuge des réflexes de ce genre s'effectuerait par des voies, qui ne coïncident pas avec celles de l'excitation volontaire. La moitié *externe* du cordon antérieur serait alors considérée, comme une voie de cette nature ; tandis que les parties internes des mêmes cordons et la portion postérieure motrice des cordons latéraux sont affectées à la transmission des excitations volontaires. De cette manière, la voie motrice se divise en plusieurs branches, ayant un trajet séparé et, peut-être, un rôle fonctionnel différent. Il en est évidemment de même pour la voie sensorielle : alors, du faisceau de filets, déjà mentionné plus haut et passant directement dans les pédoncules inférieurs cérébelleux, il se détache un deuxième faisceau qui, provenant des colonnes de Clarke (p. 58) et de la commissure postérieure, se réunit aux cordons de Goll, pour gagner la moëlle allongée, où il se termine dans les noyaux du funiculus gracilis (*f g*, fig. 27) ; enfin, un troisième tractus de filets contient principalement les prolongements des filets des racines postérieures et s'enfonce dans les noyaux des cordons cunéiformes (*f c*, fig, 27), où (comme nous le verrons plus tard) le système de fibres zonales l'unit aux olives (1). Quel est le rôle fonctionnel attribué à cette séparation ou division? Les notions, acquises à ce sujet, sont plus incertaines, que celles qui sont relatives aux branches de la voie motrice (2). D'ailleurs, la séparation des diverses voies centripètes et centrifuges, dans la moëlle épinière, s'effectue, très-probablement, lors de la différenciation des organes centraux. C'est ce qu'indique, au point de vue physiologique, le fait suivant : chez les vertébrés inférieurs, la grenouille par exemple, les impulsions de la volonté sont absolument transmises, comme les excitations réflexes motrices, à des

1. Flechsig, *Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark*, p. 309 et suiv.
2. Voir à ce sujet, dans le chapitre suivant, la discussion relative aux fonctions des ganglions cérébraux et du cervelet.

voies qui subissent un croisement *partiel*. Également, sous le rapport anatomique, la direction, affectée par les prolongements des cellules, surtout dans la moëlle épinière si simplement organisée des poissons, nous oblige à admettre, que les mêmes cellules ganglionnaires, qui fournissent des filets moteurs aux racines nerveuses, sont unies, par des prolongements ascendants, avec les centres moteurs, situés beaucoup plus haut ; et par des prolongements descendants, avec les voies conductrices sensibles. Par conséquent, les voies conductrices des réflexes et des excitations sensibles et motrices ne sont pas, ici, séparées les unes des autres (1). Dans la moëlle épinière des vertébrés supérieurs, la substance grise est plus riche en cellules et les prolongements de ces cellules prennent des directions très-variables ; et on en conclut généralement, qu'il existe une complication croissante des routes conductrices. Enfin, le fait suivant, facile à constater dans toutes les classes des vertébrés, a certainement une importance qui n'est pas à dédaigner sous le rapport physiologique : la plupart des cellules des cornes antérieures, qui reçoivent les filets radiculaires moteurs, sont beaucoup plus volumineuses, que les cellules des cornes postérieures, qui s'unissent aux filets sensoriels. Les différences, précédemment mentionnées (fig. 12, *a*, p. 34) et présentées par les prolongements des filets, ne peuvent être constatées avec certitude, que sur ces grandes cellules motrices. D'après certaines présomptions, des prolongements de l'axe émaneraient les filets des racines motrices ; et des prolongements protoplasmatiques, les filets ascendants, se dirigeant vers le centre, ainsi que les filets, destinés à s'unir aux cornes antérieures (2). Dans ce cas, probablement, les prolongements de la dernière espèce se résolvent d'abord en un fin réseau de filets, qui parcourt en tous sens la masse grise centrale de la moëlle épinière et engendre alors les filets nerveux. Les cellules des cornes postérieures ne sont peut-être unies avec les filets nerveux afférents et efférents, que par l'intermédiaire de ce réseau fibrillaire (3).

Les conclusions, qui se fondent sur les sections transversales de la moëlle épinière, n'ont pas une évidence suffisante ; car, ces opérations sont toujours accompagnées de phénomènes d'irritation, qui masquent le tableau des troubles de conduction. Toute lésion de la moëlle épinière engendre un état d'irritabi-

1. Stieda, *Ztschr. f. wiss. Zoologie*, vol. 18, planche I, fig. 6.
2. Max Schultze, in *Gewebelehre* de Stricker, I, p. 132, — Gerlach, *ibid.* p. 682.
3. Gerlach, *loc. cit.* p. 683.

lité excessive, qui reste généralement limité au côté du corps lésé et envahit parfois l'autre côté. Quand les routes sensorielles ont été atteintes, cette irritabilité excessive consiste en une *hypéresthésie*, qui se révèle, lors de l'action des irritants, par des réflexes énergiques et des signes de douleur. Si les voies motrices sont lésées, des convulsions d'une longue durée se manifestent spontanément, en apparence, ou bien, après l'irritation des nerfs sensibles. Une *hyperkinésie* de ce genre n'est pas ordinairement bornée au côté lésé, ainsi que cela se produit généralement pour l'hypéresthésie (1). Avec celle-ci, la diminution de sensibilité de la moitié opposée du corps apparaît donc avec plus de netteté ; tandis que l'hyperkinésie rend, pendant un certain temps, les symptômes de paralysie beaucoup plus confus. Ces deux modifications de l'irritabilité ne se rattachent pas directement à la solution de continuité, mais se montrent quelque temps après le traumatisme, pour disparaître graduellement ; c'est pourquoi, elles trouvent leur explication dans un état d'irritation, occasionné par la lésion. Dans ce cas, l'augmentation de sensibilité est, probablement, limitée davantage au côté lésé, parce que l'irritation se propage spécialement aux filets des racines du même côté. L'hyperkinésie n'est pas bornée de cette manière. Elle ne dépend pas de la conduction, qui va au cerveau, mais prend naissance dans la moëlle épinière même, puisque, dans les filets médullaires ou dans la substance grise de cet organe, il se développe un état d'irritation, qui se traduit par une excitabilité réflexe extrême ou par une excitation directe des filets moteurs (2). L'état d'hyperkinésie semble cependant se propager graduellement et dépasser l'endroit lésé. D'après les expériences de Brown-Séquard, les animaux, qui ont survécu aux traumatismes

1. D'ailleurs, Sanders (*Geleidingsbanen in het ruggemerg*. Groningue 1866, p. 66 a parfois observé une hypéresthésie passagère, dans le côté opposé, qui est ordinairement plus insensible.

2. Schiff (*Lehrb. d. Physiol.* I, p. 274) a déjà fait ressortir, à l'inverse de Brown-Séquard, que l'hypéresthésie ne peut pas être la conséquence de la solution de continuité. Ce savant voulait attribuer cet état à une irritation des cordons postérieurs, qui exercerait une modification ou altération sur la substance grise ; et il n'est pas arrivé à expliquer, pourquoi l'hypéresthésie était bornée à un seul côté du corps. Sanders a observé chez de jeunes animaux, que l'hypéresthésie peut se transmettre aux voies sensibles, qui sortent *en avant* du point sectionné ; il la rattache par conséquent à une propagation de l'irritation traumatique, qui, selon les circonstances, serait capable d'acquérir une extension variée (*loco cit.* p. 151). Selon les observations de Schiff et les affirmations de Sanders, l'hypéresthésie est plus fortement développée après la simple section transversale des cordons postérieurs, que si la substance grise est simultanément lésée. Probablement, c'est parce que, dans ce dernier cas, la conduction rencontre, en même temps, des obstacles, qui gênent son fonctionnement. — Jusqu'à ce jour, l'hyperkinésie est restée à peu près inexpliquée (voir à ce sujet Schiff, *loco cit.* p. 290). Pour s'en rendre compte, on s'est trop laissé déterminer par l'analogie avec l'hypéresthésie. Mais il ne faut pas oublier, qu'il s'agit toujours, pour l'hypéresthésie, de savoir, quelles sont les routes ouvertes pour la transmission des impressions de sensation au cerveau ; et pour l'hyperkinésie, on doit prendre uniquement en considération l'irritation des tissus moteurs de la moëlle. Ainsi s'explique facilement, comme nous l'avons indiqué plus haut, l'extension plus indéterminée de cet état.

de la moëlle épinière, présentent, après quelques semaines, des convulsions générales; celles-ci se manifestent spontanément, en apparence, ou lors de de l'action modérée d'irritants sensibles (1). Le foyer central de ces convulsions siège (comme nous le montrerons plus tard (2) dans la région de la moëlle allongée et du pont de Varole ; par conséquent, dans les cas de ce genre, la modification de l'irritabilité atteindra ces parties. Évidemment, les altérations de l'irritabilité, qui accompagnent ainsi toutes les sections transversales partielles ou d'autres solutions de continuité pathologiques, empêchent de bien apprécier les troubles de conduction. C'est ce que l'on remarque surtout, lors de la conduction des impressions sensorielles ; car, l'état d'irritabilité exaltée se révèle spécialement dans les filets des racines sensibles du côté lésé. Le tableau ordinaire, présenté par les sections transversales hémilatérales ou les traumatismes de la moëlle est donc le suivant : paralysie musculaire, presque complète et irritabilité exaltée de la peau du côté lésé ; légers troubles moteurs et diminution de sensibilité du côté opposé (3). On en conclut avec une certitude suffisante, que la plupart des voies motrices se dirigent en haut, sans se croiser. La majeure partie des voies sensibles chemine-t-elle en droite ligne ou en se croisant? nous l'ignorons. Comme l'irritabilité exaltée siège dans les filets radiculaires, voisins du point lésé (fig. 51), dès qu'une partie des voies (par exemple *b*) passe à l'autre côté, la sensibilité augmentera en *A*, à l'expansion périphérique de ces filets radiculaires. A la moitié opposée du corps *B*, que n'atteint pas généralement la modification, émanée du point lésé, on observe simplement cette diminution de sensibilité, qui est consécutive à la section des filets croisés *b'* (4).

1. Brown-Séquard, *Archives gén. de méd.* 5e série, t. VII, 1856, p. 14. Après des lésions des nerfs périphériques (*Gazette méd.* 1871, p. 6, 38), ce physiologiste a observé des attaques épileptiformes analogues. Westphal (*Berliner klin. Woch.* p. 449) a aussi noté ces convulsions chez des animaux, dont le cerveau avait été violemment ébranlé.

2. Voir chap. V.

3. Pour les observations pathologiques, qui offrent un semblable résultat, consulter Brown-Séquard, *Journal de la physiol*, VI, p. 124, 232, 581, *Archives de physiol.* I, p. 610, II p. 236 ; et W. Müller, *Beiträge zur pathol. Anat. u. Physiol. d. mensch. Rückenmarks.* Leipzig, 1871, p. 3 et suiv.

4. La sensibilité de *A* (fig. 51) résulte de l'irritabilité des faisceaux de filets *a* et *b* ; celle de *B*, de l'irritabilité de *a'* et *b'*. Si la section transversale, pratiquée en *x*, seulement, entraînait un trouble de conduction, la sensibilité serait uniformément diminuée des deux côtés du corps, à condition, par exemple, qu'il y eut un nombre égal de filets nerveux à parcours croisé et non croisé. Mais, si dans les environs de *x*, l'irritabilité des filets des racines est simultanément élevée, la sensibilité en *A* sera plus grande, qu'en *B* ; car, dans le faisceau *b*, l'excitation est plus énergique, qu'en *a'*. D'ailleurs *a* et *b'*, par suite de leur terminaison dans la substance grise, peuvent mettre en jeu des mouvements réflexes, qui ont lieu indépendamment de la sensation consciente ; ces réflexes seront même plus intenses en *A*, qu'en *B*, parce qu'ils sont ordinairement prépondérants du côté irrité, soit parce que la modification, émanée de *x*, agit spécialement sur les filets des racines. Nous n'avons aucune donnée sur les degrés de modification de l'irritabilité. Nous ignorons donc, dans quelle étendue, les symptômes de paralysie de la sensation, consécutifs à la section des filets non croisés, sont masqués par l'hyperesthésie

A la faible irritabilité de la masse nerveuse centrale (précédemment mentionnée) se rattachent probablement des phénomènes particuliers, qui peuvent être rapportés à des variétés de la conduction sensorielle. Lorsque cette conduction, par suite d'une section des cordons blancs postérieurs, n'est effectuée que par la substance grise, il faut en général des irritants très énergiques et fréquemment répétés, pour que l'excitation se propage à travers la lacune existante. Dès que l'excitation est engendrée, elle a ordinairement une intensité, une extension et une durée extrêmement fortes. Un état opposé semble se manifester, quand la substance grise est complètement sectionnée : alors, sur une certaine étendue, la conduction peut être uniquement effectuée par les cordons blancs médullaires. Si les cordons blancs postérieurs sont seuls conservés de cette manière, l'irritabilité des portions cutanées, situées au-dessous du point sectionné, n'est pas modifiée par des impressions faibles et d'une énergie modérée. Au contraire, l'impression ayant une intensité moyenne, l'excitation atteint son maximum ; aussi, toute autre augmentation des irritants ne provoque aucun signe énergique de sensibilité, nul symptôme de douleur. Un phénomène absolument analogue s'observe (sans lésion de la moëlle épinière), après l'action de certains agents anesthésiques, par exemple de l'éther, du chloroforme, qui modifient la substance centrale. A un moment donné du sommeil éthéré ou chloroformique, la sensibilité pour les impressions d'une énergie moyenne n'est pas notablement modifiée ; en présence des irritants plus violents, elle diminue et est suivie d'un état, non d'absence de sensation, mais d'absence de douleur, d'*analgésie*. Ces phénomènes merveilleux s'expliquent, si nous les mettons en regard des faits, signalés à propos de l'irritabilité de la substance centrale. Après avoir parcouru la substance grise, les cordons blancs de la moëlle épinière ont leur irritabilité modifiée; et évidemment, la modification sera d'autant plus importante, que l'irritation doit traverser des masses plus puissantes de substance grise. Or, les diverses voies offriront à cet égard des différences notables, si, par exemple, directement après leur entrée dans les cornes antérieures ou postérieures, elles proviennent de nouveau de ces dernières et cheminent en haut dans les cordons médullaires, ou bien, si elles décrivent des trajets entrelacés dans le réseau cellulaire

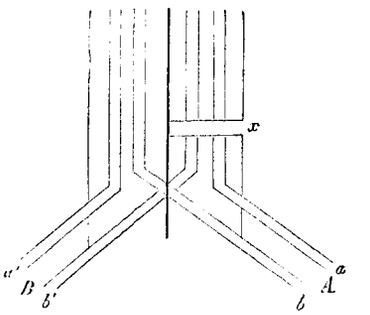


Fig. 51.

dans les filets croisés et par l'élévation de l'excitabilité réflexe. Si la lésion existe depuis un certain temps, sans doute la modification de l'irritabilité disparaît, mais alors on voit constamment apparaître ces compensations de la conduction, étudiées ultérieurement et engendrant graduellement un état, qui se rapproche de plus en plus des conditions normales.

des cornes grises, afin de pénétrer accidentellement beaucoup plus haut ou plus bas dans les cordons médullaires. Si toutes les voies conductrices sont conservées, l'excitation, en présence d'irritants d'une énergie moyenne, ne se propagera généralement qu'à la voie principale simple ; et, en présence d'irritants plus intenses, elle atteindra simultanément les voies latérales, qui montrent des résistances plus considérables. C'est ce dont témoigne le fait suivant : à travers la substance grise, une voie latérale spéciale, déjà mentionnée, à savoir celle qui opère le passage de la conduction sensorielle à la conduction motrice et transforme les impressions sensibles en mouvements réflexes, entre également en excitation sympathique, quand les irritants sont très-énergiques. Si, au contraire, la voie principale est interrompue, parce que les cordons blancs médullaires sont sectionnés ou devenus impraticables, naturellement l'irritation devra être plus forte, pour se propager à travers le point lésé. Il en est autrement, si la conduction est séparée par la masse centrale grise et ne se maintient, que par les cordons blancs. Pour comprendre les résultats produits dans cette circonstance, il faut tenir compte de cette autre propriété de la substance grise : celle-ci a le pouvoir de colliger, pour ainsi dire, en elle-même les excitations ; c'est pourquoi, elle répond sur-le-champ, par une excitation énergique et soutenue, aux irritants souvent répétés. Si les irritants augmentent, le point limite sera atteint, relativement de bonne heure, dans la voie principale, où l'excitation ne peut plus s'accroître. Mais, si l'excitation doit traverser de grandes étendues de substance grise, cette limite maximum est atteinte, par l'effet d'une intensité supérieure de l'irritant, et, grâce à cette intensité, l'effet de l'excitation, c'est-à-dire la sensation ou la secousse musculaire, possède une énergie bien plus considérable. Nous avons encore un témoignage de ce fait dans la conduite de cette transmission ramifiée centrale, qui unit ensemble les voies motrices et sensorielles. Quand l'irritant ou l'irritabilité augmente, le mouvement réflexe peut même arriver à un degré, qui n'est pas égalé, lors de l'excitation directe des filets nerveux moteurs. Par conséquent, la fig. 52 représentera, pour les deux formes de substance nerveuse, la loi, d'après laquelle, lorsque l'irritant augmente, l'excitation s'accroît ; dans ce dessin, les excitations sont rapportées, comme des ordonnées, sur une ligne d'abscisse xx' et les longueurs des ordonnées correspondent aux grandeurs des irritants.

La courbe $a\ b\ c$ décrit la loi de l'excitation pour la substance blanche ; et la courbe $e\ f\ g$, pour la substance grise. En présence d'une valeur supérieure de l'irritant, la courbe $e\ f\ g$ abandonne la ligne d'abscisse et atteint un maximum plus élevé. De cette manière, s'expliquent aussi les phénomènes remarquables de l'analgésie. Les voies conductrices étant toutes conservées, l'excitation, qui, par suite de faibles irritants, prend uniquement la voie principale, passera au contraire, de préférence aux voies latérales et traversera la substance grise, si les irritants sont très-énergiques ; car, seule, la substance grise dispose d'une provision de forces, correspondant à l'intensité de l'irritant. Si la masse centrale grise est sectionnée, il ne reste que l'excitation maximum, déjà

atteinte lors d'une énergie moindre de l'irritant, qui puisse être transmise à la voie principale. Il semblerait donc, que des voies conductrices séparées existent pour les *irritants tactiles* et les *irritants douloureux*, ainsi que cela avait été admis par Schiff, qui observa, le premier, ces phénomènes (1). De même, la théorie précédente nous explique comment, malgré la solution de continuité de la substance grise, les anesthésiques, qui paralysent cette substance et diminuent fortement l'excitabilité réflexe, sont justement capables de produire l'analgésie.

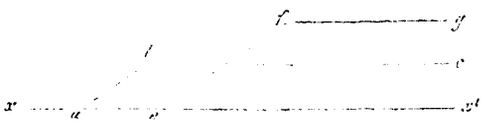


Fig. 52.

4. — Conduction dans la moëlle allongée.

Si nous passons de la moëlle épinière à la moëlle allongée, les difficultés, que présente l'étude des voies conductrices, augmentent. Ces obstacles sont dûs, sans doute, à la structure compliquée de ces voies, qui rend en même temps le trajet de celles-ci plus inextricable ; mais ils proviennent, principalement, de ce que les phénomènes, consécutifs aux solutions de continuité, se révèlent sous l'aspect de troubles ou perturbations très-complexes et non de simples interruptions de conduction. Or, après la section des prolongements des cordons moteurs, on n'observe parfois, qu'une suppression de l'influence volontaire, bien que les centres, involontairement excités, produisent encore l'innervation des muscles ; et tantôt, ce sont de telles perturbations dans la combinaison des mouvements, que la juste mesure de ces actes semble supprimée. Dans la moëlle épinière, il est déjà difficile de reconnaître les troubles de la conduction sensible. Cette difficulté s'accroit, à mesure qu'on se rapproche davantage du cerveau; car, lors de la suppression absolue de la sensation consciente, on voit apparaître des réflexes toujours plus compliqués, que l'observateur objectif distingue à peine des réactions conscientes. La cause évidente de toutes ces modifications est, que les filets conducteurs sont très-souvent interrompus par des amas de substance grise, qui simultanément unissent ensemble différentes voies conductrices. Pour chaque solution de continuité, il faut donc prendre en considération l'influence, qu'exer-

1. Schiff, *Physiologie*, I, p. 251. — Voir à ce sujet le chap. IX.

cent encore les centres restés intacts et situés au-dessous de cette section.

Relativement très-simple est la réponse à cette question : *de quel côté* de la moëlle allongée et des pédoncules cérébraux cheminent les voies conductrices? Éprouvent-elles et où subissent-elles d'autres croisements, indépendamment de celui qui a été déjà effectué dans la moëlle épinière ? D'après les observations pathologiques, faites chez l'homme, les vastes destructions de substance d'un hémisphère produisent régulièrement la paralysie complète motrice et sensible de la moitié opposée du corps ; mais, du même côté, le mouvement et la sensation sont conservés. Dans ce cas, chez les quadrupèdes, la paralysie du côté opposé n'est pas complète ; et on en trouve des traces, dans le même côté. On a conclu de là, que chez l'homme le croisement était total ; et partiel seulement, chez les autres mammifères (1). Or, cette interprétation est très-douteuse. Premièrement, chez les mammifères inférieurs, les centres, situés dans les tubercules quadrijumeaux et les couches optiques, et dont les filets, même chez l'homme, subissent un croisement partiel, jouissent évidemment d'une plus grande indépendance (2). Deuxièmement, l'irritation de tous les filets de la couronne radiée et de certains points centraux dans l'écorce cérébrale a une action croisée, chez tous les mammifères (3). Il serait donc juste de supposer, que ces différences tiennent uniquement à la prépondérance fonctionnelle de diverses parties cérébrales,des lobes cérébraux chez l'homme, des ganglions cérébraux postérieurs chez les mammifères inférieurs.

Quant aux endroits, où s'opère le passage des filets d'un côté à l'autre côté, voici ce que nous apprend l'expérimentation physiologique. D'après Schiff, le croisement commence presque au point, où le canal central s'élargit, pour constituer la fosse rhomboïdale. Dans ce cas, ces filets, qui produisent le mouvement de la colonne vertébrale et de la tête, passent de l'autre côté ; beaucoup plus haut, près du pont de Varole, se croisent alors les voies pour les extrémités postérieures ; à la limite du pont, les filets, destinés au mouvement de la colonne vertébrale et de la tête, éprouvent de nouveau, du côté primitif, un croisement en arrière, tandis qu'à hauteur égale commence le croisement pour les muscles des extrémités antérieures (4). Proba-

1. Schiff, *Lehrbuch der Physiologie*, I, p. 363.
2. Voir chap. V.
3. Gliky, in *Beiträge zur Physiologie* d'Eckhard. VIII, p. 183. Voir plus bas n° 7.
4. Schiff, *Lehrb. d. Physiol.* I, p. 320.

blement, ce dernier croisement s'achève, durant le parcours à travers le pont de Varole ; car, d'après Afanasieff, les voies motrices pour les deux extrémités se croisent dans les pédoncules cérébraux, de la limite du pont jusque vers la hauteur du tuber cinereum ; les filets pour les muscles dorsaux et cervicaux se croisent enfin une deuxième et dernière fois, à la hauteur du tuber cinereum ; aussi, à partir de ce point, une section transversale hémilatérale amène la paralysie (hémiplégie) de tous les muscles de la moitié opposée du corps (1). Selon Schiff, les voies sensorielles se croisent totalement, durant leur trajet à travers le pont de Varole ; car, la section hémilatérale de la moëlle allongée reproduit essentiellement les mêmes phénomènes, que la section transversale hémilatérale de la moëlle épinière ; mais dans les pédoncules cérébraux, le croisement complet est déjà accompli (2).

Ces résultats ont été interprétés de bien des manières. Ils pourraient servir de base à des conclusions, si cette supposition, prise le plus souvent pour point de départ, qu'il y a seulement *une* voie motrice et sensorielle allant au cerveau, était juste, ou si l'on était certain, que les expériences se rapportent exclusivement à l'*une* des conductions, qui existent pour chaque province périphérique du corps. Mais cette dernière condition fait ordinairement défaut. Au contraire, il est probable, que tantôt ces cordons de filets, tantôt ceux-là ont été spécialement atteints par l'instrument de l'opérateur.

Bien plus considérables sont les difficultés, qui s'opposent à l'étude du trajet intime des diverses voies. Des sections transversales partielles semblent nous apprendre, que les filets sensoriels occupent une position latérale dans la moëlle allongée (3). Ce changement de situation apparaît déjà sur une étendue considérable, avant l'ouverture de la fosse rhomboïdale. Il n'est donc pas la conséquence de l'écartement des cordons médullaires, à l'endroit de la fosse rhomboïdale. Il indique, que les cordons postérieurs de la moëlle allongée ne sont pas les pro-

1. Afanasieff, *Wiener med. Wochenschrift*, 1870, n° 9 et 10, p. 137 et 153.
2. Schiff, *loc. cit.* p. 304, 321. — Afanasieff, *loc. cit.* p. 153. Ces résultats ne s'appliquent d'ailleurs, qu'aux mammifères. Chez les oiseaux, on démontre, que la plupart des voies éprouvent aussi un croisement ; mais le point de ce croisement est inconnu. Chez les vertébrés inférieurs, le cheminement des voies motrices rectilignes semble prédominant. Après avoir supprimé un hémisphère de la grenouille, j'ai observé, que l'énergie du mouvement avait régulièrement diminué, du côté lésé ; au contraire, l'excitabilité réflexe s'était accrue ; probablement, cette augmentation serait due à l'influence, exercée par les centres nerveux supérieurs sur l'arrêt (Hemmung) des réflexes, qui sera discuté dans le chapitre VI.
3. Schiff, *loc. cit.* p. 301.

longements directs des cordons postérieurs de la moëlle épinière. L'examen anatomique confirme absolument cette donnée. D'après lui, les corps striés ont pour origine les masses grises de la moëlle allongée; les cordons postérieurs cessent en partie, par leur terminaison définitive dans d'autres masses grises, et leur restant abandonne sa position première, se rejette de côté et s'enfonce dans la profondeur. L'étude des voies de conduction motrice fournit un résultat analogue. Une portion de ces voies semble renfermée dans les pyramides, qui occupent la place des cordons antérieurs primitifs ; car, la section transversale des cordons à gousse (Hülsenstränge), qui enveloppent les noyaux olivaires à côté des pyramides, entraîne également des paralysies partielles (1). La raison de cette conduite nous est ainsi expliquée par l'anatomie : parmi les prolongements de la majeure partie des cordons antérieurs à travers les pyramides et à travers les olives, les uns sont rejetés de côté et les autres repoussés dans la profondeur. Par conséquent, la façon, dont les voies conductrices se comportent dans la moëlle allongée, se lie essentiellement à la présence de ces deux formations, qui seront spécialement étudiées au point de vue de leur rôle.

Les *pyramides* (Fig. 26 *p*) sont un système de fibres entrecroisées sur la ligne médiane de la moëlle allongée. D'après les dissections anatomiques, elles proviennent, en bas, d'une partie des cordons latéraux et antérieurs ; en haut, elles se prolongent dans le pied du pédoncule cérébral. Le trajet intime de ce système de filets nous est révélé, d'une manière assez complète, par la dégénérescence ascendante qui le pénètre, lors de la destruction de ses terminaisons cérébrales. C'est le prolongement de cette ramification de la voie *motrice*, qui chemine sans croisement dans la portion postérieure des cordons latéraux et dans la moëlle épinière, vers la limite interne des cordons antérieurs. Dès cet endroit, il subit un croisement, qui atteint *seulement le faisceau du cordon latéral et non celui du cordon antérieur;* de sorte que, après le croisement, chaque pyramide contient un plus grand faisceau de fibres, correspondant au côté opposé du corps, et un faisceau plus petit, correspondant au même côté. Le prolongement central de cette voie se poursuivrait, paraît-il, jusqu'à l'écorce cérébrale et sans être interrompu par la substance grise. Après qu'il a parcouru le pont de Varole (Fig. 26, p. 60), ses fibres gagnent le pied du

1. Schiff, *ibid.* p. 310.

pédoncule cérébral, dans l'espace situé entre le noyau lenticulaire et la couche optique ; beaucoup plus haut, entre le noyau lenticulaire et la queue du corps strié ; et, à partir de ces points, elles passent dans la couronne de Reil, où elles forment surtout ces masses de filets, qui se terminent dans la région des circonvolutions centrales et de leur entourage (1) (*V C, H C*, Fig. 40, p. 82). D'après les paralysies, consécutives à la lésion des pyramides et de leurs prolongements dans le pédoncule cérébral, une partie de la voie, qui est relativement bien circonscrite de cette manière, sert également à la *conduction de la volonté*. D'ailleurs, ce fait, que les lésions hémilatérales du cerveau, chez l'homme, ont constamment pour conséquence une paralysie complètement croisée, même quand le foyer de la maladie se trouve dans le pont, directement au-dessus du point de croisement, est en contradiction apparente avec le trajet non croisé de la portion du cordon antérieur des pyramides (2). On doit donc conclure seulement, que la voie du cordon antérieur des pyramides *n'effectue pas* la conduction de la volonté, mais celle des autres excitations motrices (3).

Les *olives* (*o* Fig. 26), ces éminences situées des deux côtés des pyramides, et les *corps striés* (*p i* Fig. 27), qui limitent en arrière la fosse rhomboïdale, seraient, d'après les données fournies par le microscope, directement en rapport. Ces deux formations, comme le *système des fibres zonales* (*g* ibid.), qui environnent toute la surface de la moëlle allongée, semblent se rattacher à la présence du *cervelet*. Le noyau gris, plissé des olives (*n d* Fig. 26, *O* Fig. 53) est revêtu, à son côté externe, de fibres zonales (*Z*). On suppose, que ces fibres s'infléchissent, d'un côté, dans les corps striés et leurs prolongements (les pédoncules cérébelleux *M F C*) et qu'après avoir pénétré, d'autre part, entre l'olive et la pyramide (en XII) dans la moëlle, elles franchissent la ligne médiane, pour s'unir à l'olive du côté opposé (en *O i*). Un noyau ganglionnaire, siégeant beaucoup plus haut, *l'olive supérieure* aurait

1. Charcot, *Leçons sur les localisations* etc., p. 115 et suiv. — Flechsig, *Ueber Systemerkrankungen*, p. 42 et suiv. Quelques auteurs distinguent, à part le croisement moteur des pyramides, leur croisement sensoriel, dit *supérieur*, composé de faisceaux très délicats (Meynert, in *Gewebelehre* de Stricker, p. 804). Cette partie de la voie du cordon postérieur, qui, d'après les démonstrations de Flechsig, se développe indépendamment des pyramides, suit en haut et en bas de tout autres chemins, où elle est interrompue par la substance grise. On doit donc la distinguer absolument des pyramides, proprement dites. Il devient donc impossible d'admettre la connexion continue, que Meynert avait signalée entre le lobe occipital et les cordons postérieurs (Flechsig, *loc. citat.* p. 105).

2. Brown-Séquard, *Lectures*, p. 99. — Nothnagel, *Topische Diagnostik der Gehirnkrankheiten*. Berlin 1879, p. 131.

3. Prenant pour base ses recherches sur la dégénérescence descendante, Türck

une (1) importance analogue à l'olive; la plus grande partie de ses fibres doit entrer dans le pédoncule cérébelleux du même côté (2). D'autres fibres, venues des olives inférieures se rendent dans la couche des filets longitudinaux, qui sont situés au milieu d'elles, passent ensuite, à l'intérieur du pont de Varole, dans la ganse du pédoncule cérébral et de là, probablement dans les tubercules quadrijumeaux (3). Les cordons postérieurs de la moëlle épinière envoient des filets aux deux olives; aussi, ces cordons éprouvent-ils soudainement une énorme réduction, dès que les olives et les corps striés font leur apparition. Leurs faibles restes siègent directement au-dessous des pédoncules cérébelleux, où ils sont révélés par la substance gélatineuse (*G*), qui est évidemment la continuation de la substance gélatineuse des cornes postérieures de la moëlle épinière (*f* Fig. 25, p. 57). Des filets unissent les cordons postérieurs aux olives : les uns, sur la ligne médiane *R*, se dirigent d'arrière en avant et constituent alors la portion la plus interne de la couche zonale *Z*, d'où ils pénètrent, du dehors, dans le noyau olivaire; les autres ont un trajet plus oblique et perforent ainsi, en *M F I*, la substance rétiforme, qui occupe le noyau médullaire. Probablement, les noyaux gris, situés à la partie la plus élévée des cordons postérieurs, justement à l'endroit où le sinus rhomboïdal s'ouvre au-dessus

adopta un croisement de la voie du cordon antérieur des pyramides dans la moëlle épinière. Selon Flechsig, ces filets de croisement appartiennent exclusivement à la portion des cordons antérieurs qui ne passe pas dans la voie des pyramides. Le rôle fonctionnel de la portion non croisée de ces dernières, abstraction faite de cette proposition négative, qu'elles ne peuvent pas servir à la conduction directe de la volonté, nous est naturellement inconnu ; et des présomptions, qui assurément ne reposent sur aucune preuve, ont ici un large champ, pour s'exercer. Ainsi, on pourrait admettre, par exemple, que cette voie non croisée contribue à la conduction de ces excitations motrices, qui apparaissent coordonnées, du côté opposé du corps, avec les mouvements directement voulus. De cette manière, on expliquerait probablement cette observation merveilleuse de Flechsig (*loc. cit.* p. 48), que, dans les voies des pyramides, la portion relative des cordons antérieurs est soumise à de grandes variations individuelles ; car des mouvements associés de ce genre sont également très-divers, selon les sujets. A cet égard, voir plus haut, page 118, les remarques sur le croisement dans la moëlle épinière.

1. Cette olive supérieure est recouverte par l'extrémité inférieure du pont de Varole. Chez les mammifères, qui ont un pont de Varole beaucoup plus court, elle forme, au-dessous de lui, un gonflement nommé le corps trapézoïde.

2. Deiters (*Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark*, p. 264, 301) a démontré, que le système des fibres zonales met les olives en connexion avec les pédoncules cérébelleux. D'après Meynert (*loc. cit.* p. 763), cette conduction serait croisée, au moins en grande partie.

3. Flechsig (*Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark*, p. 35, 337).—Kahler et Pick ont observé, lors d'une lésion en foyer de la portion rubanée du pont de Varole, la dégénérescence secondaire d'une olive et de la voie du cordon postérieur, qui lui correspond (*Beiträge zur Pathologie und pathologischen Anatomie des Centralnervensystems*. Leipzig 1879, p. 179).

de ces derniers, dévient les filets des cordons postérieurs de la direction verticale, gardée jusqu'alors et leur donnent la direction transversale. En outre, une partie des filets semble s'écarter des noyaux des cordons postérieurs, pour aller en droite ligne au cervelet, sans prendre un chemin détourné au-dessus des olives. C'est ainsi, que se ramifie la conduction de la voie sensorielle, qui passe à travers les olives et la substance grise des cordons postérieurs, pour se rendre au cervelet et, par une petite portion, dans les tubercules quadrijumeaux. Cette donnée concorderait avec l'importance de la partie principale de cette voie, qui monte au cervelet, si l'on parvenait à démontrer, que des filets cheminant vers le centre unissent cette voie aux noyaux du nerf auditif et aux noyaux du trijumeau (1). Abstraction faite de ces filets du cordon postérieur, ramifiés en grande partie à travers les olives et suivant un parcours entrecroisé, le cervelet reçoit du cordon latéral un faisceau très-grêle, qui pénètre, sans croisement, dans le pédoncule cérébelleux inférieur du même côté. Dans la moëlle épinière, ce faisceau, comme une zone délicate (en *m* Fig. 50, p. 118), recouvre extérieurement le cordon latéral des pyramides et est caractérisé par la dégénérescence, qui se propage, à son intérieur, dans la direction ascendante (2). Cette direction du processus pathologique nous dispose à admettre, que ce faisceau tient également sous sa dépendance les parties sensibles du corps.

Par suite du rassemblement d'une grande partie des voies motrices dans les pyramides, des voies sensorielles dans les olives et la substance grise des cornes postérieures, les routes conductrices, montant directement de la moëlle épinière au cerveau, sont repoussées de la position, qu'elles occupent dans la moëlle épinière. Grâce aux pyramides, les cordons antérieurs moteurs sont rejetés de côté et en arrière; quelques-uns, sous forme de cordons à gousse (en arrière de *XII* fig. 53), recouvrent les noyaux olivaires; les autres sont situés derrière les pyramides, où ils donnent lieu, des deux côtés de la ligne médiane, à une couche de filets verticaux, qui s'étend jusque vers le plancher gris du canal central et de la fosse rhomboïdale (*M F J*). A l'intérieur des éminences rondes, une partie de ces filets du cordon antérieur se réunit et constitue un faisceau compacte ou *faisceau longitudinal postérieur*, qui reste distinct, même après avoir traversé le pont de

1. Meynert, *loc. cit.* p. 777, 781. — Consulter Stilling, *Untersuchungen über den Bau des Hirnknotens.* Iéna 1846, p. 124, 127.
2. Flechsig, *Ueber Systemerkr.* p. 30 et planche VI, fig. 1, 2.

Varole (*h l* fig. 55) (1). Quant aux cordons latéraux, nous savons déjà, qu'une grande partie d'entre eux se transforme en pyramides. Dans le cas contraire, on les trouve placés (en *M F E*) en dehors des restes des

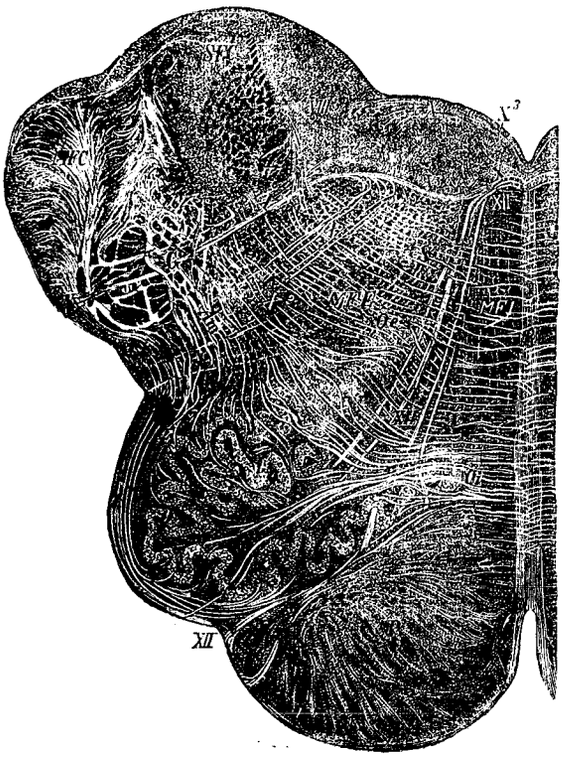


Fig. 53. Section transversale de la moelle allongée de l'homme, à la hauteur des racines les plus supérieures du pneumogastrique, d'après Meynert. *P* Pyramide. *O* Olive. *Oi* Olive accessoire interne ; *Oe* externe. *Z* Fibres zonales, environnant l'olive. *Am*, *As* Filets arciformes, profondément situés. *MFC* Segments externe ; *SFC* interne du pédoncule cérébelleux. *VIII* Filets du nerf auditif. *X*, *X*¹ Filets du nerf vague. *X*² Noyau antérieur du nerf vague. *X*³ Eminence ronde avec le noyau postérieur du nerf vague. *X*⁴ Filets postérieurs des racines du nerf vague. *XII* Filets des racines de l'hypoglosse. *R* Raphé. *MFA* Restes du cordon antérieur. *MFE* Substance perforée rétiforme et restes du cordon latéral. *G* Substance gélatineuse et restes du cordon postérieur.

cordons antérieurs situés à côté du raphé, où ils sont encore plus dissociés, que ces derniers, par les filets transverses connexes avec le

1. Pour les conjectures relatives au sort ultérieur et au rôle de ce faisceau, cons. Forel, *Archiv für Psychiatrie* VII, p. 417, 486.

système zonal et par les cellules ganglionnaires disséminées ; leurs portions les plus antérieures doivent passer (fig. 53 entre *A m* et le noyau olivaire) dans les faisceaux les plus externes limitatifs des olives, c'est-à-dire dans la partie externe du cordon à gousse (1). Lorsque les cordons postérieurs ne prennent pas la route vers le cervelet, quelques uns se détournent en avant, pour subir, au-dessus des pyramides, un croisement sur la ligne médiane (2) : tous les autres, cheminant probablement en dehors des restes du cordon latéral, sont directement recouverts en haut (en *G*) par les pédoncules cérébelleux et reconnaissables à la substance gélatineuse, déposée à leur intérieur, qui est la continuation de celle des cornes postérieures de la moëlle épinière (3). Indépendamment de ces parties, la moëlle allongée possède encore de nombreux tractus de fibres et des masses éparses de substance grise, dont l'interprétation est, jusqu'à présent, absolument impossible. Nous pouvons conclure seulement d'après les expériences physiologiques, qu'à l'égal de la moëlle épinière, la moëlle allongée contient des routes, qui unissent les voies sensorielles et motrices et servent aux réflexes importants, provenant de la moëlle allongée. En outre, des conductions centrales spéciales doivent exister dans cet organe ; elles sont mises à réquisition pour les excitations automatiques complexes, qui ont ici leur siège, comme pour les mouvements cardiaques et respiratoires (4).

5. — Voies conductrices du cervelet.

Le cervelet des mammifères renferme (ainsi que nous l'avons auparavant remarqué) de la substance grise, sous forme de noyaux ganglionnaires, et de plaque corticale, revêtant sa surface tout entière (page 65). Nous savons très-peu de chose sur le rapport, que les filets afférents et efférents du cervelet affectent avec ces masses grises (compar. fig. 27, page 61). Les fibres des corps striés se perdent, en s'infléchissant autour du noyau denté, surtout à son bord antérieur ; et ensuite, au lieu de s'unir, ce semble, à la substance grise de ce noyau,

1. Stilling, *Ueber den Hirnknoten*, p. 25 et planche I *d, e*. — Consulter aussi Henle, p. 186 et fig. 117.
2. Le croisement supérieur (en faisceaux très-fins) des pyramides, d'après Meynert. (Voir plus haut p. 129, note 1).
3. Stilling, *Ueber den Bau des Hirnknotens*, planche I, *g, l*.
4. Voir à ce sujet le chap. V.

elles rayonnent de sa face supérieure vers l'écorce, où elles s'y terminent. De l'écorce naissent alors des fibres transversales, qui croisent les irradiations plus longitudinales du corps strié, afin de se rassembler dans les puissants bras du pont. De l'intérieur des noyaux dentés proviennent enfin ces faisceaux, qui passent dans les prolongements du cervelet, pour se rendre au cerveau. Existe-t-il une union de filets entre le noyau denté et l'écorce? ce n'est pas démontré. Cependant, cette jonction paraît probable. Elle occuperait, avec les irradiations des corps striés et des processus ad pontem, les parties extérieures de la moëlle, tandis que les parties les plus internes sont formées par les prolongements, qui vont au cerveau (1). Par conséquent, les fibres, venues de la moëlle allongée et passant à travers les pédoncules cérébelleux inférieurs, se termineraient probablement toutes dans l'écorce. De celle-ci émanent alors deux systèmes de fibres : le *premier* se rend directement dans les bras du pont ou processus ad pontem ; le *second* semble unir l'écorce au noyau denté, et de ce dernier naissent les filets ascendants verticaux des pédoncules cérébelleux supérieurs ou bras d'union. Ceux-ci se dirigent en haut avec les prolongements des cordons de la moëlle épinière ; dès ce point, leur convergence est telle, qu'en avant de l'extrémité supérieure du pont de Varole, ils atteignent la ligne médiane et opèrent un croisement. Outre le système de filets afférents et efférents, divisé ainsi en deux segments, il y a encore d'autres irradiations de filets, qui évidemment unissent entre eux soit des territoires corticaux plus éloignés, soit des territoires plus rapprochés : les premières pénètrent en partie dans le vermis, d'un côté à l'autre côté.

La continuation du trajet des voies, allant du cervelet au cerveau, que nous voulons intercaler ici, est très-imparfaitement connue. La voie, qui se poursuit dans les *bras du pont*, semble, à la partie antérieure du pont de Varole, se terminer dans des masses grises ; de celles-ci proviennent de nouveaux filets verticaux ascendants, qui cheminent dans le *pied* du pédoncule cérébral et peuvent être suivis, en partie, dans les ganglions antérieurs cérébraux (noyaux lenticulaires et corps striés) ; quelques tractus iraient, peut-être, directement aux portions antérieures de l'écorce cérébrale. Les filets, rassemblés dans

1. Henle, *Nervenlehre*, p. 236. La partie la plus inférieure du corps strié aurait, d'après Meynert, un trajet différent des autres; car, de tous les faisceaux médullaires, elle se trouve située le plus au-dedans et se termine dans le noyau du toit de Stilling. (Meynert, *loc. cit.* p. 797).

les *pédoncules cérébelleux supérieurs* ou *bras d'union*, se joignent à la *calotte* du pédoncule cérébral et semblent se terminer définitivement dans le noyau rouge de la calotte (*h b* fig. 35). Nous ignorons la continuation de leur parcours. La situation du noyau rouge et le tractus de divers faisceaux médullaires, dont il est entouré, autorisent à croire, que ce ganglion est uni partiellement à la couche optique. On présume donc, que les filets des bras d'union s'irradient en partie dans la couche optique; les autres passeraient dans la capsule interne du noyau lenticulaire, et de là arriveraient, par la couronne de Reil, à l'écorce cérébrale (1). Le *velum medullare superius* (*v m* fig. 27) se rattache, dès le début de son trajet, aux bras d'union. Il complète probablement les unions du cervelet avec les ganglions cérébraux, car il établit une conduction allant aux tubercules quadrijumeaux (2).

D'après ces résultats de l'examen anatomique, malheureusement non encore confirmés par les recherches physiologiques, le cervelet est un carrefour très-complexe de voies conductrices. Si celles-ci sont regardées comme une conduction latérale, intercalée entre la moëlle épinière et le cerveau dans la conduction directe, produite immédiatement par la moëlle allongée et le pont de Varole, l'embranchement inférieur de cette voie latérale est relativement le plus connu : il contient des filets *sensoriels* des cordons postérieur et latéral, mais sans mélange aucun de filets moteurs. La branche supérieure, au contraire, semble, à cause de la masse prépondérante des bras du pont, s'unir principalement aux ganglions cérébraux antérieurs (noyaux lenticulaires et corps striés); nous verrons plus tard, que des voies motrices se réunissent dans ces ganglions. En même temps, les pédoncules cérébelleux supérieurs et le velum medullare superius opèrent leur union avec les ganglions cérébraux postérieurs (thalamus et tubercules quadrijumeaux), où se rencontrent aussi des voies sensorielles et motrices. Nous ne savons pas, s'il existe des conductions directes jusqu'à l'écorce cérébrale, et dans quelle étendue elles ont lieu. D'après tout ce qui vient d'être dit, certainement les masses grises du cervelet contiennent des systèmes de filets, ayant un rôle fonctionnel différent; et, spécialement dans cet organe, des voies sensorielles sont unies, pour la conduction, avec des appareils du genre de ceux du cerveau, dans lesquels

1. Forel, *Archiv f. Psychiatrie*, VII, p. 425.
2. Par conséquent, les bras d'union ont été appelés à tort « processus ad corpora quadrigemina » : nom, qui leur est encore souvent donné. Consultez Meynert, *loc. cit.* p. 757.

de nombreuses voies motrices se joignent ensemble, pour exercer une action coordonnée; ou bien, ces appareils, recevant, à l'égal de la substance grise de la moëlle épinière, des filets de fonction différente, jouent, probablement, le rôle de centres réflexes compliqués.

Cette manière de concevoir le rôle fonctionnel différent des conductions, que l'on rencontre dans le cervelet, est assurément encore très-imparfaite : mais elle trouve un certain appui dans la *structure* d.

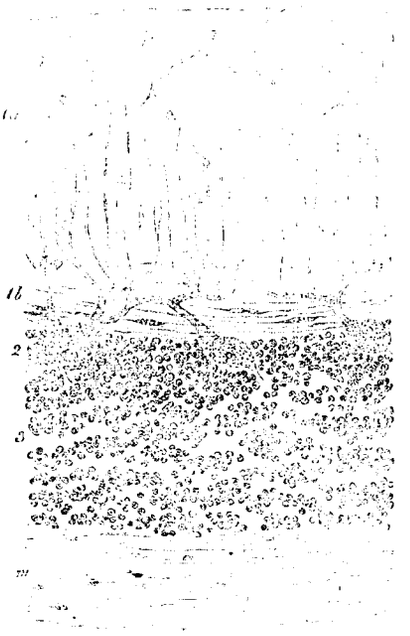


FIG. 54. Section transversale de l'écorce du cervelet humain, d'après Meynert. *1a* Partie externe de la couche grise. *1b* Partie interne de cette couche avec les cellules à fuseau et les filets. *2* Couche des cellules de Purkinje. *3* Couche nucléaire. *m* Bande médullaire.

l'écorce cérébelleuse. Cette écorce se compose de deux couches : l'une externe, purement grise ; et l'autre interne, couleur rouge-brun. Elles sont séparées l'une de l'autre par une couche intermédiaire, plus claire. La couche externe est formée par une névroglie finement nucléée, où quelques rares gros noyaux sont disséminés (fig. 54, *1 a*). La partie la plus interne de cette couche de névroglie est constituée par des filets transversaux et contient de nombreuses cellules fusiformes, également

disposées en travers (*1 b*). Dans la couche interne, au contraire, on remarque des cellules rondes, ayant le volume et la composition des corpuscules lymphatiques ; elles sont serrées les unes contre les autres ; leur rôle est encore inconnu (*3*) (1). Une frange claire, la bande médullaire (*m*), composée de fines fibrilles transversales, parsemées de rares noyaux, sépare cette couche de la moëlle du cervelet. Dans la couche limite claire, entre la névroglie et la couche brune nucléée, est répandue *une* série d'éléments formateurs, caractéristiques de l'écorce cérébelleuse : ce sont des cellules nerveuses spéciales ou *cellules de Purkinje* (*2*). Elles ont une forme bipolaire remarquable. Leur extrémité, dirigée vers la surface de l'écorce, porte un puissant prolongement rameux, d'où partent de larges filets qui se divisent plusieurs fois, cheminent vers la couche grise corticale et s'y terminent avec leurs plus fines ramifications. L'extrémité de ces cellules, tournée à l'intérieur vers le noyau médullaire du cervelet, finit soudain par un mince prolongement, qui se convertit en un filet nerveux très-grêle. Évidemment, la cellule, du côté où elle envoie le prolongement large ramifié, est analogue à l'une des grandes cellules des cornes antérieures de la moëlle épinière ; mais l'extrémité interne, délicatement amincie en pointe, ressemble davantage à une cellule de la substance grise des cornes postérieures ou des ganglions spinaux. Si les cellules de l'écorce cérébelleuse devaient être les lieux de jonction de filets, ayant une fonction différente, on pourrait faire les conjectures suivantes : le pôle interne reçoit le filet sensoriel provenant de la périphérie ; le pôle externe envoie des filets, qui, après s'être anastomosés et rapprochés de la surface de l'écorce, changent de direction, pour se rassembler dans les processus ad pontem (2).

1. Consulter à ce sujet Gerlach, *Mikroskopische Studien*. Erlangen 1858, p. 8. — Hadlich, *Archiv f. mikrosk. Anat.* VI, p. 201. — Heule et Merkel, *Ztschr. f. rat. Med.* 3e série, vol. XXXIV, p. 49. — Boll, *Archiv f. Psychiatrie*, IV, p. 77.

2. A cet égard, l'inflexion des prolongements externes des cellules est encore contestée. Hadlich (*Archiv f. mikrosk. Anat.* VI, p. 196) et Obersteiner (*Allg. Ztschr. f. Psychiatrie* 1870, p. 94) décrivent cette inflexion. Pour Heule, les filets infléchis seraient des fibres, appartenant à la charpente du tissu conjonctif (*Nervenlehre*, p. 233). D'après les découvertes de Koschewnikoff (*Archiv f. mikrosk. Anat.* V, p. 332), le prolongement interne des cellules de Purkinje passe directement dans un filet nerveux à myéline : il partage donc absolument la propriété d'un prolongement de l'axe. Selon Boll, le prolongement externe se résout en un réseau de filets nerveux, situé dans la couche nucléaire et qui donne alors naissance à des filets nerveux plus volumineux (Boll, *loc. cit.* p. 71).

6. — Systèmes de conduction des pédoncules cérébraux et des ganglions cérébraux.

Les prolongements des cordons de la moëlle épinière, qui cheminent directement en haut, se rencontrent dans le *pont cérébral* avec les filets, unissant le cervelet au cerveau dans les pédoncules cérébelleux moyen et supérieur. Ce pont cérébral n'est pas, ce qu'il paraît être au premier abord, une commissure transversale, reliant les deux moitiés du cervelet; les véritables filets commissuraux restent plutôt à l'intérieur de la moëlle du cervelet, car, comme nous l'avons vu précédemment, ils traversent le vermis de part en part. Or, le pont joue un rôle important : les filets, qui lui viennent du cervelet, entrent dans ses masses grises, et celles-ci engendrent de nouveaux filets verticaux ascendants, qui s'associent au pédoncule cérébral. Les filets, passant sur la ligne médiane (en *R* fig. 55) d'un côté à l'autre côté, sont probablement, d'après leur volume, des filets de croisement : les uns appartiennent aux prolongements directs des cordons de la moëlle épinière à travers le pont ; les autres, aux processus ad pontem du cervelet. Relativement aux premiers filets, nous savons déjà par les faits physiologiques, qu'une grande partie des voies, situées dans le pont, se rend au côté opposé (page 126). Le croisement des processus ad pontem existerait, car les observations pathologiques donnent lieu d'admettre l'union fonctionnelle d'une moitié du cervelet avec l'hémisphère opposé du cerveau : l'atrophie d'un lobe cérébral est ordinairement accompagnée ou suivie de la dégénérescence d'une moitié du cervelet, située du côté opposé (1). Avant de s'infléchir dans la voie verticale, les filets des processus ad pontem entrent, probablement tous, dans les ganglions de la substance grise. De même, des noyaux gris, plus petits, sont disséminés dans les pédoncules cérébelleux supérieurs (*b a*), directement ascendants, jusqu'au point, où ces pédoncules se croisent et se terminent définitivement dans les noyaux rouges, placés à la partie supérieure du pédoncule cérébral. Par ce moyen, la réunion des cordons de la moëlle épinière, partis d'en bas et celle des prolongements du cervelet, rapprochés sur les côtés et en haut, constituent, à l'intérieur du pont, le *pédoncule cérébral*, tout ce tractus de filets, qui joint les centres nerveux, situés profondément, aux forma-

1 Meynert, *loc. cit.* p. 759.

tions du cerveau. Le pont est encore parcouru par les faisceaux des racines appartenant à quelques nerfs cérébraux, qui naissent beaucoup plus haut ; les noyaux d'origine de ces nerfs sont situés: les uns, sur le plancher gris de la partie la plus supérieure de la fosse rhomboïdale, et les autres, dans le voisinage de l'aqueduc de Sylvius, ce prolongement du canal central (1).

Par suite de sa dissociation à travers la substance grise et les filets transverses des processus ad pontem, le pédoncule cérébral se divise en trois segments, qu'une dissection, peu raffinée du cerveau, détermine de la manière suivante : le pied, la calotte et la ganse ou ruban de Reil (p. 67). Aucun de ces segments ne présente une unité fonctionnelle complète. Les deux premiers seraient plutôt le rendez-vous de voies conductrices très-hétérogènes. A cette triple division du pédoncule cérébral semble toujours correspondre, en quelque sorte, une première séparation, assurément encore grossière, des nombreux systèmes de conduction, renfermés dans le pédoncule cérébral. Ainsi, la partie inférieure ou le *pied* du pédoncule cérébral (*p — p'* fig. 55) est formée spécialement par les prolongements des pyramides, des restes des cordons antérieurs et des processus ad pontem. Seulement, sa partie la plus extérieure emprunte aux cordons postérieurs ce prolongement, qui, en avant, change de direction dans la moëlle allongée, pour se croiser également sur la ligne médiane, au-dessus de l'entrecroisement des pyramides (p. 133). La substance noire de Sömmering, qui sépare le pied de la calotte, paraît être un noyau glanglionnaire appartenant au pied ; car, ce dernier, grâce aux filets provenant de cette substance, éprouve un accroissement considérable. La partie située au-dessus, la *calotte* (*v' — h l*) du pédoncule cérébral, est constituée par les restes du cordon latéral et postérieur (*M F E* et *G* fig. 53) et, probablement, par une portion des restes des cordons antérieurs voisins ; dans la suite de son trajet, elle s'associe encore les pédoncules cérébelleux supérieurs. Enfin, du prolongement des cordons à gousse, par conséquent d'une autre partie des cordons antérieurs, émane la *ganse* ou *ruban de Reil* (*s l — s l'*), qui recouvre en haut et au-dehors le restant du pédoncule cérébral. D'après ces conditions d'origine, le pied est cette portion du pédoncule cérébral, qui, par sa provenance

1. Ces nerfs, dont le domaine d'origine appartient au pont, sont le facial, le moteur oculaire externe et la racine moyenne du trijumeau. Le pathétique naît, avec l'oculo-moteur, en avant du pont ; ses filets se détournent en arrière et croisent, à la hauteur du pont, le toit de l'aqueduc de Sylvius (fig. 55 *T*).

directe de la moëlle épinière et son volume considérable, amène des voies motrices au cerveau. La calotte a une origine mixte. Le ruban de Reil paraît être, de nouveau, le prolongement d'une partie de la voie motrice principale. Partout, s'ajoutent désormais à ces prolongements

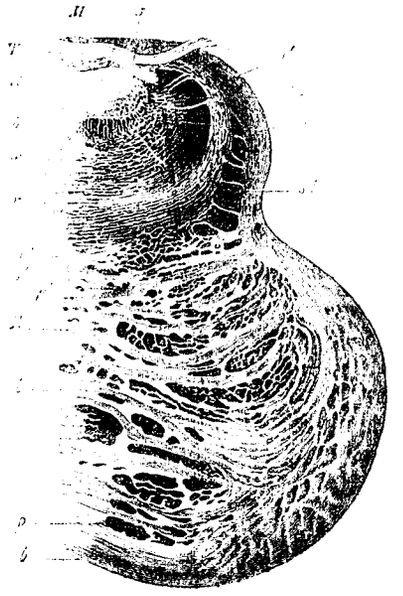


FIG. 55. Section transversale du pont de Varole de l'homme, à la hauteur de la racine du nerf pathétique ; d'après Stilling. *M* Velum medullare superius. *T* Racine du pathétique. *S* Aqueduc de Sylvius. *5* Cellules d'origine du cinquième nerf cérébral, sur le plancher gris de cet aqueduc. *hl*, *r*, *r'*, *sl* Prolongements des cordons antérieurs. *hl* Faisceau longitudinal postérieur. *r* Restes médians du cordon antérieur, des deux côtés du raphé. *r'* Restes antérieurs du cordon antérieur, avoisinant la ganse. *sl* Ganse, prolongement des segments du cordon antérieur (cordons à gousse), entourant les olives. *sl'* Passage des filets de la ganse dans le toit de l'aqueduc de Sylvius. *s* Restes du cordon latéral et substance perforée réticulaire. *g* Substance gélatineuse et prolongements des cordons postérieurs. *ba* Pédoncules cérébelleux supérieurs (bras d'union). *b* Raphé. *b* Filets transverses superficiels, *b'* moyens et *b''* profonds du pont. De *p* à *p'*, prolongements des cordons des pyramides, mêlés à la substance grise et aux prolongements ascendants des pédoncules cérébelleux moyens ou bras du pont, qui proviennent de ces derniers. Les filets ascendants de *p* à *p'*, forment le pied du pédoncule cérébral, et, de *r*, à *hl*, la calotte de ce pédoncule.

directs des systèmes de la moëlle épinière les conductions du cervelet, qui, évidemment, ne doivent être rangées dans aucune de ces deux directions principales de la conduction, mais dans la classe des *voies intracentrales*. L'adjonction de ces dernières voies détermine principalement un entrelacement, si complexe, des systèmes de filets du pédoncule

cérébral, qu'il devient extrêmement difficile de les poursuivre dans les ganglions cérébraux et la moëlle de la couronne radiée. En résumant les faits, qui sont pour ainsi dire établis, notre but est de maintenir le plus possible cet ordre, dans lequel les parties du pédoncule cérébral trouvent de bas en haut leur terminaison centrale.

Si nous continuons la recherche des voies de conduction, en commençant par la partie *la plus supérieure* du pédoncule cérébral, par la *ganse* (*s l* fig. 55), l'étude macroscopique de ses filets nous apprend, qu'au moins leur plus grande partie se rend dans les *tubercules quadrijumeaux*, qui reposent directement sur eux. Les filets de la ganse paraissent se terminer dans les noyaux gris des tubercules quadrijumeaux. Mais, de ces derniers, émaneraient de nouveaux filets qui cheminent vers la ligne médiane, se croisent dans le toit de l'aqueduc de Sylvius avec les filets provenant de l'autre côté, rayonnent ensuite dans le surtout médullaire du tubercule opposé et, de là, passent directement dans le bras du tubercule quadrijumeau allant à la couche optique (fig. 27, p. 61). Des bras du tubercule quadrijumeau, les filets entrent dans les deux *corps genouillés*, externe et interne. Par l'autre côté, les noyaux gris des corps genouillés engendrent alors des filets, qui se réunissent pour former le nerf optique (*k*, fig. 26). A l'aide des noyaux gris des corps genouillés, les tubercules quadrijumeaux, et spécialement leur paire antérieure, sont donc unis avec les filets du nerf optique. Par le chiasma des nerfs optiques, cette dernière union est totalement ou partiellement croisée. D'après le résultat des expériences physiologiques, faites sur les animaux, le croisement paraît total, si les champs visuels des deux yeux sont complètement séparés l'un de l'autre; dans le cas contraire, il est partiel, et le rapport des filets croisés et non croisés se rapproche d'autant plus d'une division par parties égales, que le champ visuel commun est plus grand. Chez les animaux, la destruction d'un tubercule quadrijumeau entraîne donc la cécité absolue ou presque absolue de l'œil du côté opposé; et la perte d'un œil amène, longtemps après, l'atrophie du tubercule quadrijumeau antérieur opposé, et, aussi, du tractus opticus du chiasma qui lui appartient (1). Chez l'homme, où le champ visuel commun est le plus développé, ordinairement l'atrophie se répartit uniformément aux deux nerfs optiques et aux stries optiques. La dissection du chiasma montre, que les filets les plus extérieurs du nerf optique et du

1. Gudden, *Archiv f. Ophthalm.* XX, 2, p. 249; XXI, 3, p. 199; XXV, 1, p. 1.

tractus opticus ne se croisent pas, et que les filets les plus internes se croisent. Or, les filets externes du nerf optique se terminent dans les parties externes de la rétine ; et les filets internes, dans ses parties internes. Il suit de là, que le côté externe de la rétine droite et le côté interne de la rétine gauche sont représentés dans le tubercule quadrijumeau droit ; et le côté externe de la rétine gauche, comme le côté interne de la rétine droite, dans le tubercule quadrijumeau gauche.

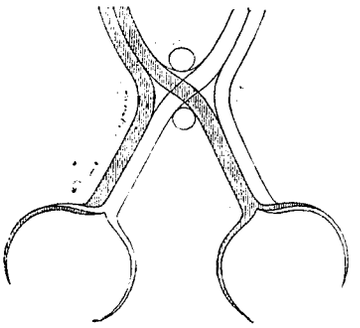


Fig. 56. Schéma du croisement du nerf optique, dans le chiasma de l'homme. (Les deux nerfs optiques avec leurs expansions rétiniennes sont vus par en haut.) Le tractus opticus du côté droit est ombré ; celui du côté gauche est laissé en blanc.

Cette donnée est confirmée par l'observation pathologique ; car, lorsque des causes d'origine centrale ont produit l'aveuglement partiel des deux rétines, constamment la moitié externe d'une rétine et la moitié interne de l'autre sont en même temps atteintes (1). Ainsi se développe le tableau symptomatique de l'*hémianopsie* (hémiopie). Quand celle-ci est complète, il y a aveuglement absolu d'*une* moitié du champ visuel, mais l'autre moitié jouit encore de la perception binoculaire. Seulement, l'étendue rétinienne, existant entre l'entrée du nerf optique et la fovea centralis (lieu de la vision la plus nette) située en dehors du débouché de ce nerf, semble innervée par les filets des deux nerfs optiques. La figure 56 donne une idée de ces rapports.

Comme le nerf optique, les filets d'origine des deux nerfs oculo-musculaires antérieurs sont unis étroitement aux noyaux gris des tubercules quadrijumeaux. L'aqueduc de Sylvius (*S* fig. 55), recouvert par les

1. D. E. Müller, in *Archiv Ophthalm.* de Græfe, VIII, 1. p. 160. — Forster, in *Handb. d. gesam. Augenheilk.* de Græfe et Samisch, VII, 1, p. 112. — Leber, *ibid.* V, 2, p. 299.

tubercules quadrijumeaux, est entouré de substance grise; et dans la région de celle-ci, au-dessous d'une partie claire, se trouve un noyau nerveux, qui donne naissance aux racines de l'oculo-moteur et du pathétique (1). Plusieurs faisceaux de filets proviennent du centre de ce noyau. L'un d'eux se croise avec celui du côté opposé et se rattache, peut-être, dans la suite de son parcours, au pied du pédoncule cérébral, qui, de cette manière, serait complété par les filets centraux des noyaux nerveux moteurs, situés beaucoup plus haut. D'autres filets, émanés de ce même noyau et placés plus en arrière, s'unissent en ligne droite et en ligne croisée avec les noyaux ganglionnaires des tubercules quadrijumeaux. A la vérité, l'anatomie n'a pas encore dévoilé le trajet de ces filets, mais les expériences physiologiques le mettent hors de doute; car, la destruction des tubercules quadrijumeaux effectue la paralysie d'accommodation et du mouvement de l'œil. Par conséquent, le nerf moteur oculaire externe, qui nait bien plus bas, serait représenté, dans les tubercules quadrijumeaux, par des filets dirigés vers le centre. Les filets, produisant l'accommodation pour la vision rapprochée et faisant contracter les pupilles, se rattachent généralement à la voie de l'oculo-moteur et même, parfois, à celle du moteur oculaire externe (2). Après s'être totalement croisés, ils pénètrent, probablement, dans la paire postérieure des tubercules quadrijumeaux (3). La terminaison des filets, destinés aux muscles de l'œil, est plus complexe : pour Schiff, elle a lieu également dans la paire postérieure des tubercules quadrijumeaux, et pour Adamük, spécialement dans la paire antérieure (4). Selon ce dernier observateur, l'irritation du tubercule quadrijumeau antérieur du côté droit fait tourner les deux yeux à gauche, et celle du tubercule quadrijumeau gauche les dirige à droite. Dans ce cas, les lignes de regard sont horizontales, quand on irrite la circonférence antérieure du tubercule. Si l'irritation atteint la portion moyenne de ce même tubercule, les deux lignes de regard se portent en haut et les pupilles sont largement dilatées; cette position se combine avec la convergence, si l'irritant est appliqué bien plus en arrière. Enfin, la portion la plus postérieure du tubercule est-elle irritée, la convergence augmente;

1. Les filets des racines du pathétique se dirigent en haut et se croisent, avant la paire inférieure des tubercules quadrijumeaux, dans le toit de l'aqueduc de Sylvius (*T* fig. 55). Les filets de l'oculo-moteur cheminent en bas, en parcourant la calotte; et, au côté interne du pied du pédoncule cérébral, ils apparaissent à la surface (*III*, fig. 26).
2. Adamük, *Med. Centralblatt* 1870, n° 12.
3. Schiff, *Physiologie* I, p. 358.
4. Schiff, *ibid.* p. 359. — Adamük, *Med. Centrbl.* 1870, n° 5.

mais, en même temps, les lignes de regard se dirigent en bas et les pupilles se contractent. Il résulte d'abord de ces observations, que les voies centrales des nerfs musculaires de l'œil subissent un croisement *partiel*; car, ces filets de l'oculo-moteur, qui, destinés au muscle droit interne, tournent l'œil en dedans, pénètrent, en majeure partie, dans les tubercules quadrijumeaux du même côté : et les filets du moteur oculaire externe, allant au muscle droit externe, entrent spécialement dans les tubercules quadrijumeaux du côté opposé. Dans ce cas, le croisement peut être presque complet, seulement pour ces filets de l'oculo-moteur, allant au droit interne, qui se terminent au bord antérieur du tubercule quadrijumeau ; beaucoup plus en arrière, il doit se faire une répartition plus uniforme aux deux tubercules, puisque l'irritation met alors en action les deux muscles internes de l'œil, c'est-à-dire la convergence. Pour les autres nerfs musculaires de l'œil, on doit admettre une répartition également uniforme de filets centraux croisés et non croisés ; c'est pourquoi, les filets, destinés à différents groupes musculaires agisssant en commun, se terminent aussi dans diverses régions des tubercules quadrijumeaux. Les filets de l'oculo-moteur pour le droit supérieur et l'oblique inférieur, qui dirigent l'œil en haut, doivent avoir leur centre près de l'extrémité antérieure ; les filets de l'oculo-moteur pour le droit inférieur et ceux du pathétique pour l'oblique supérieur, qui portent l'œil en bas, auraient leurs centres plus en arrière. Afin d'expliquer les mouvements concomitants de l'iris, il faudra encore supposer, que de tous ces centres émanent des filets centraux pour les diverses régions du centre de la pupille. Indépendamment des filets, que des noyaux, très-rapprochés et appartenant aux nerfs des muscles de l'œil, amènent aux tubercules quadrijumeaux, ces derniers reçoivent encore, dans la ganse, une ramification très-considérable de la voie motrice de la moëlle épinière. D'après les extirpations opérées par les physiologistes et les observations des pathologistes, cette ramification semble se terminer définitivement dans la paire *postérieure* des tubercules quadrijumeaux. Les lésions de cette partie produisent, surtout dans les membres postérieurs, des troubles d'équilibre, dont la nature, si l'on tient compte des lésions parfois coëxistantes des pédoncules cérébraux, aurait besoin d'être mieux étudiée (1).

1. Ferrier, *Les fonctions du cerveau*, Paris, Alcan, éditeur, p. 82 et suiv.— Pour les observations pathologiques, consulter Nothnagel, *Topische Diagnostik*, p. 216.— Des voies sensorielles venant de la moelle épinière, et même les filets de la couche

Voici donc, les voies conductrices, les plus principales, qui arrivent aux tubercules quadrijumeaux par le côté périphérique : 1° les voies centrales des noyaux nerveux *moteurs ;* ce sont, soit les faisceaux de la ganse, à travers lesquels une portion des cordons moteurs de la moëlle épinière se ramifie dans les tubercules quadrijumeaux ; soit les filets centraux des nerfs oculo-musculaires, qui vont à ces tubercules; 2° des voies nerveuses *sensorielles,* appartenant, d'après l'état actuel de la science, exclusivement au nerf optique. Avec une partie des racines périphériques de ces voies, les tubercules quadrijumeaux sont unis par une direction croisée. Par l'autre côté, leurs noyaux ganglionnaires engendrent des faisceaux de filets, tournés *vers le centre* et qui, à part les filets, beaucoup moins nombreux, dirigés vers le tractus opticus, constituent la masse principale des bras des tubercules quadrijumeaux. Ces faisceaux de filets sont, comme les bras des tubercules quadrijumeaux, dirigés en avant et en dehors, vers les couches optiques. Ils gagnent la base des couches optiques ; de là, une partie se détourne en haut, et rayonne, étalée en pinceau, vers les noyaux gris du thalamus. Une autre partie semble passer au-dessous des couches optiques, pour s'associer directement à la couronne de Reil et, surtout, à ce segment de la couronne, qui se rend dans les lobes occipitaux (1).

Les faisceaux médullaires, appartenant à la *calotte* du pédoncule cérébral, s'étendent en avant, au-dessous des tubercules quadrijumeaux. Ils forment le plancher des couches optiques (comparer fig. 35, p. 74) et, vers le noyau rouge (*h b*), se mêlent aux filets du bras d'union (2) qui pénètrent dans ce noyau : il en résulte un plexus serré et très-complexe, à cause du croisement des bras d'union, qui s'y opère. La diminution notable des tractus de filets longitudinaux, au-dessus du noyau rouge, nous amène à cette conclusion : une grande partie des faisceaux de la calotte se termine dans la couche optique. La direction

interolivaire (p. 130), poursuivis dans cette région par Flechsig, entrent-ils dans les tubercules quadrijumeaux ? ou bien, ces mêmes filets passent-ils au-dessous d'eux, pour se diriger vers les couches optiques ? De nouvelles recherches sont nécessaires, pour résoudre cette question.

1. Les résultats physiologiques, relatifs à la terminaison ultime des voies du nerf optique, seront discutés plus loin (rubrique n° 7). Ils démontrent, avec plus de précision, que les observations microscopiques, toujours incertaines, cette union avec le cerveau occipital (consulter Meynert, *loc. cit.* 744 ; Henle, *Nervenlehre*, p. 248).

2. Nous avons déjà parlé, à la page 135, du trajet probable des filets du bras d'union.

des filets, qui rayonnent de son plancher dans la couche optique, confirme cette présomption. Mais, comme la masse de la calotte, chez divers animaux, ne suit pas également le développement du thalamus, ce fait indiquerait l'existence d'autres voies de conduction, non encore démontrées par l'anatomie (1). On croit, que les filets, qui pénètrent dans les couches optiques, cheminent les uns en droite ligne, les autres en se croisant. Les filets de croisement, situés en dedans du noyau rouge, doivent former la *commissure postérieure* (*c p* fig. 32, p. 71) (2) ; et les tractus de filets, environnant directement le noyau rouge, entrent dans la couche optique du même côté. Outre ces irradiations des bras d'union et de la calotte du pédoncule cérébral, la couche optique reçoit, de la périphérie, les faisceaux de filets, déjà mentionnés, provenant des tubercules quadrijumeaux à travers les bras des tubercules antérieurs, et d'autres faisceaux du tractus opticus (3). Par conséquent, des voies conductrices sensorielles et motrices pourraient bien venir de la périphérie et se rassembler dans les noyaux ganglionnaires de la couche optique, de la même manière que dans les tubercules quadrijumeaux, puisque une portion très-considérable des filets intracentraux, amenés par les bras d'union du cervelet, entre probablement dans la couche optique. Évidemment, les voies sensorielles de la couche optique n'appartiennent, que pour une très-faible part, au nerf optique ; leur plus grande partie serait constituée par les prolongements des cordons sensoriels de la moëlle épinière, qui pénètrent dans les couches optiques. Des voies conductrices motrices sont, peut-être encore, mêlées en petit nombre aux irradiations directes du pédoncule cérébral. Elles proviennent primitivement du ruban de Reil, car elles se rendent aux bras des tubercules quadrijumeaux, après avoir parcouru ces tubercules et s'être croisées au milieu d'eux. Vers le centre, des masses de fibres très-importantes naissent de la couche optique ; elles se dirigent vers toutes les parties de l'écorce cérébrale et, particulièrement, ce semble, vers les lobes frontaux, temporaux et pariétaux. Ces irradiations ont lieu sous forme de faisceaux séparés, qui émanent de la base de la couche optique. En arrière, la calotte du pédoncule cérébral est le plancher, sur lequel repose la

1. Forel, *Archiv f. Psychiatrie*, VII, p. 415.
2. Une formation, dont on ne connaît pas encore l'importance et qui renfermerait également des filets de croisement de la couche optique, est la *commissure moyenne* (*cm* fig. 32).
3. J. Wagner, *Der Ursprung der Sehnervenfasern*. Dorpat, 1862, p. 11. — Henle, *loc. cit.* p. 220, fig. 179.

couche optique ; mais ces irridiations de la couronne radiée forment plusieurs pédicules, qui soutiennent son extrémité antérieure. Un faisceau délicat se replie, en passant entre les noyaux caudé et lenticulaire ; il constitue une partie de la capsule médullaire interne de ce dernier noyau (*m t h* fig. 57) et va au cerveau frontal. Au-dessous du noyau lenticulaire, une seconde irradiation médullaire chemine vers la région de la scissure de Sylvius. Enfin, le noyau antérieur engendre des filets, qui en arrière et en bas se dirigent vers le corpus candicans, et s'infléchissent, en forme de ganse, à l'intérieur de ce dernier organe, pour aller à la racine montante de la voûte (fig. 32, p. 71, *r a*, *r d*). Par ce moyen, les filets médullaires de la couche optique s'unissent avec les parties corticales, situées en arrière et surtout avec l'écorce des formations de la corne d'Ammon et de l'ergot de Morand, qui font saillie dans les cavités cérébrales.

Le *pied* ou la *base du pédoncule cérébral* continue cette portion du cordon latéral antérieur, qui se rend directement aux régions antérieures du cerveau. Dans ce parcours, il reçoit le bras supérieur de la voie latérale, qui se dévie vers le cervelet et se joint à lui, à l'intérieur du pont de Varole. Le pied se divise en deux segments principaux, dont la disposition et l'arrangement sont probablement définitifs, lors des croisements des filets pédonculaires cérébraux. Sans toucher à d'autres stations de substance grise, le *premier* segment (*P* fig. 57) pénètre dans la couronne de Reil, passe entre la couche optique, le corps strié et le noyau lenticulaire, à travers la *capsule interne* de ce dernier, et rayonne vers toutes les provinces de l'écorce des hémisphères. Cette *voie corticale cérébrale et directe* du pied contient, d'abord, le prolongement des pyramides. D'après la marche des dégénérescences secondaires, ses fibres vont de la capsule interne à l'*écorce des deux circonvolutions centrales*. Là, se termine cette voie motrice, si bien étudiée de nos jours ; elle commence dans les cordons antérieurs et latéraux de la moëlle épinière et atteint, immédiatement en haut, l'écorce cérébrale, sans parcourir d'autres ganglions de substance grise (1). Une autre portion de cette voie corticale cérébrale et directe, qui a un trajet encore indéterminé, est sensorielle. Elle passe à travers le segment

1. Les auteurs ne sont pas d'accord sur le point, où la voie des pyramides traverse la capsule interne. Charcot (*Leçons sur les localisations*, p. 155) place ce point à la partie antérieure de la capsule interne, et Flechsig (*Systemerkrankungen*, p. 46), à sa partie moyenne, correspondant au milieu de la couche optique.

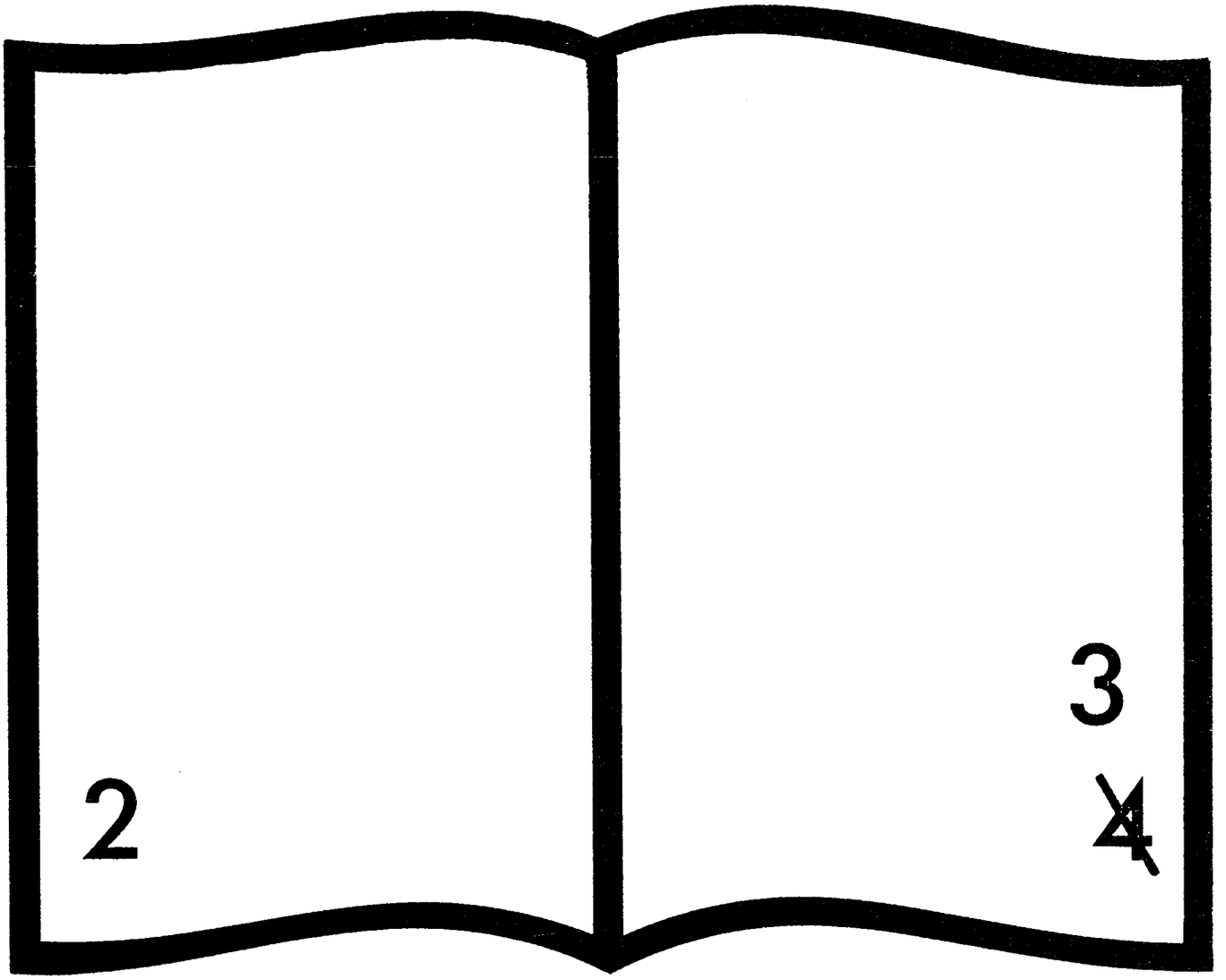
postérieur de la capsule interne, dont la lésion amène une paralysie de la sensation et, parfois aussi, des troubles visuels, du côté opposé du corps. Son irradiation a lieu, en partie, dans le lobe occipital, où l'on a suivi quelquefois la dégénérescence *ascendante*, qui se manifeste dans les circonstances de ce genre (1). Le *deuxième* segment principal du pied se rend aux noyaux gris des ganglions cérébraux antérieurs, du noyau lenticulaire et du corps strié. L'anatomie a très-peu élucidé le trajet de cette *voie ganglionnaire* du pied. Comme une grande partie des prolongements directs des cordons de la moëlle épinière, qui vont au cerveau, passe, soit dans la ganse et la calotte, soit dans la voie corticale cérébrale du pied, les voies conductrices, situées entre ces ganglions cérébraux antérieurs et la moëlle épinière, ne peuvent avoir, qu'une étendue, relativement faible. Or, si ces voies directes existent, elles appartiennent, tout au plus, à une portion des restes des cordons *moteurs* antérieurs et latéraux. En faveur de cette hypothèse, militent de nombreuses observations pathologiques. Effectivement, l'apparition soudaine de lésions en foyer, très-limitées, dans les noyaux lenticulaires ou caudés, est régulièrement accompagnée de paralysie hémilatérale, à la moitié opposée du corps, alors même que les voies de la capsule interne ont été respectées (2). D'autre part, comme on ne remarque jamais de troubles de sensation, quand les foyers sont seulement bornés aux ganglions et n'intéressent pas la portion la plus postérieure de la capsule interne, très-probablement, la voie ganglionnaire emprunte *uniquement* à la moëlle épinière des filets moteurs, qui sont alors complétés en haut par les filets centraux moteurs, provenant des noyaux des nerfs cérébraux. Cependant, cette portion motrice de la voie ganglionnaire est bien inférieure, en étendue, à la conduction *intracentrale ;* celle-ci lui est amenée par les processus ad pontem du cervelet et se termine, presque toût entière, dans les ganglions cérébraux antérieurs (voir p. 135). Existe-t-il encore une voie intracentrale entre la couche optique et le noyau lenticulaire? C'est douteux (3); toutefois, elle serait relativement peu étendue. Tous les systèmes de filets se répandent, sous forme de rayons venus du dedans et d'en bas, dans les ganglions désignés ; dans le noyau lenticulaire, ils pénètrent en même temps à l'intérieur des parois des gaines médullaires, entre

1. Veyssière, *Sur l'hémianesthésie de cause cérébrale*, Paris 1874. — Charcot, *loc. cit.* p. 113
2. Consulter Nothnagel, *Topisc. Diagn. d. Gehirnkr.* p. 292.
3. Arnold, *Handbuch der Anatomie* II, p. 754.

les divers segment du noyau ; et, à partir de ce point, ils s'infléchissent vers les couches de substance grise.

Les noyaux ganglionnaires, appartenant au pied (abstraction faite des filets intracentraux), jouissent de la propriété de recueillir exclusivement ou principalement les voies motrices. Par suite, ils semblent se distinguer essentiellement des noyaux, situés beaucoup plus en arrière, dans lesquels se terminent la calotte et la ganse, composées de filets moteurs et sensoriels. Seulement, la partie la plus antérieure, la *tête* du corps strié, offre, sous ce rapport, une conduite analogue aux tubercules quadrijumeaux et aux couches optiques; car, elle reçoit, à sa base, des filets du bulbe olfactif, qui s'unissent chez elle, probablement avec la portion de la voie conductrice motrice, rapprochée de la tête, à partir d'en bas. Les ganglions cérébraux antérieurs ressemblent-ils aux couches optiques et aux tubercules quadrijumeaux, parce qu'ils donnent naissance à des filets dirigés vers le centre et se terminant dans l'écorce cérébrale ? Ce n'est pas certain. Autrefois, on avait généralement admis, que les filets de la couronne de Reil émergent du bord externe et supérieur des noyaux caudé et lenticulaire, pour s'irradier dans tous les départements de l'écorce cérébrale et, surtout, dans le cerveau antérieur (1). Or, les nouvelles expériences de Meynert et Wernicke ont conduit à un résultat opposé (2). Selon ces auteurs, les deux ganglions constituent un domaine d'origine analogue à l'écorce cérébrale elle-même ; et de ce domaine partent des filets, qui vont soit dans les pédoncules cérébraux, soit vers d'autres parties centrales coordonnées, surtout vers le cervelet. Cependant, ce résultat anatomique se concilie difficilement avec cette observation pathologique: les lésions des corps striés et des noyaux lenticulaires produisent, malgré l'intégrité des filets de la couronne radiée, qui passent à côté, des paralysies des mouvements volontaires combinés. Les actions volontaires sont tellement liées à la coopération des diverses parties centrales, que les éléments, dont l'extirpation supprime le mouvement volontaire, doivent inévitablement former des unions multiples avec les centres de l'écorce cérébrale. Par suite de cette difficulté de l'examen anatomique, on ne pourra pas encore affirmer, si cette union, plus directe avec l'écorce cérébrale, fait réellement défaut aux ganglions

1. Meynert, in *Gewebelehre* de Stricker, p. 725 et suiv.
2. Meynert, *Wiener Sitzungsber.* 1879 n° 19.—Wernicke, *Verhandlungen der physiol. Gesellschaft in Berlin*, 1879 et 1880, n° 5.


2
3
4

antérieurs cérébraux. Cette question serait-elle résolue dans le sens

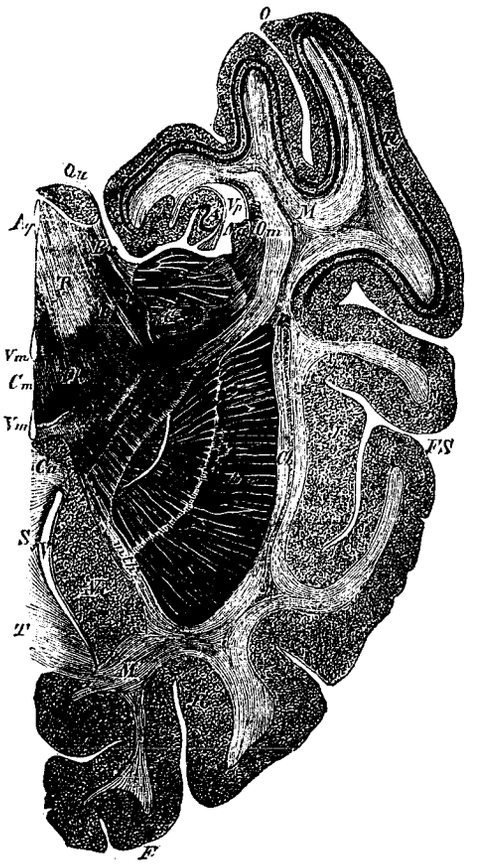


Fig. 57. Coup horizontale de l'hémisphère gauche simien du Cercocebus cinomolgus, d'après Meynert. *F* Extrémité frontale, *O* extrémité occipitale de l'hémisphère. *R* Ecorce cérébrale. *FS* Scissure de Sylvius. *J* Insula. *Cl* Avant-mur. *Li*, *Lii*, *Liii* Noyaux lenticulaires. *Na* Section transversale de l'extrémité postérieure du noyau caudé. *Nc* Tête du corps strié. *M* Moëlle de l'hémisphère, composée en avant des filets croisés de la couronne radiée et du corps calleux ; et en arrière, des filets de la couronne radiée. *T* Corps calleux. *S* Septum lucidum. *Ca* Commissure antérieure. *Cm* Commissure moyenne. *V* Cornes antérieure, *Vp* postérieure du ventricule latéral. *Vm* Troisième ventricule. *Th* Couche optique. (Au-dessus, se trouve l'irradiation du bourrelet du corps calleux *T* ; voir la section médiane fig. 32, p. 71.) *Th*[1] Coussin de la couche optique. *Qa* Tubercule quadrijumeau inférieur. *Aq* Aqueduc de Sylvius. *Bs* Bras supérieur, *Bi* bras inférieur du tubercule quadrijumeau. *Gi* Corps genouillés interne, *Ge* externe. *P* Pied du pédoncule cérébral, coupé en partie transversalement. *Om* Irradiation médullaire de la partie postérieure de la capsule interne dans le lobe postérieur. *A*. Corne d'Ammon. *T'* Tapis du corps calleux, formant la paroi de la corne postérieure. *mth* Irradiation médullaire de la couche optique dans le lobe frontal.

positif, assurément on devrait, toujours encore, admettre la possibilité d'une union indirecte au-dessus du cervelet. D'ailleurs, la tête du corps strié se comporte différemment, quant à ses unions centrales. Ses masses grises, connexes à la plaque perforée antérieure (*s p* fig. 31) saillante à la base du cerveau, envoient des filets de la couronne de Reil, qui semblent passer de la circonvolution olfactive dans le gyrus uncinatus, comme dans les tractus des filets longitudinaux de la voûte, et se terminer, peut-être, dans l'écorce de la corne d'Ammon et l'ergot de Morand. Un système de filets, appartenant au trajet du nerf olfactif, existerait encore dans la *commissure antérieure* (*c a* fig. 32). Cette connexion est assez nettement accusée chez les mammifères, munis de puissants lobes olfactifs ; alors, la plus grande partie des filets de la commissure antérieure rayonne vers les parois du lobe olfactif et dans le champ olfactif ; les autres se détournent en arrière, pour se perdre dans la moëlle du cerveau temporal et occipital. Chez les primates, c'est l'inverse ; car, de rares filets vont à la substance perforée antérieure, et presque tous les autres se mêlent à la couronne radiée des lobes occipital et temporal (1). Comme ce dernier lobe, surtout dans les régions appartenant à la circonvolution d'Ammon, reçoit une partie de l'expansion du nerf olfactif, probablement la commissure antérieure a, généralement, pour but d'unir ensemble les terminaisons centrales des nerfs olfactifs des deux moitiés cérébrales. Nous ne savons pas, s'il s'agit en cela d'une vraie commissure, d'une union des territoires corticaux correspondants des deux côtés, ou d'une *décussation*. Dans cette dernière supposition, la commissure n'effectuerait toutefois, qu'un croisement *partiel*. Il faudrait donc admettre que, parmi les filets de l'olfactif, qui composent la moëlle du lobe olfactif, les uns rayonnent du même côté et les autres, du côté opposé, dans la substance grise du champ olfactif, comme dans les territoires corticaux correspondants (2).

1. Ordinairement, on n'admet, qu'une union des lobes temporaux dans la commissure antérieure. Chez le singe, Gratiolet a poursuivi des faisceaux de filets, cheminant en arrière jusqu'à la pointe du lobe occipital (*Anat. comp.* II, p. 188). Meynert a constaté la même chose, chez l'homme (*Wiener Sitzungsber.* vol. LX, p. 560).

2. Huschke, *Schädel, Hirn und Seele*, p. 148. — J. Sander, *Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1866, p. 750. — Meynert, in *Gewebelehre* de Stricker, p. 723.

7. — Voies conductrices allant à l'écorce du cerveau.

Nous avons précédemment mentionné la terminaison ultime des systèmes de filets, venant soit directement des pédoncules cérébraux, soit du cervelet et des ganglions cérébraux, pour se rendre à la couronne de Reil ; et nous avons agi de la sorte, toutes les fois que la continuation de leur parcours, dans la moëlle du cerveau, pouvait être immédiatement fixée par l'anatomie. Mais, les notions, acquises de cette manière, sont extrêmement défectueuses, par suite de l'entrelacement des filets dans la couronne de Reil. Etablir d'une façon suffisante, par l'anatomie, les relations des divers territoires de l'écorce cérébrale avec les parties périphériques du corps, c'est d'autant moins possible, qu'un grand nombre de voies conductrices, bien avant de passer dans la moëlle du cerveau, se dérobent à la poursuite de l'anatomiste. Il est donc nécessaire, de déterminer exactement ces relations par des observations directes; et d'ailleurs, les résultats, obtenus jusqu'ici sur la direction des dernières irradiations de filets, fourniront toujours un contrôle utile. Le rôle, que jouent les diverses parties de la surface du cerveau, comme terminaisons ultimes, centrales des voies conductrices, peut être révélé de *deux* manières : par l'expérimentation physiologique sur les animaux et les observations pathologiques chez l'homme. Les données, fournies par l'expérimentation physiologique, ne se rapportent naturellement à l'homme, que si elles éclairent la question générale de la représentation des organes corporels dans l'écorce cérébrale. Seules, les observations pathologiques sont décisives, au sujet de la terminaison locale des diverses voies conductrices dans le cerveau humain. Elles ont encore une valeur très-considérable, puisqu'elles nous renseignent, avec plus de précision, sur la conduite de la sensation. Leur seul inconvénient, c'est que, par suite de la rareté des lésions circonscrites de l'écorce et du manteau cérébral, les observations ne peuvent être recueillies, que très-lentement et graduellement.

Les expériences sur les animaux constituent deux classes : 1° les *essais d'irritation*, et 2° *les opérations sur la dégénérescence* ; par cette dernière désignation, on entend toutes ces expériences, qui ont pour but de supprimer, d'une façon passagère ou permanente, la la fonction d'un territoire cortical. Les expériences de la première

classe présentent, comme *symptômes d'irritation*, quelques phénomènes de mouvement (secousses musculaires ou contractions permanentes) ; celles de la deuxième classe sont suivies de *symptômes de dégénérescence*, qui se manifestent par la suppression ou la perturbation du mouvement et de la sensation. Pour découvrir les terminaisons des voies conductrices motrices, on peut employer les deux modes d'expériences ; mais, pour les domaines sensoriels, il faut choisir de préférence les expériences relatives à la dégénérescence. Après des détours très-compliqués, les voies intracentrales du cervelet et des ganglions cérébraux s'unissent à des voies conductrices motrices ou sensorielles, souvent à toutes deux, et se terminent dans de nombreuses parties de l'écorce cérébrale. Dès lors, on doit s'attendre à ce

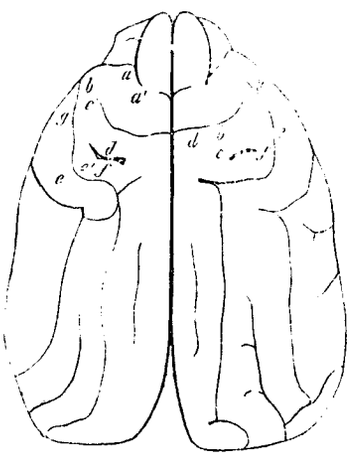


Fig. 58. Régions motrices de la surface du cerveau du chien, représentées à gauche, en partie d'après Fritsch et Hitzig, en partie d'après des observations de l'auteur. A droite, quelques uns des résultats, obtenus par Ferrier, ont été inscrits, comme comparaison. *a* Muscles de la nuque. *a'* Muscles dorsaux. *b* Extenseurs et adducteurs de la patte antérieure. *c* Fléchisseurs et pronateurs de la patte antérieure. *d* Muscles de l'extrémité postérieure. *e* Région faciale, *e'* supérieure. *f* Muscles oculaires. *g* Muscles masticateurs.

que toute altération, provenant de l'expérimentation ou d'une affection pathologique, ne soit pas suivie, en un point limité, de symptômes marqués. Ces derniers, seraient-ils accusés, ne se manifestent pas généralement, comme ces simples phénomènes d'irritation et de paralysie, qui apparaissent, lors de l'excitation et de la section transversale des nerfs périphériques. C'est, effectivement, ce que confirment les observations. Dans beaucoup de points, les expérimentations, faites par le

physiologiste, n'engendrent aucun symptôme. Si des phénomènes apparaissent, les excitations musculaires possèdent souvent le caractère des mouvements composés ; c'est pourquoi, les symptômes de dégénérescence sont ordinairement de simples perturbations du mouvement, ou des perceptions sensorielles incomplètes ; rarement, et toujours seulement si les lésions ont plus d'étendue, ce sont des suppressions complètes du mouvement et de la sensation. Or, nous appellerons *régions corticales motrices*, celles dont l'irritation produit une innervation des nerfs moteurs, alors que des sensations déterminées ne peuvent pas être accusées d'avoir engendré cette réaction motrice. Les *régions corticales sensorielles* seront celles, dont l'irritation provoque des manifestations sensorielles évidentes ; et l'ablation, irrécusables symptômes de dégénérescence, de nature sensorielle.

Si l'on s'appuie sur cette distinction, on réussit avec les essais d'irritation à découvrir, d'une façon relativement très simple, certaines *régions motrices* à la surface du cerveau des animaux. Le cerveau du chien a été, jusqu'à ce jour, l'objet des plus nombreuses expériences, entreprises à cet égard. Il est représenté dans la figure 58, qui montre ces places ou régions, sur lesquelles la plupart des observateurs sont à peu près d'un avis unanime (1). Les régions motrices occupent totalement la partie antérieure du cerveau, située entre la circonvolution olfactive et la scissure de Sylvius. L'effet de leur irritation est ordinairement croisé ; mais, il est généralement bilatéral, pour ces mouvements, qui exigent une union fonctionnelle et régulière des deux moitiés du corps, tels que, par exemple, les mouvements masticatoires et oculaires. L'extension des régions irritables dépasse rarement quelques millimètres; et l'excitation des points, compris entre ces régions, n'a aucune conséquence appréciable, lors de l'application de faibles irritants. Si l'irritation est plus énergique ou se répète fréquemment, sans doute des contractions émanent de ces points, primitivement indifférents ; et très-probablement, les effets de ce genre proviennent des déviations de courant (si l'on a employé l'électricité), soit de l'augmentation de l'excitabilité engendrée par l'irritation précédente, soit même des sensations, car, on voit souvent apparaître des manifestations douloureuses, très-accusées.

1. Fritsch et Hitzig, *Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1870, p. 300. — Hitzig, *Untersuchungen über das Gehirn.* Berlin, 1874, p. 42. — Ferrier, *Les fonctions du cerveau*, (traduction d'Obersteiner) Brunswick 1879, p. 159. Collaboration du même auteur aux recherches publiées, in *West Riding Lunatic Asylum medical Reports*, vol. III, 1873 et in *Proceedings of the Roy. Soc.* 1874 et 1875.

Si on enlève l'écorce cérébrale dans une région notoirement motrice, l'efficacité des irritants reste cependant invariable (1). Il est donc possible, que les phénomènes sont d'abord occasionnés par l'excitation des filets de la couronne radiée, qui se terminent dans les régions en question, et non par l'irritation des cellules corticales (2). Les symptômes de dégénérescence, consécutifs à cette ablation des régions motrices, ont pour caractéristique, que le mouvement *volontaire* semble alors empêché ; tandis que les muscles correspondants se raccourcissent encore par action réflexe, si l'on irrite des points cutanés convenables, ou participent, selon les circonstances, aux mouvements exécutés par d'autres groupes musculaires. Le premier fait sert particulièrement à distinguer ces perturbations motrices, produites par l'extirpation des foyers fonctionnels moteurs, de celles qui dépendent d'une suppression des sensations. D'ailleurs, tous ces symptômes de dégénérescence sont éphémères, si des portions considérables, appartenant à la surface corticale des deux hémisphères, n'ont pas été enlevées. Après un certain nombre de jours ou de mois, les animaux se comportent de nouveau, comme à l'état normal ; et ce rétablissement est d'autant plus rapide, que le territoire cortical détruit a peu d'étendue.

La variabilité individuelle, relative au trajet des sillons et des circonvolutions indique déjà, que la situation des régions motrices présentera, chez divers animaux de la même espèce, quelques oscillations. C'est, effectivement, ce qui explique les contradictions des auteurs sur ce sujet. Luciani et Tamburini ont trouvé, sur les deux moitiés cérébrales d'un même chien, une certaine différence de situation pour des régions analogues (3). Naturellement, les écarts sont bien plus considérables, pour des races et des espèces animales différentes. Cependant,

1. Hermann, in *Archiv* de Pflüger, vol. X, p. 77.

2. A la vérité, Franck et Pitres (*Société de biologie*, 23 déc. 1877) ont découvert, que, l'écorce étant conservée, le temps de l'irritation *latente* était supérieur de 0,01 seconde à celui, qui se présentait, après l'extirpation de l'écorce. Cependant, chose remarquable, ces mêmes observateurs, d'accord avec Carville et Duret, ont trouvé que, si l'écorce est intacte, des irritants plus *faibles* suffisent à produire des mouvements. Ce résultat est en contradiction avec les lois générales d'excitation de la substance centrale, étudiées dans le chapitre VI. D'après ces lois, les éléments centraux sont ordinairement moins irritables, que les filets nerveux ; et dans les circonstances normales, la diminution d'irritabilité est constamment accompagnée d'un temps de latence considérable. Ce sujet, surtout en ce qui concerne les influences, exercées par la mort des parties nerveuses, réclame de nouvelles recherches.

3. *Ric. sperim. sui centri psico-motori corticali*. Reggio Emilia 1878. Voir un compte-rendu détaillé, in *Brain, a Journal of neurology* 1879, p. 529.

d'après les expériences de Ferrier, les espèces voisines, par exemple le chien, le chacal, le chat offrent des variations de position, relativement insignifiantes. Même, les ordres de mammifères les plus divers, depuis les rongeurs aux hémisphères non plissés, le lapin, le cochon d'Inde et le rat (1) jusqu'aux primates, confirment la règle suivante : les régions motrices apparaissent seulement dans les parties *antérieures* du cerveau, placées avant la fente ou fosse sylvienne, et elles n'occupent de ce domaine, qu'une place relativement restreinte. Chez les animaux à circonvolution olfactive développée, le sillon olfactif forme une limite antérieure, que ne dépassent jamais les régions excitables.

Par suite de son analogie de structure avec le cerveau humain, le cerveau *simien* présente un intérêt particulier, lorsqu'il s'agit de rechercher ses points moteurs. D'après les expériences des divers observateurs, les points moteurs y sont bornés aux deux circonvolutions centrales et, tout au plus, à la partie supérieure de la circonvolution frontale postérieure et moyenne (2). Au devant de ce domaine, les essais d'irritation sont négatifs: en arrière, dans de nombreuses régions, on obtient des contractions ou secousses musculaires, qui, d'après les résultats des expériences d'extirpation, doivent être considérées, comme des réactions de la sensation. Dans la fig. 59, les points, désignés par des chiffres, montrent la position des endroits, reconnus irritables par Hitzig, sur le cerveau d'un singe (Inuus Rhesus), ainsi que les territoires musculaires correspondants. Relativement à ces points, les expériences de Ferrier concordent d'une manière assez satisfaisante. Quelques autres points, découverts par ce savant, son indiqués par des lettres, dans le même dessin.

La démonstration des *régions sensorielles* de la surface cérébrale, chez les animaux, ne peut être suffisamment certaine, qu'à l'aide des phénomènes de dégénérescence, qui sont consécutifs à l'extirpation ou à la destruction de territoires corticaux déterminés. Cette limitation de la méthode crée à l'examen de grandes difficultés. Il est relativement facile de constater l'existence des troubles de sensation, dans un domaine sensoriel quelconque. Cependant, on apprécie toujours imparfaitement l'espèce et l'étendue de ces perturbations, si, comme

1. Consulter Ferrier, *Les fonctions du cerveau*, p. 172. — Fürstner, *Archiv f. Psychiatrie*, VI, p. 719. — Nothnagel, *Archiv f. pathol. Anatomie*, vol. LVII, p. 184.
2. Hitzig, *Untersuch. üb. d. Geh.* p. 126. — Ferrier, *Die Funct. d. Geh.* p. 152.

dans cette circonstance, nous sommes absolument réduits à l'observation objective. Dans ses nombreuses expériences sur les chiens et les singes, Hermann Munk a réussi, de la façon relativement la plus certaine, à découvrir la localisation centrale des *sensations visuelles*. Le centre visuel du chien serait le segment cérébral, situé derrière la scissure de Sylvius et recouvert par l'os pariétal ; celui du singe, toute la surface du lobe occipital (*A* fig. 60 et 61). Chez ce dernier animal, chaque moitié cérébrale commande, d'après Munk, aux régions correspondantes des deux rétines ; et, à la vérité, chaque moitié est destinée aux moitiés de rétine, *situées du même côté*. Aussi, l'extirpation d'un lobe occipital rend-elle le singe *hémiopique* : l'animal est aveugle

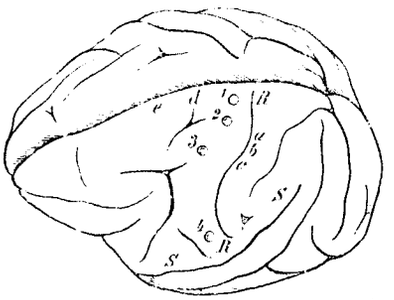


Fig. 59. Régions motrices, à la surface du cerveau simien. *1* Extrémité postérieure, *2* antérieure. *3* Région faciale. *4* Muscles masticateurs (d'après Hitzig). *a*, *b*, *c* Mouvements de quelques doigts. *d* Extension du bras et de la main. *e* Mouvements oculaires (d'après Ferrier). *RR* Sillon de Rolando. *SS* Scissure de Sylvius.

pour toutes les images, qui tombent sur la moitié de rétine, située du même côté (1). L'arrangement est tout différent chez le chien : à la surface visuelle centrale de chaque moitié cérébrale correspondent le segment latéral, plus petit de la rétine du même côté et le segment médian, plus grand de la rétine de l'autre côté ; l'extirpation de la surface visuelle centrale droite produit donc, ici, l'aveuglement du bord le plus externe de la rétine droite, et de toute la rétine gauche, excepté de son bord le plus extérieur (2). Évidemment, cette répartition des dernières terminaisons du nerf optique ressemble absolument à celle qui a, déjà, été démontrée dans les tubercules quadrijumeaux,

1. Munk, *Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1878, p. 169.
2. Munk, *ibid.* 1879, p 590

à la suite des croisements partiels, effectués dans le chiasma (1). Comme les domaines principaux des deux rétines sont répartis, de cette manière, aux deux moitiés du cerveau, il en résulte encore, qu'à l'intérieur de ces domaines principaux, des régions séparées et situées au-dedans de la surface visuelle centrale correspondent aux divers lieux de chaque rétine. C'est ce qu'il faut démontrer particulièrement pour *une* région de la rétine, pour celle, où la vision s'opère avec la plus grande netteté. Cette région est représentée par un point limité A' (fig. 60). Celui-ci est situé presque au milieu de la surface visuelle tout entière, et, chez le chien, il commande entièrement au centre

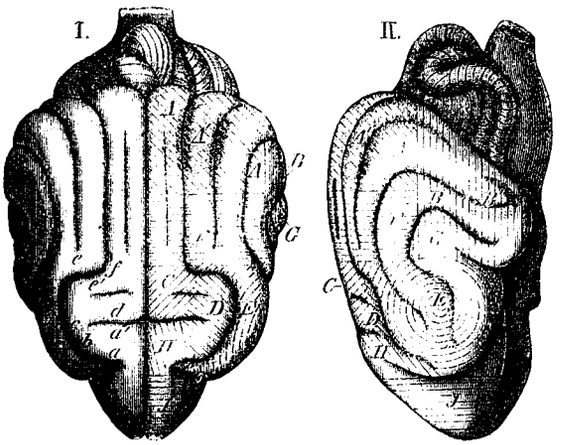


FIG. 60. Régions sensorielles, à la surface du cerveau du chien. *I* Cerveau vu par en haut. *II* Aspect de la moitié latérale gauche du cerveau. *A* Sphère visuelle ; *A'* sa région centrale. *B* Sphère auditive. *B'* Région pour la perception des sons articulés. *C—J* Sphère de la sensibilité. *C* Régions de la patte antérieure, *D* de la patte postérieure, *E* de la tête, *F* de l'œil, *G* de l'oreille, *H* de la nuque, *J* du dos. *a—g* Régions motrices. (Voir l'explication à la fig. 58.)

rétinien du côté opposé du corps. L'extirpation de ce point altère tellement la vision des animaux, que ceux-ci sont incapables de reconnaître, du côté en question, le moindre objet. Mais, la vision étant conservée dans les régions périphériques de la rétine, les animaux réagissent contre les impressions lumineuses, exécutent des perceptions imparfaites, puisque, lors de leurs mouvements de déplacement, ils

1. Voir plus haut, p. 142.

savent éviter les obstacles, placés sur leur passage (1). Les appareils centraux du sens auditif confinent, ce semble, en dehors et en bas, à la surface visuelle centrale. Le domaine, dont l'extirpation supprime chez le chien les sensations auditives, est situé, d'après Munk, au bord latéral du lobe pariétal et dans tout le lobe temporal; chez le singe, il occupe uniquement ce dernier lobe, qui est plus fortement développé chez les primates (*B* fig. 60 et 61). Ces données concordent

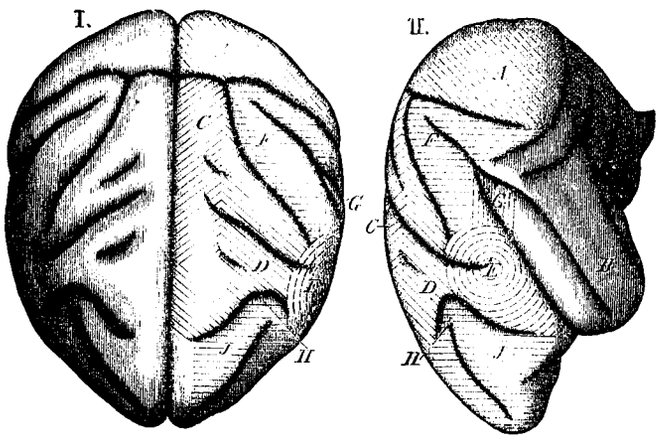


Fig. 61. Régions sensorielles, à la surface du cerveau simien. (La légende de cette figure est la même, que celle de la fig. 60.)

généralement avec les résultats, obtenus auparavant par Ferrier à l'aide des irritants; seulement, Ferrier restreint le centre auditif à la circonvolution temporale supérieure (2). D'après Munk, la destruction d'une sphère *B'* (fig. 60 *II*), plus limitée, placée au centre de ce domaine, doit avoir pour effet, si les parties environnantes sont

1. Ferrier s'écarte de Munk et place, d'après ses expériences sur les singes, le centre visuel, dans la partie postérieure de la *troisième circonvolution arquée pariétale* (P_3 fig. 48, p. 96, *F* fig. 62), nommée le gyrus angularis. Pour cela, Ferrier s'appuie principalement sur les essais d'irritation électrique, qui produisent, à l'endroit désigné, des mouvements de l'œil, des paupières et de la pupille (Ferrier, *Les fonctions du cerveau*. p. 156, 179). Ici, nous avons suivi les données de Munk, parce que les essais d'irritation nous paraissent être un moyen peu sûr, pour la démonstration des régions sensorielles, et, surtout, parce que, dans ces derniers temps, l'observation pathologique semble confirmer de plus en plus les résultats de cet expérimentateur. D'ailleurs, ces contradictions montrent, combien les faits, découverts a propos de la localisation des sensations sensorielles, le cèdent en certitude aux faits relatifs à la zone motrice.

2. Ferrier, *Les fonctions du cerveau*, p. 158, 165 et 187.

intactes, de supprimer uniquement la perception des sons articulés, tandis que la surdité complète est consécutive à l'ablation de toute la région *B*.

Les opinions des expérimentateurs, sur la localisation du sens tactile, sont bien plus divergentes. Ferrier relègue ce sens dans la région de la corne d'Ammon (le gyrus hippocampi *H*, fig. 63) (1). Munk découvrit, que le sens tactile, les sensations musculaires et d'innervation étaient régulièrement troublés, quand les destructions atteignaient les parties corticales antérieures. Dans ce cas, selon cet observateur, diverses parties du tégument cutané doivent être subordonnées à diverses régions de la surface cérébrale ; et, les sensations musculaires et d'innervation seraient toujours représentées, dans les mêmes domaines de cette sphère centrale de la sensibilité, auxquels se rapportent les sensations tactiles correspondantes et, peut-être même, les sensations de température. Munk fait siéger les sensations du tact et du mouvement de l'œil, dans une région, que limite directement en avant la sphère visuelle (*F*). D'après ce savant, il en est de même de la situation du centre de sensibilité de la région de l'oreille, par rapport à celle de la surface auditive centrale. Donc, les autres domaines centraux de la sensibilité générale se suivent ainsi successivement : la région des membres antérieurs, celle des membres postérieurs, et de la tête (*C*, *D*, *E*), enfin, la région de la nuque et du dos (*H*, *J*).

On n'a pas réussi à découvrir, à la surface du cerveau, des territoires fonctionnels déterminés pour les sens de l'odorat et du goût. On croit, d'après le trajet des nerfs olfactifs, que ces domaines siégeraient à la base du cerveau, qui est presque inaccessible aux expérimentateurs. Effectivement, le gyrus uncinatus (*U* fig. 63) est, pour Ferrier, cet organe, dont la lésion produit, chez les animaux, des troubles de l'odorat et de la gustation (2).

Or, les régions, que Munk avait réclamées pour le sens de la sensibilité, semblent coïncider, en partie, avec les points, que nous avons déjà reconnus moteurs. C'est pourquoi, ces derniers sont, à peu près entièrement, situés dans le périmètre de cette région corticale, qui correspond à la sphère de sensibilité, appartenant aux territoires musculaires en question. Pour fixer les idées à cet égard, il faut rapporter les régions motrices de la fig. 58 (p. 153) à la moitié droite

1. Ferrier, *loc. cit.* p. 192.
2. Ferrier, *loc. cit.* p. 200 et suiv.

du cerveau du chien, représentée par sa face supérieure dans la fig. 60 *J*. Par conséquent, le point moteur pour les muscles de la nuque *a* réside dans la sphère de sensibilité de la nuque *H*, de Munk; les points moteurs *b* et *c* pour les pattes antérieures, dans leur sphère de sensibilité *D*; *d* et *C* se comportent de même pour les pattes postérieures, *f* et *F* pour les muscles et le sens de sensibilité de l'œil, *e* et *g* pour les centres des muscles faciaux et masticateurs, *E* pour la région de sensibilité de la tête. Le seul point, qui ne coïncide pas, est le centre dorsal *a'*, dont la place devrait être dans la sphère de sensibilité du dos *J*. Une coïncidence de ce genre pourrait bien exister, puisque les sensations tactiles et musculaires sont en corrélation fonctionnelle intime avec les mouvements volontaires. Mais, de nombreuses observations, relevées chez l'homme et mentionnées plus loin, déposent énergiquement contre une union matérielle de cette nature entre les centres de sensibilité et de mouvement. Ce sont ces observations, où la sensibilité s'est trouvée parfaitement intacte, malgré la paralysie motrice corticale. Il est donc très-probable, que Munk a rapporté à une paralysie de la sensibilité les troubles moteurs, consécutifs à l'ablation des centres moteurs. Comme, d'autre part, les domaines de la base cérébrale, réclamés par Ferrier pour les sens tactile, olfactif et gustatif, sont très-imparfaitement accessibles au scalpel du vivisecteur, les résultats expérimentaux, obtenus relativement à ces trois sens, doivent être accueillis avec beaucoup de réserve. La localisation des centres visuel et auditif aura une certitude mieux établie, si les résultats sont appuyés par des observations, faites chez l'homme. Nous allons entreprendre maintenant l'étude de ces observations.

Les troubles, constatés après les lésions de l'*écorce du cerveau humain*, peuvent être également des symptômes d'irritation et des symptômes de dégénérescence. Les premiers, qui se traduisent, tantôt par des secousses épileptiformes, tantôt par des excitations hallucinatoires des centres sensoriels, présentent une utilité secondaire, pour résoudre, ici, la question de localisation des fonctions ; car, ils accompagnent très-rarement les lésions peu étendues de l'écorce cérébrale (1).

1. Pour les phénomènes moteurs irritatifs, localement limités avec localisation cérébrale précise, consulter le compte-rendu fait, d'après les observations de Hughlings Jackson et d'autres auteurs, par Ferrier (*Die Localisation d. Hirnerkr.*; traduct. de Pierson. Brunswick 1880, p. 108) et H. de Boyer (*Etudes cliniques sur les lésions corticales*, Paris 1879, p. 109). Dans ces cas relatifs aux questions de localisation, les recherches anatomo-pathologiques concordent absolument avec les résultats obtenus, lors des paralysies localement limitées.

Les symptômes de dégénérescence ont une valeur d'autant plus considérable, qu'ils sont plus restreints; et, d'ailleurs, ils doivent être soigneusement distingués de l'altération des parties environnantes, qui manque rarement au début de la perturbation, et des phénomènes du rétablissement de la fonction, qui se manifestent ultérieurement (1). Un grand nombre d'observations, recueillies au sujet de ces rapports, conduit à ce résultat identique : les points, dont la lésion produit des paralysies *motrices*, sont réunis dans une région, relativement peu étendue de l'écorce cérébrale, à savoir dans les *deux circonvolutions centrales*, auxquelles se joignent peut-être encore les parties avoisinantes, les plus élevées, des trois circonvolutions frontales (2). A cet égard, on doit ranger dans les circonvolutions centrales le lobe paracentral (*P* fig. 63) ou la circonvolution de passage, qui est visible à la surface médiane et leur est intermédiaire. Au contraire, les mouvements du corps restent parfaitement normaux, malgré la destruction de l'écorce des lobes temporal et occipital, et même des régions antérieures du lobe frontal. Les paralysies sont presque toujours croisées. Elles consistent dans la suppression de l'influence volontaire sur les muscles ; et, plus tard, cette suppression s'accompagne de contractures, souvent permanentes, par suite de l'action des muscles non paralysés (3). Dans plusieurs circonstances, on avait remarqué, que la perte, déjà ancienne, d'un membre, entrainait une atrophie secondaire des mêmes parties cérébrales (4). Une localisation très-précise des divers départements musculaires est encore à l'étude. La plupart des observations sont unanimes à établir, qu'au facial et à l'hypoglosse correspond le tiers inférieur des deux circonvolutions centrales ; au bras, leur tiers moyen ; et à la jambe, le tiers supérieur des circonvolutions centrales postérieures et le lobule paracentral. En outre, lors des lésions de ce dernier lobule, comme du tiers supérieur de la cir-

1. A propos des caractères distinctifs, qui sont ici indispensables, lire l'Introduction de l'ouvrage de Nothnagel (*Topische Diagnostik der Gehirnkrankheiten*).

2. Charcot et Pitres, *Revue mensuelle de méd. et de chir.* 1877, 1878 et 1879. — Nothnagel, *Topis. Diagn.* p. 438. — H. de Boyer, *Etudes clin. sur les lés. cortic.* Paris 1879. Ce dernier auteur a, en même temps, relevé avec soin toutes les lésions corticales, qui ne présentaient pas de troubles moteurs, et montré, que ce domaine latent, relativement au mouvement, coïncide avec toute la surface corticale, située en dehors des régions motrices (*loc. cit.* p. 40-79).

3. Dans un très-petit nombre de circonstances, la paralysie non croisée a été observée (consulter Ferrier, *Localisation des maladies cérébrales.* p. 12). Probablement, il s'agit ici des cas extrêmes, présentés par ce trajet extraordinaire des voies des pyramides, que Flechsig a décrit (voir plus haut, page 129, note 3).

4. Ferrier, *Localisation des maladies cérébrales.* p. 77 et 89.

convolution centrale antérieure et de la région frontale avoisinante, apparaissent des paralysies, qui occupent les deux extrémités (1). Dans les figures 62 et 63, toute la région motrice de la surface du cerveau humain est marquée par des hachures transversales; et dans la fig. 62, ces divers champs centraux, qui actuellement ont été délimités avec une certaine précision, sont en même temps désignés par les lettres *A*, *B* et *C*. Ces lettres sont placées dans les régions, dont la lésion amène une paralysie isolée des groupes musculaires correspondants, tandis que les lésions d'autres points, de *x* par exemple, provoquent ordinairement des paralysies combinées. D'après la situation des points *A*, *B* et *C*, il résulte en même temps, que d'une part la paralysie

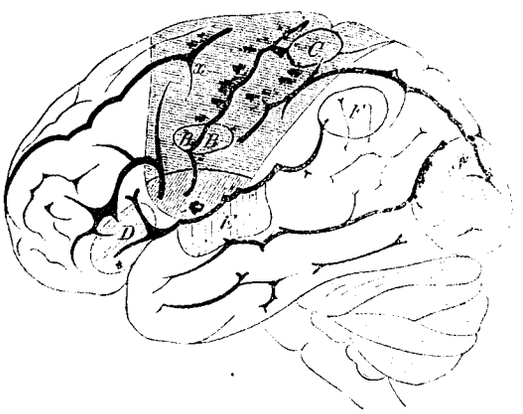


Fig. 62. Régions motrices et centres du langage à la surface du cerveau humain (hémisphère gauche). *A* Domaine du facial et de l'hypoglosse. *B* Muscles du bras ; *C* de la jambe. *x* Domaine, dont la lésion amène la paralysie des bras et des jambes. *D* Centre moteur du langage. *E* Centre sensoriel du langage. *S* Position du centre visuel, d'après les observations pathologiques d'Huguenin et d'autres auteurs. *F* Position du centre visuel, d'après Ferrier.

du bras et de la jambe, comme d'autre part celle du bras et de la face se montrent aisément ensemble ; mais la jambe et la face ne se paralysent pas facilement, tandis que le bras reste libre. Cette conclusion est pleinement confirmée par l'observation pathologique (2). Ces résul-

1. De Boyer, *loc. cit.* p. 150.

2. Dans les paralysies corticales, comme dans d'autres paralysies du mouvement, la dilatation des vaisseaux et ses conséquences, l'élévation de température des parties paralysées, ont été observées. Après avoir détruit la zone motrice chez les animaux, quelques expérimentateurs ont fait des remarques analogues. On conclut de là à une terminaison des filets *vaso-moteurs* dans la même région. Consulter à cet égard Lépine, *Les localisations dans les maladies cérébrales*. Paris 1875. —

tats, comparés avec ceux obtenus par l'expérimentation sur les animaux, en premier lieu chez le singe et décrits dans la fig. 59 (p. 157), ne permettent pas de méconnaître une concordance générale dans la position des points moteurs. On voit également, que ce territoire cortical moteur correspond à l'expansion des *voies des pyramides*, voies poursuivies par l'anatomiste jusque dans les circonvolutions centrales, et dont les commencements sont situés dans les cordons moteurs de la moëlle épinière.

La recherche des foyers centraux *sensoriels* dans l'écorce cérébrale de l'homme est, actuellement, bien moins avancée. Des faits, peu nombreux, il est vrai, mais présentant, en partie, une grande authenticité, militent en faveur de la localisation du *sens visuel* dans l'écorce du lobe occipital. Par conséquent, chaque moitié cérébrale commande

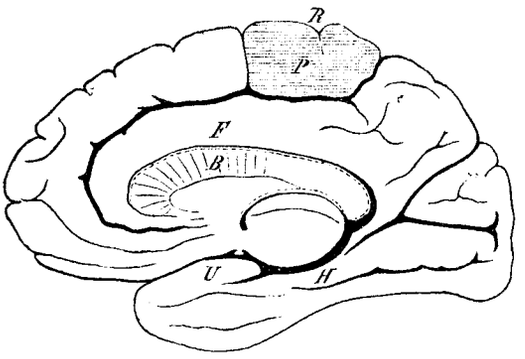


FIG. 63. Hémisphère droit, vu par sa face médiane. *R* Fente de Rolando. *P* Lobule paracentral, contenant des centres moteurs pour la jambe et peut-être même pour le bras. *F* Circonvolution arquée. *B* Corps calleux, coupé en son milieu. *H* Gyrus hippocampi, contenant, d'après Ferrier, les centres du sens tactile. *U* Gyrus unciuatus, renfermant, d'après Ferrier, les centres de l'olfaction et du goût.

à la moitié nasale de la rétine du côté opposé et à la moitié temporale de la rétine du même côté. Une lésion hémilatérale, très étendue et rapidement survenue dans le cerveau occipital, semble donc amener une *hémianopsie*; et celle-ci, sous le rapport de son extension, se comporte entièrement, comme celle qui a été notée chez le singe,

Hitzig, *Med. Centrlbl.* 1876, n° 18. — Eulenburg et Landois, in *Archiv* de Virchow, vol. 68, p. 245. — Krœmer, *Allg. Zeitsch. f. Psychiat.* vol. 36, p. 137. — Les effets produits sur la sécrétion salivaire et sudorale ont été signalés, lors des lésions ou irritations de la zone motrice. Voir Bochefontaine, *Archives de physiol.* 1876, p. 140. — Adamkiewicz, *Verhandl. d. Berliner physiol. Gesell.* 1879-80, n° 5.

après des destructions corticales unilatérales (1). Quelques observations d'Huguenin mentionnent aussi ces troubles visuels, consécutifs à une lésion corticale unilatérale. Le même auteur a publié un cas d'atrophie des deux moitiés du cerveau occipital, survenue longtemps après la perte d'*un* œil (2).

A l'occasion des troubles visuels, engendrés par les lésions de ce territoire cortical, la surface sensorielle centrale (abstraction faite des effets, dûs au croisement partiel des filets du nerf optique) semble se comporter également, comme la surface rétinienne ; car, chaque point de celle-ci est subordonné à une place limitée de la surface sensorielle centrale. Néanmoins, dans bien d'autres cas, les symptômes sont essentiellement différents : la sensibilité à la lumière est conservée dans tous les points du champ visuel ; mais la distinction des impressions de couleurs, ou la perception des formes, ou celle de la distance des objets sont troublées. Même dans ces circonstances, on a parfois trouvé des lésions du lobe occipital ; la plupart du temps, d'autres parties du cerveau, surtout les lobes frontal et pariétal, participaient aussi à la lésion (3) ; et, d'après quelques observateurs, ces derniers lobes étaient seuls le siège du mal, tandis que les parties postérieures de l'écorce cérébrale jouissaient d'une intégrité relative (4). On doit donc présumer — comme le fait pressentir l'état général existant —, qu'il s'agit ici de troubles plus complexes, dont seraient affectées des parties cérébrales très-diverses, peut-être aussi celles correspondant aux éléments de la rétine, et même d'autres régions représentant, par exemple, les nerfs tactiles et moteurs de l'œil. En effet, nous verrons plus loin, que la formation des perceptions visuelles est un phénomène psychologique complexe, qui suppose nécessairement la coopération d'éléments physiologiques, nombreux et hétérogènes (5). D'ailleurs, ne l'oublions pas, les documents pathologiques des médecins anciens renferment une grande quantité de faits, où des portions plus ou

1. Baumgarten, *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1878, p. 369. — Curschmann, *Centr. f. Augenh.* juin 1879. — Nothnagel, *Top. Diagn.* p. 389. — de Boyer, *loc. cit.* p. 175.

2. Huguenin, *Correspondenzblatt f. schweizer. Aerzte* 1878, n° 22. Dans l'un de ces faits, l'atrophie était également avancée des deux côtés ; dans l'autre, elle était plus considérablement développée, du côté opposé à l'œil aveugle.

3. Consulter les observations de Fürstner (*Archiv f. Psychiatrie* VIII, p. 162, IX, p. 90) et de Reinhard (*ibid.* p. 147). Il faut remarquer que, dans ces observations, il s'agit partout de symptômes partiels de paralysie progressive.

4. Fürstner, *loc. cit.* VIII p. 171, 172. — Reinhard, *ibid.* IX, p. 156.

5. Voir la théorie des représentations visuelles, dans la *troisième section* de cet ouvrage.

moins considérables des lobes postérieurs étaient lésées, sans signalement des troubles de la vision. Mais, à cet égard, deux circonstances doivent être prises en considération : 1° à cause de l'activité complémentaire de l'autre œil, les troubles visuels partiels peuvent être inaperçus, surtout si l'on n'interroge pas convenablement le fonctionnement de l'organe ; 2° ici, comme dans tous les autres cas de lésions corticales partielles, les troubles se compensent graduellement ; probablement, parce que d'autres territoires corticaux suppléent les territoires supprimés (1).

C'est pour les mêmes motifs, qu'il existe actuellement peu d'observations exactes et propres à être utilisées pour la localisation des autres sensations sensorielles. Parfois, des troubles du sens musculaire et de la sensibilité cutanée ont été remarqués, lors des affections du lobe pariétal et frontal, c'est-à-dire des régions, qui limitent directement la zone motrice (2). Mais, selon certains observateurs, des lésions plus étendues de ces mêmes parties se sont présentées, sans altération appréciable de la sensibilité (3) ; aussi, faut-il s'en rapporter à une constatation ultérieure. Chez l'homme, on n'a pas encore démontré l'existence de surfaces sensorielles centrales pour les sens du goût et de l'olfaction, ni pour le sens de l'ouïe.

Bien plus nombreux sont les faits, qui assignent un territoire central limité à certaines fonctions, étroitement connexes avec le sens auditif, *aux mouvements du langage articulé* et à *la perception des sons articulés*. Dans les troubles centraux du langage, il faut principalement distinguer l'un de l'autre deux états, très-souvent unis ensemble, mais capables, jusqu'à un certain degré, de se manifester isolément : l'*aphasie*, la suppression ou le trouble de la faculté du langage

1. Dernièrement, Ferrier a recueilli quelques faits, qui contredisent la localisation du sens visuel dans le cerveau occipital (*Localisat. des maladies cérébrales*. p. 126 et suiv.). D'après ses expériences sur le singe, Ferrier lui-même place, comme nous l'avons vu plus haut (p. 159, note), le centre visuel dans la troisième circonvolution arquée pariétale ou gyrus angularis. Cependant, cette hypothèse n'est pas étayée par les observations pathologiques, car, les faits, invoqués par Ferrier (*loc. cit.* p. 141), ne permettent pas de conclure à une localisation précise. Quant à l'hémianopsie, Charcot et Ferrier sont d'avis, qu'elle provient constamment des lésions sous-corticales du cerveau, tandis que les troubles corticaux déterminent toujours la cécité de l'œil du côté opposé. Ils s'appuient, à cet égard, sur les cas d'épilepsie hystérique. Or, ces cas reposent sur des bases anatomo-pathologiques, encore très-incertaines. Consulter Ferrier, *Localis. des maladies cérébrales*. p. 124.

2. Pick et Kahlert, *Beiträge zur Pathol. und pathol. Anat. d. Centralnerv.* Leipzig 1879, p. 50.—Senator, *Med. Centr.* 1879, p. 700. — Nothnagel, *Top. Diagn.* p. 465.

3. Voir le résumé de ces observations, in Ferrier (*Localis. des maladies cérébrales*. p. 135 et suiv.).

et la *surdité verbale*, le trouble de la perception des mots. L'aphasie s'unit quelquefois à la suppression de la faculté d'écrire, à l'*agraphie* ; et la surdité verbale, à l'incapacité de comprendre les mots écrits, à la *cécité verbale* (1). Voici le caractère de tous ces phénomènes : les sensations sensorielles et les fonctions motrices simples peuvent être alors pleinement conservées, en présence des arrêts de conduction, effectués par la maladie et étudiés jusqu'ici ; ces derniers étant des troubles complexes, à la genèse desquels contribuent, sans doute, largement les voies intracentrales. Le domaine cortical, dont l'intégrité assure l'exercice de ces fonctions centrales du langage, est, d'après des preuves certaines, cette région, développée sur le cerveau humain d'une manière si remarquable et située à la limite antérieure et inférieure de la fente sylvienne ; selon d'autres observateurs, il faudrait lui adjoindre le territoire du lobe de l'insula (2). Dans la grande majorité des cas, le trouble du langage est une conséquence des affections pathologiques centrales du *côté gauche*. Il est donc, à cause du croisement des voies conductrices motrices et sensorielles, lié à l'hémiplégie du côté droit et à l'hémianesthésie. Au contraire, les lésions du côté droit de ces parties centrales suivent entièrement leur cours, sans présenter de symptômes (3). Les cas rares, où les troubles du langage existent avec des lésions en foyer, situées dans le côté droit du cerveau, semblent se manifester régulièrement chez les individus gauchers ; alors, cette moitié cérébrale, dont la fonction est ordinairement prépondérante, paraît être, absolument ou presque exclusivement, le siège des fonctions centrales du langage (4). D'ailleurs, dans ce cas, comme lors de tous les troubles centraux d'une étendue plus restreinte, la fonction se rétablit après un certain temps, quoique la cause primitive de la perturbation subsiste encore. Il y a lieu de présumer que, dans les circonstances de ce genre, la moitié cérébrale, restée intacte et non préalablement exercée, a joué un rôle de suppléance, de même qu'après la perte de la main droite, la main gauche s'habitue aux exercices mécaniques.

1. Kussmaul, *Störungen der Sprache*, in *Handbuch der spec. Pathol.u. Therapie* vol. XII, Leipzig 1877, p. 102.
2. Voir, in Kussmaul (*loc. cit.* p. 132 et suiv.) la discussion détaillée des observations de Bouillaud, Broca, etc., et, in de Boyer (*loc. cit.* p. 93, 99) ce qui est relatif à la participation de l'insula.
3. Par exemple, sur 125 cas d'aphasie avec hémiplégie du côté droit, Trousseau en a relevé 10 avec hémiplégie du côté gauche.— *Jahresb. f. Physiol.* de Meissner, 1867, p. 532.
4. Ogle, *Medico-chirurg. transact.* vol. 54. 1871, p. 279.

Les troubles, consécutifs à la destruction des régions de l'écorce cérébrale citées tout à l'heure, sont complexes de leur nature ; et avec des lésions très-limitées, quelques symptômes de dégénérescence, par exemple la cécité verbale et l'agraphie d'une part, d'autre part l'aphasie, proprement dite, peuvent, jusqu'à un certain degré, exister isolément. Par conséquent, ce domaine cortical du langage doit être divisé, de nouveau, en plusieurs régions secondaires. Jusqu'à présent, *un seul* fait a été établi, à cet égard, avec une certitude suffisante : tandis que l'aphasie, proprement dite, est ordinairement liée aux lésions de la *troisième circonvolution frontale*, le symptôme de la cécité verbale apparaîtrait seulement, lorsque la *première circonvolution temporale* opposée est atteinte (1). Les deux régions sont désignées par *D* et *E* dans la fig. 62. Nous sommes très-peu renseignés sur les systèmes de conduction, qui sont reliés ensemble dans le territoire cortical du langage. D'après la nature complexe de la fonction du langage et ce fait, que la sensation de son et l'innervation motrice restent intactes dans les états aphasiques, nous pouvons poser avec une très-grande vraisemblance cette conclusion : le champ central du langage ne contient ni la terminaison intime des filets de l'auditif, ni celle des filets nerveux moteurs des muscles du langage. Quant à ces derniers, ceci a été confirmé par d'autres recherches, entreprises sur la situation des régions motrices dans les deux circonvolutions centrales. Nous devrions plutôt admettre, que le centre sensoriel du langage est uni, par une voie intracentrale, avec le territoire cortical du nerf auditif, et que le centre moteur du langage est uni, par une voie de ce genre, avec le territoire cortical, servant à l'innervation directe des muscles du langage. Pour les corrélations intimes, existant entre l'image du mot écrit et celle du mot articulé et, de nouveau, entre chacune d'elles et les fonctions motrices du langage et de l'écriture, on est en outre obligé de faire l'hypothèse suivante : à l'égal de ce qui a lieu pour les champs corticaux du nerf auditif et des muscles du langage, des centres spéciaux correspondent, à l'intérieur du domaine central du langage, aux champs corticaux du nerf optique et des muscles mis en activité pour l'écriture ; et tous ces centres sont, de nouveau, étroitement reliés ensemble. On comprend très-bien, qu'on n'ait pas encore songé à fournir une démonstration des voies conductrices centrales, ici supposées. Il est donc tout au plus possible, en se basant sur les formes

1. Wernicke, *Der aphatische Symptomencomplex*. Breslau 1874. — Kahler et Pick. *Beiträge*, p. 24 et 282.

diverses du trouble central du langage, d'esquisser un schéma hypothétique des différents centres et de leurs unions (1).

Si tous les résultats, recueillis par l'observation pathologique sur le rapport de l'écorce cérébrale avec les divers systèmes de conduction, nous les comparons avec les données fournies par les expériences sur les animaux, on ne peut méconnaître, que ces deux procédés sont arrivés à un haut degré de concordance, surtout relativement à des faits, en quelque sorte indiscutables. Ainsi, on a principalement démontré, que les foyers centraux de l'innervation motrice directe occupent une situation, généralement analogue, chez l'homme et les animaux. Particulièrement chez l'homme et le singe, la disposition, l'arrangement de tous, ou presque tous, les points moteurs, dans les circonvolutions centrales, s'effectue dans le même ordre. Cette donnée s'applique en quelque sorte à la localisation des sensations visuelles dans les lobes occipitaux, bien qu'ici les observations soient moins nombreuses pour l'homme et les animaux, et rencontrent encore certains contradicteurs. Car, dans ces lobes, l'arrangement des diverses parties corticales, par rapport aux diverses parties des deux rétines, correspond absolument au mode de croisement existant dans le chiasma des nerfs optiques. Bien plus défectueuses sont les observations, concernant les autres domaines sensoriels centraux. Ainsi, on n'a pas trouvé une région centrale acoustique pour l'homme ; seulement, la première circonvolution temporale serait, très-probablement, le centre de la perception verbale, qui participe à la fonction du langage. Les observations de Ferrier et de Munk sont unanimes à placer, chez les animaux, le centre acoustique dans les parties *postérieures* du lobe temporal, à la limite de ce centre sensoriel du langage chez l'homme. L'observation pathologique devra donc rechercher, dans la même région, la surface sensorielle du nerf auditif. En effet, Huguenin a découvert dans un cas de surdité, déjà ancienne, une atrophie du lobe temporal du côté opposé, surtout de la première circonvolution (2). Relativement aux sensations tactiles et musculaires, les observations de Munk concordent avec quelques faits pathologiques, puisque ces derniers indiquent également, comme probable, une localisation des sensations, qui serait directement voisine des mouvements correspondants. Au point de vue physiologique et pathologique, d'autres données contredisent ce résultat ; cette question a donc besoin d'être mieux élu-

1. Voir chap. V, n° 6.
2. Huguenin, *Correspondenzblatt. f. schweiz. Aerzte*, 1878, n° 22.

cidée. De même, la localisation des sensations olfactives et gustatives, qui, selon l'anatomie, résiderait en certains points de la base du cerveau, est une hypothèse méritant une confirmation directe. Enfin, les recherches sur l'aphasie et sur les états, qui s'y rapportent, établissent d'une façon péremptoire, que l'écorce cérébrale recèle des centres plus compliqués, représentant probablement les points nodaux des voies intracentrales ; et la dégénérescence de ces centres entraîne, par conséquent, non de simples paralysies musculaires ou sensorielles, mais des perturbations complexes. Ces centres supérieurs occupent, évidemment, dans l'écorce du cerveau de l'homme, un espace plus considérable, que dans celle de l'animal, où les foyers centraux directs des sensations sensorielles et des mouvements musculaires semblent prépondérants.

Prenons, pour point de départ, les faits révélés par l'examen des fonctions et jetons finalement un regard sur l'*étude anatomique de l'écorce cérébrale*. Comme nous l'avons remarqué au début, et pour des raisons toutes naturelles, cette étude, moins avancée que celle des systèmes de conduction des segments cérébraux, est restée bien plus en arrière des résultats de l'investigation physiologique et pathologique. La question, de poursuivre les voies conductrices jusqu'à leurs terminaisons dans l'écorce du cerveau, ne s'applique, tout au plus, qu'à la voie, rayonnant dans les deux circonvolutions centrales et originaire des pyramides. Cependant, on ne peut méconnaître, que du moins l'esquisse *générale* de la structure, qui est confirmée par l'analyse microscopique et macroscopique du manteau cérébral, concorde pleinement avec les données de l'examen fonctionnel. Tandis que les rayonnements de la couronne de Reil entrent dans l'écorce cérébrale, ils sont partout, excepté dans la région occipitale (fig. 57, voir *A* fig. 39 et 40, page 81 et 82), croisés par les filets du corps calleux, qui se dirigent également vers l'écorce cérébrale, car ils se répartissent symétriquement dans les deux hémisphères. Les filets du corps calleux forment donc une voie conductrice, qui réunit les parties corticales correspondantes des deux moitiés cérébrales. Comme le laisse déjà présumer l'accroissement considérable du corps calleux d'avant en arrière (1), cette union a lieu principalement entre les parties corticales de la région occipitale. Par conséquent, le développement im-

1. Cet accroissement du corps calleux, d'avant en arrière, est démontré par une section transversale de cet organe.

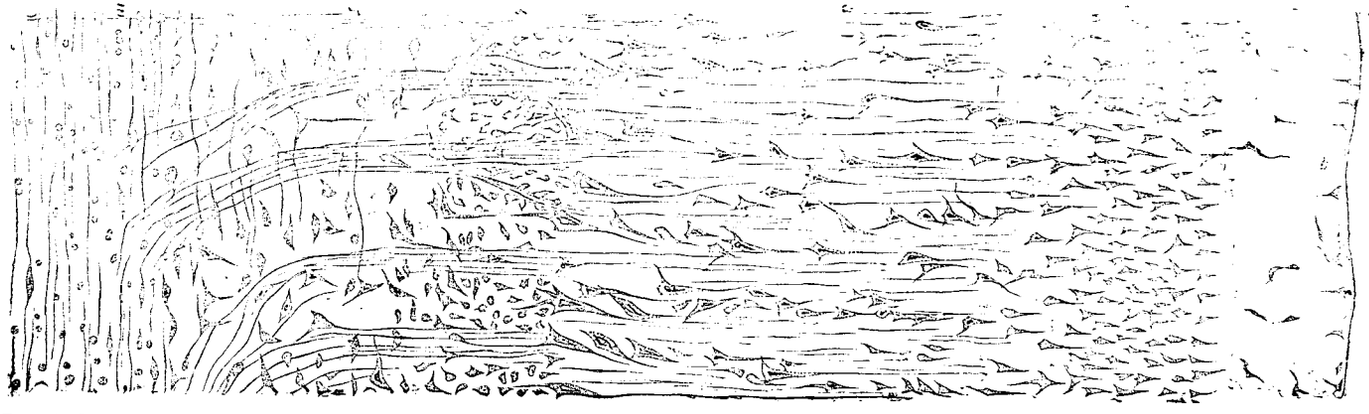


FIG. 61. Coupe transversale de l'écorce du cerveau frontal humain, grossie cent fois ; d'après Meynert. *1* Couche externe de la névroglie. *2* Couche des petites cellules pyramidales de l'écorce. *3* Couche des grandes cellules pyramidales. *4* Couche des corpuscules corticaux irréguliers : elle se compose en grande partie de formations analogues aux corpuscules lymphatiques. *5* Couche des cellules fusiformes. *m* Bande médullaire (couche limitrophe, vers le noyau médullaire).

parfait du corps calleux, développement analogue à celui qu'on remarque chez les microcéphales, est spécialement accompagné de l'étiolement des lobes occipitaux postérieurs (1). En outre, des *faisceaux de filets arciformes* s'étendent d'une circonvolution à une autre circonvolution ; ils semblent relier la surface corticale de deux circonvolutions voisines (*f a* fig. 40) (2). Enfin, quelques faisceaux plus longs, d'une espèce analogue, sont tendus entre certaines régions corticales, plus éloignées, de chaque hémisphère : l'un de ces tractus de filets unit le lobe frontal et temporal ; et un autre, la pointe occipitale avec la tempe (3). On trouve donc, dans l'écorce du cerveau, *trois* systèmes de filets : 1° des *filets de la couronne radiée*, sorte de prolongements des voies conductrices ascendantes ; 2° des *filets commissuraux*, voies conductrices placées entre les provinces corticales correspondantes des deux hémisphères ; et 3° des *filets arciformes* ; nous donnons cette dernière désignation à tous ces tractus de filets, qui établissent une voie conductrice entre diverses provinces de la même moitié cérébrale. Ils se divisent de nouveau en *filets de circonvolutions*, qui relient des circonvolutions voisines et en *filets d'association*, qui cheminent entre des régions corticales d'un hémisphère, plus éloignées (4).

La *substance grise de l'écorce cérébrale* reçoit tous ces systèmes de filets (5). Elle contient, comme éléments constituants prépondérants, plusieurs couches de cellules nerveuses, qui, vers le noyau médullaire, comme vers la surface de l'écorce, se convertissent en prolongements de filets. Elles sont couchées dans une substance fondamentale. Celle-ci, près de la surface corticale, ressemble de plus en plus au tissu conjonctif, jusqu'à ce que, à la surface même, elle se transforme en membrane vasculaire de nature conjonctive. La couche superficielle de cette substance fondamentale (1 fig. 64) ne renferme, à part les cellules de tissu conjonctif, que de rares corpuscules nerveux, à configuration

1. J. Sander, in *Archiv f. Psychiatrie* de Griesinger, I, p. 299. — Bischoff, *Abhandl. d. bayr. Akad.* 1873, p. 171.
2. Fibræ arcuatæ d'Arnold, fibræ propriæ de Gratiolet.
3. Le premier tractus est appelé fasciculus uncinatus, et le second, fasciculus longitudinalis.
4. Meynert les fait rentrer tous deux dans son *système d'association* (*Gewebelehre* de Stricker, p. 692.).
5. R. Arndt, *Archiv f. mikrosk. Anat.* II, p. 441 ; IV, p. 407 ; V, p. 317 ; VII, p. 173 ; *Archiv f. Psychiat.* III, p. 467. — Meynert, *Vierteljs. f. Psychiat.* I, p. 97. 198 ; II, p. 88. — Henle, *System. Anat.* III, 2e partie, p. 268. — Rindfleisch, *Archiv f. mikr. Anat.* VIII, p. 453. — Gerlach. *Med. Centralbl.* 1872, p. 273. — Butzke, *Archiv f. Psychiat.* III, p. 575.

irrégulière. En avançant à l'intérieur, ces corpuscules augmentent de nombre et acquièrent graduellement une forme plus régulière et pyramidale (2). Si l'on pousse plus loin à l'intérieur, la grosseur des cellules pyramidales est bien plus considérable, mais leur nombre décroit en même temps. Les plus grandes cellules pyramidales ont une forme à peu près constante (3-4). La base de chaque cellule est dirigée à l'intérieur vers la moëlle, et la pointe, au dehors, vers la surface. Leur prolongement, le plus large, part de la pointe de la pyramide et se dirige vers l'extérieur (1); un prolongement, plus délicat, qui souvent est très-court, se tourne du milieu de la base vers l'intérieur (2). En outre, chaque cellule envoie quelques prolongements latéraux; ceux-ci, la plupart du temps, sont beaucoup plus rapprochés de la base, que de la pointe (3). Le prolongement médian de la base, restant indivis et semblant naitre au milieu de la cellule, possède probablement le caractère d'un prolongement de l'axe; en cette qualité, il se convertit directement en filet nerveux (4). Tous les autres prolongements s'anastomosent et se résolvent, de cette manière, en un réseau terminal, extrêmement fin. Ce dernier engendre de nouveau des filets nerveux, qui ont également une disposition, un arrangement rétiforme; par conséquent, dans l'écorce grise, on peut distinguer, à part le réseau fin, un réseau plus grossier de filets à myéline (5). Entre les pyramides, des cellules rondes, semblables aux corpuscules lymphatiques, sont disséminées dans la substance fondamentale. A l'intérieur, les cellules pyramidales cessent subitement, après avoir atteint leur grosseur la plus considérable et formé en même temps une couche plus épaisse. Ensuite, on rencontre de nouveau des cellules nerveuses (4) plus petites, irrégulières; leur plus grand diamètre est dirigé dans le sens transversal; et, parfois, leur configuration est analogue à celle d'un fuseau (5). Entre ces cellules plus petites cheminent des faisceaux de filets nerveux, qui, vers l'intérieur, proviennent évidemment soit des prolongements des cellules pyramidales, soit du réseau terminal (6). Ces diverses formes de cellules ne sont pas égale-

1. Prolongement aigu de Meynert, prolongement principal de Arndt.
2. Prolongement médian de la base, de Meynert.
3. Prolongements latéraux de la base, de Meynert.
4. Butzke, (*loc. cit.*).
5. Gerlach, (*loc. cit.*).
6. L'*avant-mur* (claustrum) était rangé, par les anciens anatomistes, dans les noyaux ganglionnaires du cerveau, parce qu'il se rattache extérieurement au noyau lenticulaire. D'après Meynert, c'est purement un amas, extrêmement développé, de cette couche cellulaire interne, appelée, à cause de cela par cet auteur, *formation*

ment réparties dans toutes les portions de l'écorce. Les cellules pyramidales sont les plus nombreuses, à la surface libre des circonvolutions. Elles disparaissent presque entièrement dans la profondeur des sillons, où, au contraire, les cellules de la couche interne, plus petites et placées en travers, augmentent de quantité. Par conséquent, on voit les faisceaux de la couronne radiée pénétrer seulement dans les parties des bourrelets, convexes extérieurement ; et dans les sillons intermédiaires, directement au-dessous de l'écorce, se trouvent ces filets arqués, qui vont d'une circonvolution à une autre circonvolution. Même, dans les divers départements de la surface cérébrale, la structure de l'écorce n'est pas absolument uniforme. Par exemple, les bourrelets marginaux de la face médiane du lobe postérieur, et, d'autre part, les circonvolutions centrales, comme le revêtement de la circonvolution en crochet et de la corne d'Ammon, se comportent différemment. Le premier rang ne possède, que de rares cellules pyramidales, mais la formation des petites cellules irrégulières et des tissus, analogues aux corpuscules lymphatiques, y est prépondérante. Au contraire, dans l'écorce des circonvolutions centrales, surtout antérieures, quelques cellules pyramidales atteignent une grosseur extraordinaire ; ce sont alors les *pyramides géantes* : chez les animaux, elles ont été démontrées dans les régions motrices (1). Le gyrus uncinatus et la corne d'Ammon contiennent aussi de grandes cellules pyramidales, qui sont ici accumulées en plusieurs couches (2). On ne range pas habituellement le revêtement du bulbe olfactif, dont la structure est si différente, dans l'écorce cérébrale proprement dite, mais dans les surfaces sensorielles. Comme principes constituants prépondérants, on rencontre des cellules nerveuses plus petites ; celles-ci ressemblent aux éléments, contenus dans les couches nucléaires de la rétine, et sont probablement intercalées dans le parcours des filets du nerf olfactif (3).

L'arrangement régulier des prolongements, originaires des cellules pyramidales nous incline à penser, que ces prolongements sont en

de l'avant-mur. Il en est, de même, du noyau de l'amygdale, situé en bas de l'avant-mur, près de l'écorce de la circonvolution en crochet. (Meynert, *loc. cit.* p. 710).

1. Betz, *Centralblatt f. die med. Wissensch.* 1874, p. 578, 595.

2. C'est pourquoi, Meynert appelle généralement *formation de la corne d'Ammon* la couche des cellules pyramidales (p. 707, 711).

3. A la surface du bulbe olfactif, ces noyaux donnent lieu à une couche de tissus enroulés et pelotonnés. La formation de ces derniers serait dûe, à ce que les filets de l'olfactif, au point où ils sont interrompus par les noyaux, suivent un trajet entrelacé et ressemblent à un peloton de fil (Meynert, in *Gewebelehre* de Stricker, p. 716).

relation avec les diverses voies conductrices, qui se rencontrent dans l'écorce. Probablement, les prolongements de la base, dirigés vers l'intérieur, passent directement dans ces faisceaux de filets, qui se rassemblent, pour former la couronne de Reil. La disparition simultanée de ces deux tissus, dans la profondeur des bourrelets marginaux, milite en faveur de la connexion des filets de la couronne radiée avec les cellules pyramidales. L'union des autres prolongements avec certains systèmes de filets, union qui s'opère ici par l'intermédiaire du réseau terminal, est une pure présomption. Peut-être, le réseau terminal est-il le lieu commun d'origine, d'une part de tous les prolongements protoplasmatiques, provenant des cellules pyramidales, et d'autre part des filets de commissures, des filets de circonvolutions et des filets d'associations. Ce réseau donne-t-il aussi naissance aux filets de la couronne de Reil ? nous l'ignorons. Les autres cellules de l'écorce cérébrale, en tant qu'elles ne représentent pas l'état adulte des grandes cellules pyramidales, ont probablement une importance plus secondaire ; car, les unes sont les points nodaux du réseau des filets terminaux, et les autres changent la direction de certains tractus de filets. Ce dernier rôle incombe surtout aux cellules de la couche interne, placées transversalement et qui, par leur présence dans la profondeur des bourrelets marginaux, témoignent d'une relation avec les filets arqués (1).

Les filets multiples de jonction, qui relient des domaines corticaux séparés et forment, indépendamment des irradiations de la couronne de Reil, le manteau cérébral, doivent inévitablement être regardés, comme des voies conductrices, destinées à réunir, pour une fonction combinée, diverses parties de l'écorce du cerveau. Ainsi, les filets commissuraux contribueront probablement à la fonction simultanée ou successive des parties corticales, correspondantes, des deux hémisphères ; les filets d'association mettront en relation des organes terminaux, disparates, de l'écorce cérébrale ; les filets de circonvolutions uniront, en vue d'une action commune, les parties corticales, directement en contact. On est encore autorisé à présumer, qu'à l'aide de ces filets de jonction, les troubles fonctionnels, consécutifs aux destruc-

1. L'accroissement de volume des cellules pyramidales, de dehors en dedans, nous incline à croire, que ces cellules se renouvellent continuellement, à partir de la surface de l'écorce, c'est-à-dire des endroits, où le sang afflue, grâce à la membrane vasculaire. Les diverses couches de cellules pyramidales signifieront alors autant de générations de cellules; c'est pourquoi, ce processus de disparition et de renouvellement, auquel sont soumises toutes les parties élémentaires, semble, pour ainsi dire, s'accomplir, ici, sous nos yeux.

tions partielles de l'écorce cérébrale, se compensent graduellement, puisque d'autres éléments remplissent la fonction des éléments supprimés. Or, la structure du manteau cérébral confirme généralement cette manière de voir, qu'imposent les faits physiologiques : l'écorce du cerveau est, en quelque sorte, le miroir réfléchi des parties périphériques du corps. Elle diffère essentiellement de ces dernières, en ce que, chez elle, les représentations (Vertretungen) des divers organes de sensation et de mouvement sont liées ensemble, de la façon la plus multiple et conformément à leurs relations fonctionnelles.

Le résumé précédent des connaissances, acquises jusqu'à ce jour, relativement aux systèmes de conduction de l'écorce cérébrale, nous amène, tout en tenant compte des difficultés de l'expérimentation, à formuler la proposition fondamentale suivante : on ne doit tenir, en quelque sorte pour indiscutables, que les faits qui ont été confirmés par plusieurs observateurs ; ou bien, les faits, au sujet desquels concordent les résultats, obtenus par divers procédés. Les mêmes considérations ont servi de règle, lorsqu'il s'est agi d'interpréter les phénomènes. Mais il ne faut pas oublier, que de graves divergences existent entre les divers physiologistes expérimentateurs, sur cette dernière question. Ainsi, Hermann (1) a fait valoir contre les essais d'irritation, appliqués aux points corticaux moteurs, que, dans cette circonstance, les déviations de courant sur des parties, plus profondément situées, pouvaient illusionner l'expérimentateur. Ce physiologiste trouve une confirmation de son objection dans cette expérience : si l'écorce est détruite jusqu'à une profondeur assez considérable, les conséquences de l'application de l'irritant se manifestent encore. Ce dernier cas à été également observé par Carville et Duret (2), qui ont d'ailleurs démontré, que les symptômes d'irritation persistent, même après la destruction du corps strié. Comme ces deux savants l'ont remarqué, la limitation locale des régions excitables par de faibles irritants est, en partie, défavorable à l'hypothèse des déviations de courant. D'autre part, il est facile de comprendre que, même sur une certaine étendue, l'irritant peut atteindre, dans la profondeur, les filets moteurs de la couronne radiée qui se terminent dans une région corticale. De plus, les symptômes de dégénérescence, consécutifs à l'extirpation des points moteurs, viennent prendre place à côté des phénomènes d'irritation et les compléter. Or, ces points moteurs eux-mêmes ont été, de nouveau, l'objet d'une interprétation diverse ; car, on a rapporté les troubles de mouvement à une perturbation de la sensibilité tactile et présumé par conséquent, que ces points en question contenaient des domaines sensoriels. Schiff (3)

1. *Archiv f. Physiologie* de Pflüger, vol. X, p. 77.
2. *Archives de physiol. normale et pathol.* 1875, p. 352.
3. *Archiv f. experim. Pathologie* III, 1874, p. 171.

établit, le premier, cette hypothèse ; et Hermann Munk (1), se basant sur ses expériences d'extirpation, s'y est rattaché. Schiff avait fait surtout ressortir, que les mouvements d'irritation n'apparaissent pas dans le sommeil produit par l'éther ou le chloroforme. Mais il convient de remarquer, que justement ces anesthésiques agissent (à la différence de la morphine) même sur la substance nerveuse motrice. D'autre part, lors de l'excitation des points corticaux sensoriels, très-souvent les symptômes d'irritation se distinguent nettement ; c'est pourquoi, Ferrier (2) a pu employer dans ce cas l'irritation, comme moyen auxiliaire de diagnostic : procédé, qui, sans doute, n'est utilisable, que pour reconnaître soigneusement les symptômes de dégénérescence. Munk avait observé que, de vastes destructions corticales, opérées dans les parties cérébrales antérieures, entraînaient l'anesthésie ; c'est ainsi, qu'il a été conduit à construire son hypothèse. Cependant, comme nous l'avons remarqué plus haut, ceci ne prouverait pas encore, que les points moteurs, correspondant à des parties égales du corps, ne doivent pas être situés dans les mêmes régions, dans le voisinage immédiat des points représentant le sens de la sensibilité. Effectivement, l'opinion personnelle de Munk ne semble pas différer essentiellement de cette manière de voir. En revanche, Munk engage une polémique, pour qu'on localise « la volonté », parce que nous percevons, en nous, une idée du mouvement. Evidemment, cette question, qu'est-ce que la volonté, est du ressort non de la physiologie, mais de la psychologie. La physiologie doit s'occuper uniquement de découvrir, quels sont les points de notre cerveau, d'où partent les excitations motrices. D'après les expériences pathologiques, il est certain que, chez l'homme, les excitations motrices d'un caractère automatique sont liées à la conservation de territoires corticaux déterminés, dans les circonvolutions centrales. Chez les animaux, les points, reconnus moteurs, ont une situation absolument correspondante, et les phénomènes d'irritation et de dégénérescence ressemblent essentiellement à ce qu'on observe chez l'homme, dans les cas analogues ; par conséquent, la justification de cette interprétation est presque douteuse. Nous ferons encore remarquer, qu'on n'a pas plus le droit de parler d'une « localisation de la volonté », dans la région motrice de l'écorce cérébrale, que de considérer la troisième circonvolution frontale et son entourage, comme le siège « de la faculté du langage ». Parce que la suppression d'une vis arrête le rouage d'une montre, personne n'affirmera, que cette vis met la montre en mouvement. La volonté est une fonction, qui suppose de nombreuses conditions préalables psychologiques, par cela même physiologiques, et surtout des sensations. Admettre, qu'une fonction si complexe soit liée à quelques éléments, c'est créer une hypothèse extrêmement invraisemblable. Il résulte uniquement des observations, que ces points de l'écorce cérébrale, reconnus moteurs, contiennent des anneaux de

1. *Archiv f. Physiol.* de Du Bois-Reymond, 1878, p. 171.
2. *Die Functionen des Gehirns*, p. 161 et suiv.

passage, qui sont indispensables, pour transmettre les impulsions volontaires dans les voies nerveuses motrices. Selon les faits anatomiques, il est très-vraisemblable, que les anneaux de passage *les plus intimes*, allant de l'écorce cérébrale aux voies centrales conductrices, sont situés dans ces points moteurs.

Nous avons signalé précédemment les principales divergences des différents observateurs, au sujet de la position des régions sensorielles. Cette présomption de Meynert, basée sur des dissections anatomiques, à savoir que le lobe occipital renferme les terminaisons des nerfs tactiles (1), est également abandonnée. Car, les faits physiologiques et pathologiques indiquent également ici des parties cérébrales, situées beaucoup plus en avant, mais dont le domaine n'est pas encore assez nettement délimité, surtout en comparaison des centres moteurs. Les phénomènes d'hémianopsie, provenant des lésions bilatérales et ceux d'atrophie secondaire, survenus après la perte d'un œil, témoignent, que l'écorce du lobe occipital doit être probablement la surface visuelle centrale. A cet égard, quelques points réclament encore un éclaircissement plus complet, et surtout la question suivante : ces fonctions physiologiques, qui déploient leur activité pour la formation des *perceptions* visuelles, sont-elles liées en même temps à cette surface visuelle centrale ou à certaines de ses parties ? ou bien, d'autres parties centrales contribuent-elles nécessairement à cette formation ? Les observations, relevées chez l'homme et mentionnées précédemment, ainsi que l'analyse physiologique des processus de perception sont décidément favorables à cette dernière opinion. Selon Munk, au contraire, la même région de l'écorce occipitale, qui, surtout d'après ses expériences ultérieures, correspondrait à la fosse centrale de la rétine, est *simultanément* celle qui maintient la conservation des images de souvenir. Ce physiologiste rapporte, par conséquent, à une « cécité de l'âme » les phénomènes de dégénérescence, produits par l'extirpation de cette région, et à une « cécité corticale », ceux qui résultent de l'ablation des parties environnantes. Par cécité corticale, Munk comprend les phénomènes de ce genre, qui correspondent à une suppression de certaines parties du champ visuel, suppression analogue à celle qu'opère la tache aveugle dans l'œil normal. D'après les nouvelles expériences de Munk et les observations relevées chez l'homme, la surface visuelle du lobe occipital présente un arrangement des éléments centraux, qui, abstraction faite des conditions réalisées par le croisement dans le chiasma, est identique à la disposition des cônes et des bâtonnets dans la rétine. Néanmoins, il est très-invraisemblable, qu'à certaines parties de cet arrangement soient encore liées des fonctions, d'une nature toute différente et absolument indépendantes de leur correspondance avec certaines parties de la rétine. D'ailleurs, l'hypothèse d'un « dépôt des images de souvenir » repose, comme nous le verrons dans le chapitre suivant, sur des idées, généralement inadmissibles au point de vue physiologique et psychologique. En effet, tous les phénomènes, décou-

1. Voir plus haut, page 129, note 1.

verts par Munk sur ses chiens « aveugles psychiquement », proviendraient, peut-être, de ce que, chez ces animaux, la région de la vision la plus nette était devenue incapable de fonctionner. Les animaux ne reconnaissaient plus les divers objets ordinaires, un morceau de viande, leur écuelle, pleine d'eau, mais pouvaient encore exécuter les perceptions nécessaires, pour éviter certains obstacles, placés sur leur passage. L'apprentissage graduel de la vision, chez les animaux opérés de cette manière, est expliqué par les phénomènes généraux de la fonction vicariante, qui interviennent à un certain degré, comme personne ne l'ignore, lors des défectuosités périphériques de la rétine ; et cette explication est, sans doute, préférable à celle de Munk, au dépôt successif des images de souvenir, à partir du bord de la région extirpée (1). D'après les observations pathologiques citées précédemment, il est très-probable, qu'indépendamment de ces troubles visuels centraux, il s'en présente encore d'autres, qui influent sur la conduite psychologique des perceptions visuelles. Mais les recherches futures décideront, s'il s'agit en cela de lésions, provenant des parties centrales en relation avec les sensations tactiles et motrices, ou avec les mouvements de l'œil, lésions accompagnées ou non d'affections simultanées de la surface visuelle? ou bien, s'il existe des centres, où affluent les voies intracentrales de ces diverses parties, qui sont en relation avec les perceptions visuelles? et si ces centres sont analogues à ceux du langage, qui paraissent être les points nodaux des voies intracentrales, par rapport à la surface auditive centrale et aux autres territoires centraux sensoriels et moteurs, qui lui correspondent?

Après leur entrée dans le système de conduction de l'écorce cérébrale, les *croisements des voies conductrices*, qui sont presque entièrement absents chez les vertébrés inférieurs, et toujours plus complets chez les vertébrés supérieurs, sont terminés. Ainsi qu'il résulte de la description précédente, ces croisements sont totaux ou partiels. Selon les données de l'examen fonctionnel, les voies conductrices motrices, allant directement à l'écorce cérébrale et les voies sensorielles correspondantes du sens du sentiment éprouvent un croisement *total*. On a la preuve certaine que, dans l'écorce occipitale, le croisement est *partiel*, pour les terminaisons des filets du nerf optique. Or, tous ces croisements ne semblent affecter, que les systèmes de conduction, destinés à représenter directement, dans l'écorce cérébrale, les groupes musculaires et les surfaces sensorielles. Au contraire, les centres, qui recueillent les voies intracentrales, sont disposés uniformément dans les deux moitiés du cerveau ; parfois, ils semblent bien plus développés dans un hémisphère ; comme chacune de nos mains, par exemple, est disposée à exécuter de la même manière certaines fonctions mécaniques, quoique l'une d'elles, la plupart du temps la main droite, soit spécialement dressée à cet exercice. Évidemment, les observations, concernant les bases anatomiques fondamentales de l'aphasie, indiquent un rapport de ce genre. Aussi, dans l'aphasie, la moitié cérébrale opposée peut

1. Voir à ce sujet le n° 6 du chapitre suivant.

jouer le rôle de fonction vicariante ; tandis que, lors des simples paralysies de sensation et du mouvement, consécutives à des lésions corticales, probablement les provinces environnantes, situées du même côté, exercent la fonction suppléante. C'est ce que montrent les expériences de Carville et Duret. D'après ces auteurs, la fonction se rétablissait, bien que les régions motrices des deux moitiés cérébrales fussent extirpées. Enfin, on doit présumer, qu'à part les terminaisons directes des filets de sensibilité et de mouvement, qui se croisent complètement, il existe encore d'autres filets, qui se terminent définitivement dans les divers ganglions cérébraux et sont alors également représentés, dans l'écorce cérébrale, par des systèmes de filets particuliers de la couronne de Reil. Comme nous l'avons vu auparavant, les filets, qui pénètrent dans les tubercules quadrijumeaux et les couches optiques, éprouvent seulement un croisement partiel ; il faut donc admettre, que même les autres voies conductrices, allant de ces ganglions à l'écorce de chaque moitié du cerveau, sont destinées aux *deux* côtés du corps. Les recherches anatomiques sur le parcours des filets des pyramides démontrent les croisements partiels des voies motrices (1). D'après les observations physiologiques et surtout pathologiques, les voies, qui persistent du même côté, ne peuvent pas généralement servir à la propagation des excitations motrices directes.

Si la physiologie veut essayer d'expliquer ces systèmes multiples de croisement des filets, elle doit prendre pour point de départ de cette étude le croisement *partiel*. Le rôle du croisement partiel de la voie principale du nerf optique consiste, évidemment, *à rapprocher très-près les uns des autres, dans leurs représentations centrales, les points rétiniens qui se correspondent physiologiquement :* c'est pourquoi, chacune des deux surfaces visuelles centrales ne répond pas à une seule surface rétinienne, mais aux parties des *deux* rétines qui se correspondent. Si l'idée développée dans le chapitre suivant est adoptée, à savoir que les ganglions cérébraux sont en partie des appareils réflexes complexes, en partie des appareils de coordination, les unions, opérées à leur intérieur par les systèmes de filets des deux moitiés du corps, comportent évidemment une interprétation analogue ; et généralement, les croisements partiels devront être considérés, comme les bases fondamentales de la fonction associée des organes sensoriels et des groupes musculaires des deux moitiés du corps.

Il est plus difficile de connaître la cause des croisements *totaux* et du développement unilatéral de certains centres. Si les filets d'une moitié du corps se terminaient, absolument ou spécialement, dans *un seul* côté du cerveau, le rapport le plus simple serait le suivant : la représentation principale aurait lieu du *même* côté, ainsi que cela semble se produire effectivement chez les vertébrés les plus inférieurs. Ce rapport étant renversé, à mesure que l'organisation se perfectionne, il est naturel de penser ici à l'asymétrie des organes nutritifs, asymétrie existant chez tous les animaux supérieurs et extrêmement

1. Voir plus haut page 128.

accusée chez les mammifères. Les divers rapports de situation asymétrique, concernant les organes de nutrition, sont de nouveau, personne ne l'ignore, étroitement liés entre eux. La position du foie, au côté droit du corps, comporte avec elle, que les grands réservoirs du sang veineux se trouvent également du côté droit ; c'est pourquoi, le système artériel a sa place assignée au côté gauche. Dans les cas rares, où se révèle une position opposée à l'ordinaire (dans la transposition des viscères), la situation de *tous* les organes asymétriques est constamment renversée. L'organe central circulatoire a le plus besoin de protection. Par conséquent, presque tous les mammifères, dans la lutte avec leurs ennemis, présentent en avant le côté droit ; habitude, qui doit réagir favorablement sur le développement plus énergique des muscles du côté droit. Chez l'homme, la station debout est cause, que les organes centraux de la circulation ont particulièrement besoin d'être protégés ; et elle ne contribue pas peu à garantir cette protection. D'autre part, il est vraisemblable, que la situation des organes circulatoires dans le côté gauche entraîne, avec elle, un plus puissant développement des parties cérébrales du même côté. En effet, d'après des observations, qui assurément méritent encore confirmation, le développement de l'hémisphère gauche semble précéder partiellement celui de l'hémisphère droit (1). Si, à la moitié la plus forte du corps doit correspondre la moitié cérébrale la plus forte, alors les voies périphériques du côté droit seront spécialement représentées dans le côté gauche de l'organe central, et celles de gauche, dans le côté droit de cet organe ; et naturellement, comme le présumaient déjà Leyden et Ogle, pour les centres qui sont doubles, tels que le centre du langage, celui du côté gauche sera de préférence exercé (2). Sans doute, cet essai d'explication est hypothétique. Attribuer avec Flechsig (3) les croisements à des conditions mécaniques, plus accidentelles, survenues pendant l'évolution, c'est une tentative inconciliable, selon moi, avec les rapports physiologiques, cités auparavant, qui accompagnent le croisement partiel.

1. D'après Gratiolet, les circonvolutions frontales se développent plus rapidement à gauche, qu'à droite ; à la région occipitale, ce serait l'inverse (*Anatomie comparée du système nerveux*, II, p. 242). Ecker met en doute ces données de Gratiolet (*Archiv f. Anthropol.* III, p. 215). Selon Ogle, l'hémisphère gauche est, presque sans exception, plus lourd, que le droit. Cet auteur affirme avec Broca, Broadbent, etc., que les circonvolutions frontales gauches ont une structure plus compliquée (Ogle, *Medico-chirurg. transactions*, vol. 54, 1871, p. 279). Toutefois, un fait facile à constater, c'est que, chez tous les primates, les sillons ont une disposition plus asymétrique dans le cerveau antérieur, que dans la région occipitale. Avec ces rapports anatomiques concordent les observations de Broca, confirmées par P. Bert, sur les différences de température des diverses régions de la tête chez l'homme. Ainsi, d'après P. Bert, la moitié frontale gauche est, en moyenne, plus chaude, que la droite; et la partie frontale est plus chaude, que la partie occipitale de la tête. Dans les grands efforts intellectuels, ce rapport persiste, et, en même temps, la température des deux moitiés de la tête augmente. (P. Bert, *Société de biologie*, 19 janvier 1879).

2. Leyden, *Berliner klin. Woch.* 1867, n° 7. — Ogle, *loc. cit.*

3. Flechsig, *Die Leitungsbahnen*, p. 205, note.

8. — Revue générale des voies conductrices centrales.

Un coup d'œil rétrospectif, jeté sur le contenu de ce chapitre, nous permet de représenter les points essentiels du trajet des voies conductrices, dans les centres nerveux et d'en dresser le tableau suivant. Les filets sensoriels et moteurs, isolés les uns des autres dans les racines nerveuses, se séparent, dès leur entrée dans la substance grise de la moëlle épinière, en plusieurs voies qui s'unissent, en partie, réciproquement. La voie principale, soit de la transmission sensorielle, soit de la transmission motrice, revient directement du réseau cellulaire de la substance grise, dans les cordons blancs de la moëlle épinière : de là, une partie de cette voie va en haut, dans le même côté, et l'autre partie se croise; c'est spécialement la voie principale motrice qui chemine du même côté, et spécialement la voie principale sensorielle qui se croise. En outre, deux sortes de voies secondaires ou accessoires font leur apparition : une première voie, unissant la conduction sensorielle à la conduction motrice, sert aux réflexes. Une seconde, s'avançant beaucoup plus loin dans la substance grise, est régulièrement et sympathiquement excitée, si les irritants sont plus énergiques; mais, si la conduction est supprimée sur la voie principale, elle compense graduellement les troubles, en remplissant le rôle de fonction vicariante. De ces voies émane une conduction latérale ou ramifiée qui, joignant la voie principale sensorielle à la voie principale motrice, achève en grande partie sa route dans la moëlle épinière; elle ne requiert du cerveau, que ces parties, d'où partent encore les nerfs. Toutes les autres voies montent jusqu'au cerveau, les voies principales directement, les voies accessoires, par des détours multiples à travers la substance grise.

Spécialement dans la moelle allongée, les deux voies principales se séparent de nouveau en divers rameaux. D'abord, la voie *motrice* se divise en deux segments importants : le *premier* segment, qui s'avance beaucoup plus loin dans le pied du pédoncule cérébral, constitue à son tour deux subdivisions. L'une d'elles, la voie des pyramides, se rend directement à l'écorce des hémisphères du cerveau, tandis que l'autre entre dans les ganglions cérébraux antérieurs, corps striés et noyaux lenticulaires; et, dans ces ganglions, il s'opère, en partie probablement, une confluence des voies motrices de diverse nature, en partie une

union de ces mêmes voies avec les filets, que le cervelet envoie également dans le pied du pédoncule cérébral. Les expansions terminales des voies motrices ont lieu spécialement dans les provinces *antérieures* de l'écorce cérébrale ; la conduction directe, allant à l'écorce, passe exclusivement, chez l'homme, dans les deux circonvolutions centrales du côté *opposé*. Les ganglions cérébraux antérieurs sont-ils reliés à l'écorce du cerveau, par une conduction particulière ? ou bien, les filets se terminent-ils définitivement dans ces ganglions, de la même manière que dans l'écorce cérébrale elle-même ? C'est une question à élucider.

Le *deuxième* segment important de la voie motrice se compose, de nouveau, de *deux* conductions latérales, dont l'une constitue la partie principale du ruban de Reil et va dans le ganglion cérébral le plus postérieur, le tubercule quadrijumeau ; l'autre participe à la formation de la calotte du pédoncule cérébral et se rend à la couche optique. Dans ces ganglions cérébraux, ces deux conductions s'unissent avec les parties de la voie sensorielle et sont représentées, dans l'écorce cérébrale, par les systèmes de filets de la couronne radiée, qui en émanent.

La voie principale *sensorielle* se sépare, dans la suite de son parcours vers le cerveau. Elle forme également une partie, qui s'élève directement jusqu'à l'écorce cérébrale, et plusieurs conductions latérales, dirigées d'abord vers d'autres parties centrales. La voie, allant directement à l'écorce cérébrale, passe (en tant qu'elle ne s'est pas déjà croisée dans la moëlle épinière) probablement au-dessus de l'entrecroisement des pyramides, du côté opposé ; elle se dirige alors, en haut, dans le pied du pédoncule cérébral, pour recevoir ensuite, par des chemins à peu près encore inconnus, des renforcements provenant des nerfs sensoriels spéciaux. Les irradiations de cette voie s'étendent vers des régions de l'écorce cérébrale, situées, en majeure partie, *derrière* la scissure de Sylvius : ainsi, la surface visuelle centrale se trouve dans l'écorce du lobe occipital ; la surface auditive, probablement dans le lobe temporal ; la surface sensitive, dans le lobe pariétal ; tandis que les centres des sens olfactif et gustatif résideraient à la base du cerveau. La *première* de ces ramifications de la voie sensorielle, qui se rendent directement aux stations intermédiaires de l'organe central, se détourne vers le cervelet et s'unit dans l'écorce cérébelleuse avec la voie intracentrale, déjà mentionnée. Un *second* rameau va dans les tubercules quadrijumeaux : ce sont les filets centraux du nerf optique, qui entrent dans ces ganglions, pour se réunir aux filets centraux des muscles oculaires, comme à d'autres territoires moteurs, représentés

dans le parcours du ruban de Reil. Un *troisième* rameau constitue un élément essentiel de la calotte du pédoncule cérébral et pénètre dans la couche optique, où il s'unit aux voies motrices, également amenées par la calotte à la couche optique. Enfin, un *quatrième* rameau, appartenant au nerf sensoriel le plus antérieur, au nerf olfactif, semble s'unir, dans la masse ganglionnaire de la tête du corps strié, avec un rameau de la voie motrice. Ce dernier cheminerait primitivement dans la calotte ; mais, après que les autres faisceaux de la calotte se sont perdus dans la couche optique, il se dirige en avant avec les filets du pied du pédoncule cérébral. Si l'on tient compte du mode et du lieu de terminaison, tout le prolongement de la voie sensorielle se sépare donc en trois segments principaux : le premier va directement à l'écorce cérébrale ; le second s'unit, à l'intérieur de l'écorce cérébelleuse, avec une voie dirigée vers l'expansion terminale motrice, opérée dans le cerveau antérieur et dans les ganglions cérébraux antérieurs ; le troisième se relie dans les ganglions cérébraux mixtes (tubercules quadrijumeaux, couches optiques et tête du corps strié) avec une voie latérale motrice, qui arrive dans ces mêmes noyaux ganglionnaires. Dans l'écorce cérébelleuse, toute la surface sensible du corps, d'une part, et tout le domaine de l'innervation motrice centrale, d'autre part, paraissent être représentés ; de plus, cette écorce cérébelleuse s'unit aux tubercules quadrijumeaux et aux couches optiques. La terminaison sensorielle se comporte autrement dans les ganglions cérébraux mixtes : semi-sensoriels, semi-moteurs. Chacun de ces ganglions semble destiné à une *partie* des surfaces sensibles ; aussi, tous ensemble représentent-ils la totalité de ces surfaces : les tubercules quadrijumeaux représentent le domaine visuel ; la tête du corps strié, la surface olfactive ; les couches optiques, la superficie sensible de la peau. Dans chacun de ces ganglions cérébraux, s'effectue probablement la liaison centrale d'un domaine sensoriel particulier avec les muscles, qui lui sont subordonnés. Pour les tubercules quadrijumeaux, les observations physiologiques ne laissent aucun doute à cet égard ; pour les autres ganglions cérébraux, la relation anatomique est encore moins bien déterminée. Il n'est pas certain, que la division grossière, effectuée par le scalpel de l'anatomiste, suive, parallèlement et partout, la séparation des territoires fonctionnels.

CHAPITRE V

FONCTION PHYSIOLOGIQUE DES PARTIES CENTRALES

Si le trajet et la connexion de toutes les voies nerveuses conductrices nous étaient dévoilés, il nous manquerait encore, pour bien comprendre la fonction physiologique des parties centrales, *une* condition indispensable : ce serait de connaître l'influence, que la substance ganglionnaire centrale exerce sur les phénomènes de transmission. Cette influence ne peut être révélée, que si l'on essaie de déterminer, directement par l'observation, la fonction des parties centrales.

Deux procédés permettent d'embrasser d'un coup d'œil les fonctions complexes du système nerveux central : on classe les phénomènes, d'après leur importance physiologique; ou bien, l'organisation anatomique étant prise pour base, l'on s'efforce de découvrir la fonction isolée, spéciale, de chaque partie centrale. Assurément, la première méthode serait préférable, non seulement parce qu'elle place au premier plan le point de vue physiologique, mais parce que, d'après l'examen des voies conductrices, il doit paraître douteux, qu'un territoire fonctionnel circonscrit corresponde à telle partie principale, distinguée par l'anatomiste. Dans l'état actuel de la science, ce point de vue physiologique ne peut être, que très-incomplètement suivi. Il ne s'applique, en quelque sorte, qu'aux deux organes centraux les plus inférieurs : à la moëlle épinière et à la moëlle allongée; car, tous leurs phénomènes se rapportent à *deux* fonctions physiologiques fondamentales : aux *excitations réflexes* et aux *excitations automatiques*; mais, souvent ces dernières dérivent directement des influences nutritives, qui émanent du sang. Or, il n'est pas douteux, que ces mêmes fonctions

fondamentales engendrent aussi l'activité physiologique des parties centrales supérieures ; de plus, la connexion des phénomènes de ces dernières est si compliquée et leur interprétation si incertaine, qu'actuellement on est encore obligé d'examiner chaque territoire central, sous le rapport de ses propriétés physiologiques. Une étude générale des phénomènes réflexes et automatiques sera donc placée en tête de ce chapitre, et, par suite, les fonctions des domaines centraux inférieurs seront, en même temps, complètement discutées ; à ces questions doit aussi se rattacher l'examen physiologique du cerveau et de ses parties, en procédant de bas en haut. Nous pourrons, ici, passer sous silence le pont de Varole, le pédoncule cérébral, la couronne de Reil, toutes ces formations destinées essentiellement et uniquement à la conduction des processus d'innervation, et qui ont été déjà explorées dans le chapitre IV.

Les méthodes, qu'on emploie, pour vérifier le fonctionnement des organes centraux, coïncident généralement avec celles qui ont été appliquées dans l'investigation précédente. L'expérimentation physiologique et l'observation pathologique doivent être simultanément mises à contribution ; et, pour toutes deux, il s'agit, de nouveau, de symptômes d'irritation ou de dégénérescence. Seulement, les conditions intimes des phénomènes exigent, que les expériences, faites avec les irritants, soient spécialement utilisées dans l'étude générale des réflexes et des excitations automatiques ; tandis que l'analyse fonctionnelle des diverses parties cérébrales doit s'appuyer, presque absolument sur les symptômes de dégénérescence, qui sont consécutifs à l'ablation partielle ou complète des organes. Dans ce cas, les phénomènes, déjà signalés dans le chapitre précédent (p. 105), l'*anesthésie*, l'*hémianesthésie*, la *paralysie*, la *parésie* et ses formes hémilatérales ou, enfin, les troubles *ataxiques* constituent les symptômes de dégénérescence.

1. — Fonctions réflexes.

La forme la moins complexe de la fonction centrale est le *mouvement réflexe* ; elle a encore la plus grande analogie avec la simple transmission des phénomènes d'irritation. Envisagé comme forme spéciale de la conduction, le phénomène réflexe a été discuté dans le chapitre précédent. Déjà, l'influence de la substance centrale se traduit, chez lui, d'une façon multiple. D'abord, les réflexes ne sont pas, à

l'exemple des phénomènes d'irritation qui sont engendrés dans les filets nerveux, transmis des deux côtés, mais seulement dans *une* direction, de la voie sensorielle vers la voie motrice (1). Ensuite, les dispositions particulières d'excitabilité de la substance grise manifestent nettement leur dépendance, vis-à-vis des irritants, qui les ont produites. Au contraire, des irritants, faibles et peu de temps appliqués, ne provoquent très-souvent aucun mouvement réflexe; et, si celui-ci apparait, il peut largement dépasser en énergie et en durée la secousse musculaire directe, occasionnée par le même irritant. Enfin, la nature centrale de ces phénomènes est exprimée par la subordination des centres réflexes à d'autres domaines centraux, auxquels ils sont reliés. C'est un fait d'observation ancienne, que la suppression du cerveau augmente l'excitabilité réflexe de la moëlle épinière. Par conséquent, des influences semblent continuellement émaner des organes centraux supérieurs et diminuer l'irritabilité des centres réflexes, situés plus profondément. Ordinairement, les influences de ce genre portent le nom d'actions d'*arrêt*. Très-souvent, les centres réflexes subissent un arrêt plus énergique, si d'autres parties centrales sensorielles, auxquelles ils se rattachent, sont simultanément irritées. Le réflexe, déchaîné par l'excitation d'une racine sensible de la moëlle épinière ou de son expansion périphérique, est donc arrêté, si l'on excite en même temps certaines parties centrales, comme les cordons postérieurs de la moëlle, les tubercules quadrijumeaux, les couches optiques, ou une autre racine sensible, ou enfin des organes périphériques, dans lesquels se

1. Parfois, on a admis un passage des excitations de la voie nerveuse motrice à la voie sensorielle et on l'a appelé une *sensation réflexe*. Mais, parmi les phénomènes ainsi dénommés, les uns, comme le sentiment de l'effort produit dans le mouvement musculaire, appartiennent à un tout autre domaine, et les autres ont une nature ordinairement indéterminée. Voir Volkmann, article *Nervenphysiologie*, in *Handwörterbuch der Physiol.* de Wagner, II, p. 530. L'expression de « sensations réflexes » conviendrait mieux à ces sensations, qui proviennent de l'irritation, engendrée par un point sensible de la peau sur un autre point sensible du tégument cutané. Les phénomènes de « transfert », observés par Burq, Charcot, Régnard, etc., pourraient alors être probablement considérés, comme des *modifications réflexes de la sensibilité*. Ils consistent en ce que, chez les hystériques, affectés d'anesthésie hémilatérale, l'application de plaques de métal, de sinapismes etc., rétablit la sensibilité dans le côté insensible et abaisse, au contraire, celle du côté sain. Adamkiewicz a remarqué des effets analogues chez des individus sains. Ces effets bilatéraux, qui ont reçu de la part des médecins français le nom malheureux (unglücklichen) de « métalloscopie », ont besoin d'être mieux expliqués, avant qu'on puisse les utiliser pour la physiologie des organes centraux. Donc, nous nous contenterons de faire cette mention et nous renvoyons, pour tout le reste, spécialement aux travaux d'Adamkiewicz. Compar. les dissertations d'Adler (*Ein Beitrag zur Lehre von den bilateralen Functionen*) et Asch (*Ueber das Verhaltniss des Temperatur-und Tastsinns zu den bilateralen Functionen*), Berlin 1879; ainsi que les communications faites, in *der Berliner physiol. Gesellschaft*

propagent des nerfs sensitifs (1). L'influence des hémisphères cérébraux appartient très-probablement au même domaine de phénomènes, puisqu'elle a, pour point de départ, les terminaisons des voies sensorielles conductrices dans l'écorce du cerveau. Le fait, que cet arrêt, effectué par les lobes cérébraux, est vraisemblablement identique à cette interruption des réflexes, occasionnée par la *volonté*, n'empêche pas d'admettre une hypothèse de ce genre; car, les excitations volontaires doivent, conformément à leur origine psychologique, être basées sur une corrélation des centres moteurs et sensoriels (2). Par conséquent, le mécanisme de l'arrêt réflexe devrait être partout semblable. Les réflexes sont arrêtés, si les cellules sensorielles, qui ont pour mission de transmettre leur excitation aux cellules motrices, sont simultanément excitées, avec une certaine énergie, par d'autres régions sensorielles.

Le simple mouvement réflexe est un phénomène, appartenant essentiellement aux domaines inférieurs du système nerveux central. Or, si des noyaux nerveux sensibles et moteurs sont très-rapprochés les uns des autres et reliés par des filets centraux, une irritation sensible se transmettra, très-facilement et dans les conditions les plus simples, à une voie motrice. Donc, la moëlle épinière et la moëlle allongée, en d'autres termes, ces parties de l'organe central, d'où émanent des nerfs sensoriels et moteurs directement coordonnés entre eux, seront spécialement le siège de l'action réflexe. Dans toute la longueur de la moëlle épinière, les nerfs rachidiens sont soumis à une loi d'origine uniforme. De même, les réflexes, qui partent de cet organe, se comportent d'une façon identique; car, ils se propagent absolument, d'après les lois de conduction discutées précédemment, c'est-à-dire, lorsque l'irritation augmente ou que l'irritabilité s'accroit (page 116). Les réflexes de la moëlle allongée sont bien plus compliqués. Ce dernier organe est le siège de nombreux mouvements réflexes composés, qui jouent un rôle important dans diverses fonctions physiologiques. Nous citerons particulièrement les mouvements d'inspiration et d'expiration, et quelques phénomènes, qui s'y rattachent étroitement : la toux, l'éternument, le vomissement, ensuite les contractions musculaires de l'acte de la déglu-

1879-80, n°5. Relativement à quelques phénomènes, appartenant au sens général de la sensibilité, voir le chapitre IX.

1. A cause de leur importance, pour la mécanique physiologique des centres nerveux, les conditions intimes de cet arrêt réflexe seront étudiées dans le chapitre VI.

2. Voir la cinquième section de cet ouvrage.

tition, les mouvements mimiques, cardiaques et l'innervation vasomotrice. Plusieurs de ces réflexes sont en corrélation intime. C'est ce qui est déjà démontré par ce fait, que les voies périphériques, pour les divers réflexes, cheminent fréquemment dans les mêmes troncs nerveux. Quelques uns des phénomènes désignés, les mouvements respiratoires et cardiaques, qui dépendent simultanément d'autres causes, se produisent, malgré l'interruption des voies réflexes ; dans ce cas, les phénomènes ne subissent donc, que l'influence co-déterminante du réflexe. D'autres phénomènes, par exemple les mouvements de déglutition, semblent des réflexes *purs ;* car, l'interruption de la conduction sensible, qui se rend au centre réflexe, les supprime, bien que la conduction motrice, allant aux muscles qui président à ces sortes de mouvements, soit restée intacte. Tous ces réflexes, effectués par la moëlle allongée, diffèrent des réflexes de la moëlle épinière, parce que généralement les irritations sensibles passent, au même instant, dans un plus grand nombre de voies motrices. Même, lorsque les irritations sont faibles, le mouvement a plus d'étendue, puisque, simultanément ou successivement, divers groupes musculaires sont sollicités à entrer en action. C'est pourquoi, plusieurs de ces mouvements sont, dès l'abord, bilatéraux ; pour qu'ils ne se propagent pas à l'autre côté, il faut, que les irritations soient énergiques. Ainsi, les racines motrices, qui naissent des deux côtés de la moëlle allongée et des portions cervicale et dorsale de la moëlle épinière, contribuent constamment aux mouvements respiratoires, qui sont mis en jeu, si l'on excite l'expansion pulmonaire du dixième nerf cérébral. En même temps, le mouvement respiratoire est l'exemple d'un réflexe qui, en vertu d'une espèce de direction personnelle, est lui-même le principe de sa répétition rythmique continuelle. Lors de l'expiration, l'abaissement des poumons provoque, par action réflexe, l'inspiration; au contraire, la dilatation des poumons, dans l'inspiration, excite les muscles expirateurs. Si l'incitation réflexe des expirateurs, qui a lieu dans l'inspiration, est trop faible, pour faire produire à ces muscles un effort actif, elle arrête seulement les inspirateurs antagonistes. C'est ce qui arrive dans la respiration ordinaire et calme, où uniquement l'inspiration, et non l'expiration, se trouve liée à un effort musculaire actif (1). Dans les mouvements de déglutition, la succession régulière des phénomènes semble effectuée par une autre espèce de direction autonome. Des mouvements du voile

1. Voir le *Lehrbuch der Physiologie* de l'auteur, 4ᵉ édition, p. 411 et suiv.

du palais, du larynx, du pharynx et de l'œsophage composent l'acte de la déglutition, et ils se succèdent à des intervalles réguliers, dès qu'un irritant est appliqué sur la muqueuse du voile du palais (1). Peut-être, dans cette circonstance, la succession des mouvements a pour origine la cause suivante : l'irritation met d'abord en jeu seulement le mouvement des muscles de ce voile, et ce dernier mouvement est lui-même, à son tour, un irritant, qui élève le larynx par action réflexe et provoque la contraction des muscles pharyngiens. Ainsi, tous ces réflexes de la moëlle allongée, dont la description détaillée est réservée à la physiologie, sont probablement caractérisés par la combinaison de mouvements, destinés à obtenir des effets déterminés ; mais, le mode de combinaison est souvent produit par une sorte de direction autonome, basée sur la corrélation de plusieurs mécanismes réflexes. Ces réflexes jouissent d'une autre propriété très-remarquable : parfois, la voie motrice d'un mouvement réflexe déterminé s'unit encore à une deuxième voie sensible, qui peut alors exciter le même mouvement. Les centres de la respiration sont spécialement le point de départ de ces voies sensorielles latérales, qui font servir la coopération combinée des muscles respiratoires à d'autres buts, qu'à remplir et à vider le poumon d'air atmosphérique. Nous mentionnerons ici l'union, opérée avec le centre de l'expiration, par les nerfs sensibles des muqueuses laryngienne et trachéale (du nerf laryngé supérieur et en partie de l'inférieur), et également par les rameaux du cinquième nerf cérébral, qui se répandent dans le nez. L'irritation de ces régions sensibles engendre donc l'arrêt de l'inspiration et, ensuite, une violente expiration. Mais une puissante inspiration, conséquence immédiate de l'arrêt produit, précède cette violente expiration, parce que les influences de l'excitation automatique, dont nous parlerons tout à l'heure, persistent. La toux et l'éternument sont par conséquent des réflexes d'expiration qui ne reçoivent pas l'excitation de la région sensible, appartenant à l'expansion du pneumogastrique pulmonaire, d'où émane l'incitation ordinaire à l'expiration. Voici ce qui les distingue tous deux : l'irritation du rameau nasal du trijumeau excite toujours et simultanément par action réflexe, à part les muscles de la respiration, le nerf moteur facial. Ce réflexe constitue donc le passage direct aux réflexes *mimiques* du rire, des pleurs, des soupirs, etc., pour l'exécution desquels, les

1. *Lehrb. d. Physiol.* de Wundt, p. 197.

muscles de la face et de la respiration combinent leur activité (1). Du centre de l'expiration, une voie latérale sensible va à la muqueuse des voies aériennes; de même, une voie analogue se rend du centre de l'inspiration au tégument cutané. On s'explique de cette manière les mouvements d'inspiration, qu'une irritation énergique, surtout celle occasionnée par le froid, produit à la surface de la peau.

Dans la moëlle allongée, une voie réflexe motrice déterminée rejoint généralement diverses voies sensorielles. Mais une même voie sensorielle peut s'unir avec plusieurs centres réflexes; c'est pourquoi, son irritation fait simultanément apparaître des réflexes de mouvement, d'un caractère très-hétérogène. Signalons ici les réflexes mimiques, déjà cités, à l'occasion desquels, les mouvements respiratoires se combinent avec les mouvements des muscles de la face. L'alternance des mouvements respiratoires et cardiaques est établie, du moins partiellement, par un rapport analogue. Au cœur aboutissent deux sortes de voies nerveuses, qui modifient ses battements d'une manière opposée : les unes ou nerfs accélérateurs élèvent la fréquence des battements cardiaques; les autres, nerfs d'arrêt, diminuent cette fréquence ou obligent le cœur à cesser complètement ses pulsations. Toutes deux peuvent être excitées par action réflexe. Mais certaines voies sensibles sont reliées étroitement au centre des filets accélérateurs, qui, placés dans les nerfs de la moëlle épinière, traversent le dernier ganglion cervical et le premier ganglion dorsal du sympathique, pour se rendre au cœur; d'autres sont aussi intimement unies au centre des filets d'arrêt, qui cheminent spécialement dans les rameaux cardiaques du pneumogastrique. L'irritation de la plupart des nerfs sensibles, surtout des nerfs cutanés, laryngés, intestinaux amène l'arrêt du cœur. L'irritation des filets sensibles, qui pénètrent dans les muscles, accélère les battements de cet organe. Cette dernière expérience explique l'action cardiaque exagérée, qui accompagne constamment les grands efforts musculaires. Les mouvements du poumon exercent des influences pareillement opposées : la dilatation du poumon accélère la fréquence des battements cardiaques, et son abaissement la diminue. C'est pourquoi, les mouvements respiratoires sont régulièrement suivis d'oscillations du pouls; car, la fréquence de ce dernier augmente, lors

1. Tous les réflexes, comme les autres réflexes mimiques, seront, à cause de leur haute importance psychologique, l'objet d'une étude spéciale (lire, dans la cinquième section, le chapitre des mouvements d'expression).

de l'inspiration et diminue dans l'expiration. A la suite de cette alternance, des mouvements respiratoires énergiques accélèrent la circulation générale. Une corrélation analogue des rapports réflexes existe entre l'innervation cardiaque et l'innervation vaso-motrice. Les vaisseaux sanguins sont, comme le cœur, influencés par des nerfs moteurs et d'arrêt, et, ces deux sortes de nerfs peuvent être excitées par action réflexe. L'irritation de la plupart des nerfs sensibles met en jeu le réflexe de mouvement. Elle agit donc sur ces filets nerveux, nommés *compresseurs*, parce qu'ils font contracter les capillaires artériels et augmentent ainsi, dans les grandes artères, l'élévation de la pression sanguine ; seulement, les vaisseaux, appartenant au point du tégument cutané irrité, se dilatent sur-le-champ ou après une contraction passagère, rapide, et produisent de cette manière l'hypérémie et la rougeur habituelles des parties irritées. Quelques domaines sensibles sont, au contraire, en connexion réflexe directe avec les filets d'arrêt ou *dépresseurs* des vaisseaux, dont l'irritation entraine par conséquent, sur une large étendue, une dilatation des capillaires. Signalons, ici, principalement certains filets du pneumogastrique, qui se répandent dans le cœur lui-même et sont ses nerfs sensibles. Probablement, ces filets sont spécialement destinés à cette corrélation, produite par le réflexe et existant entre l'innervation cardiaque et l'innervation vaso-motrice. Leur irritation physiologique normale se manifeste, si l'activité cardiaque est augmentée. Elle a pour résultat d'élever la pression sanguine et d'amener une quantité plus considérable de sang au système artériel. Ces effets ne peuvent être compensés, que par une dilatation des capillaires artériels, qui permet au sang de refluer dans les veines et abaisse simultanément, de cette manière, la pression artérielle. Tous ces réflexes de la moëlle allongée sont donc corrélatifs ; et, par suite, les fonctions, dépendant de cet organe central se règlent et s'entr'aident réciproquement. Le froid, irritant fortement le tégument cutané, entraine par action réflexe la crampe de l'inspiration et l'arrêt du cœur. Mais ce danger, menaçant pour la vie, est écarté, parce que le poumon dilaté excite, par action réflexe, l'expiration et l'accélération des mouvements cardiaques ; et, simultanément, l'irritation de la peau produit, grâce à un autre réflexe, la contraction des capillaires et empêche de cette façon le cœur, qui s'arrête, de se vider complètement du sang contenu dans son intérieur.

Les noyaux nerveux de la moëlle allongée, avec tous les filets centraux, qui cheminent au milieu d'eux, sont, probablement, les centres

réflexes les plus importants de cet organe central. La composition, plus complexe, de ses réflexes, semble suffisamment révélée par les conditions anatomiques spéciales de ces noyaux nerveux. Ceux-ci sont en général plus rigoureusement isolés les uns des autres, que les centres d'origine des nerfs de la moëlle épinière ; et par suite, certains noyaux sont étroitement reliés entre eux par des filets centraux particuliers, ainsi qu'avec quelques prolongements des cordons de la moëlle épinière. C'est ce qui explique la nature plus tranchée, mieux définie, de ces réflexes de la moëlle allongée et leur direction plus accentuée vers un but déterminé. Comme un grand nombre de filets de la moëlle épinière participe aux réflexes de la moëlle allongée, il est possible, que ces filets se rassemblent d'abord dans la substance grise et, de là, s'unissent ensuite aux noyaux nerveux, auxquels ils sont subordonnés. Peut-être, les filets moteurs de la respiration se rendent-ils ainsi dans un noyau ganglionnaire spécial, relié au noyau du pneumogastrique. Un rôle de cette espèce pourrait appartenir à plusieurs des masses grises, dispersées dans la substance réticulaire. Mais, il n'est pas probable, que les mouvements si complexes de la respiration, de la déglutition et de l'expression mimique possèdent un noyau ganglionnaire unique, leur servant de centre réflexe particulier. Outre que des centres de ce genre n'ont pu être démontrés pour les réflexes compliqués, la nature des mouvements en question contredit cette hypothèse. Nous devons, évidemment, supposer deux centres réflexes pour les mouvements respiratoires : l'un destiné à l'inspiration, l'autre à l'expiration. Quelques mouvements mimiques, le pleurer, le rire sont bien plus compréhensibles, si l'on admet une combinaison réflexe, unissant simultanément certaines voies sensibles avec les centres de la respiration et des parties déterminées du noyau du facial, que si l'on invoque la présence d'un ganglion auxiliaire spécial, servant de point de départ direct à ces mouvements compliqués. De même, il est plus simple d'assimiler aux mouvements de la respiration ceux de la déglutition et de les faire dériver du mécanisme autonome. Dans ce cas, on suppose, que l'acte moteur, par lequel débute le processus tout entier, apporte, en même temps avec lui, l'irritant réflexe pour le phénomène suivant, et celui-ci, pour le mouvement qui lui succède immédiatement (1).

1. Selon Schröder van der Kolk, les centres de quelques réflexes de la moëlle allongée seraient surtout les olives inférieures et supérieures. Les premières con-

Parmi les quatre irritants sensoriels appelés spécifiques, il en est principalement deux, qui, appliqués à des nerfs sensibles, engendrent des réflexes. Ce sont les impressions gustatives et l'impression lumineuse. Les premières sont en relation réflexe avec les mouvements de l'expression mimique; quelques-uns de ces réflexes, comme nous l'avons déjà remarqué, se combinant facilement avec ceux de la respiration, l'on est donc autorisé à conclure, qu'il existe une union intime des centres réflexes correspondants (1). La lumière, employée comme irritant, occasionne régulièrement un double réflexe : 1° l'occlusion de la paupière et la direction des deux yeux, en dedans et en haut; 2° la contraction de la pupille. Ces deux réflexes sont bilatéraux; cependant, si les excitations ont peu d'intensité, le mouvement est plus énergique, du côté irrité (2). Les nerfs olfactif et auditif déterminent, dans le domaine des organes sensoriels, qui leur sont subordonnés, des réflexes, auxquels s'associent des mouvements correspondants de la tête, quand les irritants sont plus intenses. Chez l'homme, les réflexes auditifs se bornent, la plupart du temps, aux contractions du tenseur de la membrane du tympan, qui accompagnent chaque irritation, occasionnée par le son. Au contraire, chez beaucoup d'animaux, on observe facilement des mouvements réflexes de l'oreille externe.

Relativement à leur faculté d'engendrer, en présence d'un fort irritant ou d'une augmentation d'irritabilité, des réflexes plus étendus

tribueraient à la combinaison des mouvements du langage et de la déglutition; les autres, aux mouvements mimiques. (Schröder v. d. Kolk, *Bau und Functionen der med. spin. u. obl.* p. 165 et suiv.). Mais, l'anatomie des voies conductrices n'est pas favorable à cette hypothèse. Consulter chap. IV, p. 129.

1. Seule, de toutes les énergies sensorielles spécifiques, ainsi dénommées, celle du goût semble liée à deux nerfs différents, au glosso-pharyngien et au rameau lingual du trijumeau. La plus importante union réflexe de ces deux nerfs est établie avec le facial, qui commande aux mouvements mimiques. Le rapport, que ces mouvements mimiques, soit l'éternument, engendré par l'irritation périphérique du rameau nasal du trijumeau, affectent avec les mouvements respiratoires, démontre l'existence d'une union entre les noyaux de ces nerfs et le noyau du pneumogastrique. Probablement, ce dernier noyau est relié directement par des filets centraux avec les origines des nerfs moteurs de la respiration. A la vérité, une partie du noyau est unie aux nerfs d'inspiration, et l'autre partie, aux nerfs d'expiration. Dans les mouvements mimiques, comme dans l'éternument, c'est principalement le réflexe d'expiration qui se produit.

2. L'occlusion de la paupière est un réflexe produit par le facial; la contraction de la pupille et le mouvement, dirigeant l'œil en haut et en dedans sont des réflexes, dûs à l'oculo-moteur. Tous ces mouvements sont, en même temps, des phénomènes de *mouvements associés*. Si, par exemple, nous fermons l'œil volontairement, nous tournons le globe oculaire en haut et en dedans; et, lors de l'exécution de ce dernier mouvement, la pupille se contracte simultanément.

et dépassant le domaine de la stricte combinaison réflexe, les nerfs cérébraux se comportent bien différemment des nerfs de la moëlle épinière. Le nerf optique est presque entièrement limité à son étroit territoire réflexe. L'union de ce nerf avec le muscle constricteur de l'œil (orbiculaire des paupières) comprend, tout au plus, les autres rameaux du facial ; aussi, des irritants lumineux excessifs suscitent-ils des convulsions dans tous les muscles de la face. Les réflexes, provenant des filets du nerf gustatif, peuvent acquérir une extension plus considérable ; car, outre le nerf facial, ils atteignent aisément le centre même du pneumogastrique. Toutefois, l'irritation des nerfs sensibles de la respiration reste très-souvent bornée à leur domaine réflexe primitif. A part le tétanos de l'inspiration, la plus forte excitation des cordons centraux du pneumogastrique pulmonaire ne donne point lieu à d'autres réflexes. Les unions réflexes des nerfs sensibles de la respiration sont plus importantes. L'irritation des nerfs sensibles laryngés, surtout de leurs extrémités périphériques, gagne facilement encore les muscles de la face et de l'extrémité supérieure. Mais, le plus puissant de tous les nerfs cérébraux sensibles, le trijumeau, présente la relation réflexe la plus multipliée et la plus vaste. Son irritation envahit sa racine motrice, innervant les muscles masticateurs, ensuite les nerfs de la face, de la respiration et, enfin, tout le système musculaire du corps. Cette conduite s'explique aisément : 1° de toutes les racines sensibles, le trijumeau commande à la plus grande surface sensible ; par conséquent, ses noyaux occupent un large domaine, éminemment propre à effectuer des combinaisons multiples avec les centres moteurs d'origine ; 2° la situation spéciale de ses noyaux doit être prise en considération. Ses noyaux supérieurs sont répartis sur la moëlle allongée, proprement dite, jusque dans le pont de Varole, c'est-à-dire dans cette formation, où les cordons médullaires ascendants constituent, parmi la substance grise intercalée, les divers faisceaux du pédoncule cérébral. Si, d'après certaines données, les filets centraux des noyaux du trijumeau atteignent ces masses grises du pont de Varole, où sont représentées toutes les voies de conduction motrice du corps, il est très-simple de comprendre, avec quelle facilité, des convulsions musculaires générales se manifestent, lors de l'irritation du trijumeau. Ces convulsions se montrent très-vite, surtout si les filets radiculaires centraux de ce nerf sont irrités. Les lésions de la moëlle allongée, situées dans le voisinage des noyaux du trijumeau, entraînent par conséquent des convulsions réflexes générales, aux-

quelles peut contribuer l'irritation des autres racines sensibles de la moëlle allongée (1).

Le caractère de la *finalité* est inhérent à presque tous les phénomènes réflexes. Pour les réflexes de la moëlle allongée, cette finalité ressort directement de la description, que nous avons déjà donnée de leurs conditions et de leur action d'ensemble bien coordonnée. D'après certains observateurs, ce caractère d'adaptation à un but se révèle très-souvent, dans les réflexes de la moëlle épinière. Si, par exemple, un point de la peau est irrité, l'animal meut la patte antérieure ou postérieure, de manière à fuir évidemment l'irritant ; si le réflexe est plus énergique, l'extrémité opposée du corps se comporte également de la même façon, ou bien, l'animal, par un mouvement de saut, semble vouloir se soustraire à l'action de l'irritant. Les mouvements d'un caractère convulsif, qui apparaissent, si les irritants sont très-énergiques ou si l'excitabilité a augmenté, sont dépourvus de finalité. Nous voilà donc amenés à nous demander : si les réflexes sont la conséquence *mécanique* de l'irritation et de sa propagation dans l'organe central, ou si ce sont des actes d'un caractère purement *psychologique*, qui, en cette qualité et à l'instar des mouvements volontaires, laissent supposer un certain degré de conscience. Présentée sous cette forme, la question est assurément mal posée. La disposition, la structure de l'organe central sont analogues à celles d'une machine, faite pour exécuter spontanément une grande diversité d'actions mécaniques ; elles produisent avec une nécessité mécanique des résultats, adaptés à un but. Il ne peut y avoir de doute à ce sujet, surtout si l'on prend en considération la nature des réflexes de la moëlle allongée, qui révèle à un haut degré un caractère de finalité et est basée, par conséquent, sur des conditions mécaniques déterminées. Il s'agit seulement de savoir, si ces résultats ont *simultanément* un côté psychologique, si la conscience les perçoit sous forme de représentations (Vorstellungen). Comme nous nous occupons uniquement, ici, des bases fondamentales corporelles de la vie de l'âme, cette question psychologique sera examinée en détail, dans un autre endroit de ce livre (2).

1. Nothnagel, in *Archiv* de Virchow, vol 44, p. 4.
2. Voir, dans la quatrième section, l'étude sur la conscience.

2. — Fonctions automatiques.

Parmi les régions motrices, qui peuvent entrer en fonction à l'occasion d'un réflexe, plusieurs reçoivent, simultanément, des impulsions émanant directement de leurs points centraux. Toutes les excitations de ce genre, non communiquées aux nerfs par le monde extérieur, mais ayant pris naissance dans ces mêmes nerfs, portent le nom d'*excitations automatiques*. Des mouvements musculaires, même des sensations et les arrêts, subis par certains mouvements, accusent parfois cette origine. L'irritation automatique ne se distingue pas toujours facilement des excitations, qui proviennent des irritants externes ou qui sont transmises au centre excité par le dehors, à savoir par un autre point quelconque de l'organe central. Sur tous les autres sens de l'homme agissent continuellement de faibles irritants, qui ont partiellement leur cause dans la structure des organes sensoriels eux-mêmes. Ces faibles excitations, dûes par exemple à la pression, à laquelle sont soumises, dans l'œil, la rétine et, dans le labyrinthe de l'oreille, les membranes percevant le son, équivalent naturellement, pour les centres nerveux sentants, aux excitations extérieures. Si nous faisons abstraction des cas de ce genre, toutes les excitations automatiques semblent revêtir la même forme ou une forme analogue d'irritation interne, car elles dépendent partout de certains *états* ou *altérations du sang*.

L'influence des excitations automatiques, parties de la *moëlle épinière*, paraît atteindre, principalement, les muscles de quelques organes de l'appareil nutritif. Ainsi, les muscles annulaires des vaisseaux sanguins, dont la lumière s'agrandit après la section transversale de la moëlle épinière (1), les sphincters de la vessie et de l'intestin (2), ont tous présenté des résultats analogues. Nous sommes moins autorisés à affirmer, que ces excitations permanentes ou *toniques* se transmettent même aux muscles du squelette, comme on l'a souvent prétendu. La section transversale d'un nerf connexe à un muscle entraine des conséquences identiques à celles, qui se manifestent après une irritation des nerfs musculaires, exécutée d'une manière toute différente (3).

1. Goltz et Freusberg, in *Archiv* de Pflüger, vol. 8, p. 460.
2. Masius, *Bulletin de l'académie de Belgique*, 1867-1868, tomes 24 et 25.
3. Heidenhain, *Physiologische Studien*, Berlin 1856, p. 9. — Wundt, *Lehre von*

D'autres phénomènes, qui peuvent être rapportés à une excitation tonique, sont positivement de nature réflexe : ainsi, les animaux, qu'on fixe dans une position verticale, présentent une faible contraction des jambes; celle-ci cesse régulièrement, après la section des racines postérieures de la moëlle épinière (1).

Les excitations automatiques, originaires de la *moëlle allongée*, ont un rôle bien plus considérable, quoiqu'elles semblent, à l'état normal, se borner à l'innervation de certaines régions musculaires, destinées à la mécanique de la nutrition. La plupart des centres réflexes, étudiés précédemment dans la moëlle allongée, sont en même temps des centres automatiques. C'est pourquoi, les mouvements de ce genre persistent, même après l'interruption de la partie sensorielle de la voie réflexe. Nous citerons ici les mouvements respiratoires, cardiaques et l'innervation des vaisseaux sanguins. A chacun de ces phénomènes correspondent, comme nous l'avons déjà vu, deux centres diversement situés : aux mouvements respiratoires, les centres de l'inspiration et de l'expiration; aux mouvements cardiaques, les centres d'accélération et d'arrêt des battements du cœur ; à l'innervation vaso-motrice, les centres de contraction et de dilatation de la lumière des vaisseaux. Toujours, l'un de ces centres réflexes est en même temps centre automatique ou se trouve, du moins, sous l'action prépondérante des irritants internes : ainsi, pour les mouvements respiratoires, c'est le centre de l'inspiration ; pour les mouvements cardiaques, le centre d'arrêt des battements du cœur ; pour l'innervation vaso-motrice, le centre de la contraction vasculaire. Peut-être, la position des noyaux nerveux en question et le mode de répartition du sang à leur intérieur rendent

der Muskelbewegung, Brunswick 1858, p. 51 et suiv. D'après les observations, contenues dans ce dernier ouvrage, si un muscle est chargé d'un poids léger, toute irritation du nerf occasionne un raccourcissement permanent du muscle ; si le poids est plus lourd, le muscle subit alors un allongement permanent; et l'effet, consécutif à la section transversale, ne se distingue en rien de celui des autres secousses musculaires. Récemment, Tschirjew (in *Archiv* de Du Bois-Reymond 1879, p. 78) a fait des expériences analogues chez des lapins et a conclu à un tonus. Il regarde ce tonus, conformément au phénomène de Brondgeest, qui sera discuté tout à l'heure, comme un réflexe, et il le rattache aux réflexes découverts par Erb (*Archiv f. Psychiat.* V, p. 792), en irritant certains filets musculaires. Je ne suis pas bien convaincu, que les effets consécutifs, remarqués par Tschirjew en sectionnant les nerfs, diffèrent de ceux que l'on voit, lors de l'irritation des nerfs. Cependant, ce dernier auteur affirme avoir constaté, en même temps, par suite de la section transversale, un accroissement des oscillations consécutives élastiques.

1. Brondgeest, *Onderzoekingen over den tonus der willekeurige spieren*, Utrecht 1860, p. 90. Selon Cohnstein, la contraction disparaît aussi, quand la jambe est appuyée sur une glace étamée (*Archiv f. Anat. u. Physiol* 1863, p. 165).

ces noyaux spécialement accessibles aux excitations automatiques. L'irritant physiologique, qui semble engendrer l'excitation, est cette composition du sang, qui se produit, lors de la cessation de la respiration ou quand l'excrétion des matériaux sanguins oxydés est empêchée. Donc, d'une manière générale, les produits d'oxydation, soit le terme ultime de la combustion, l'acide carbonique, soit des degrés inférieurs d'oxydation, encore inconnus agiraient, comme des irritants nerveux, dans le sang des individus dyspnéiques (1). L'accumulation de ces principes organiques excite le centre inspiratoire : il en résulte une inspiration, qui de nouveau, à la suite de la dilatation du poumon, excite, par action réflexe, le centre d'expiration (p. 191). Cette irritation automatique ferme le cercle des mouvements réguliers et autonomes, qui maintiennent continuellement en exercice le processus respiratoire. L'altération du sang donne la première impulsion : en qualité d'irritant interne, elle excite l'inspiration. Par ce moyen, la continuation du cycle périodique de la respiration s'exécute d'elle-même. Au réflexe d'expiration, excité par la dilatation du poumon, succèdent, lors de l'abaissement de l'organe, le réflexe d'inspiration et, simultanément, par suite de l'accumulation croissante des produits d'oxydation, une nouvelle irritation automatique du centre d'inspiration.

Les mêmes altérations du sang seraient la base de l'innervation automatique du centre d'arrêt, pour le cœur et du centre compresseur, pour les vaisseaux sanguins. On suppose habituellement, que dans ces deux circonstances, les excitations n'ont pas, comme lors de la respiration, par suite de la régularité spontanée de l'irritation, un mouvement rythmique de haut et de bas, et qu'elles persistent, au contraire, avec une intensité uniforme. On a été amené à cette conclusion, parce que la section transversale des nerfs d'arrêt du cœur, des troncs du pneumogastrique accélère d'une façon continue les battements du cœur, et que la section des nerfs vaso-moteurs produit une dilatation persistante des capillaires artériels. Or, ces faits n'excluent pas, que l'excitation automatique n'oscille, dans les deux cas, entre certaines limites. En faveur de cette assertion militent plusieurs phénomènes, par exemple les contractions et dilatations alternatives, remarquées parfois sur les artères et disparaissant très-souvent, après la section des nerfs ; de plus, la connexion de la fréquence du pouls avec la respi-

1. Voir le *Lehrbuch der Physiologie*, de Wundt, 4e édit. p. 412.

ration, connexion, qui dépend partiellement, comme nous l'avons vu, des changements de volume du poumon et témoigne, en partie, relever d'une autre origine, car une longue suspension de la respiration — qu'elle soit consécutive à l'inspiration ou à l'expiration — empêche le cœur de battre. Dans la mort par suffocation, la contraction des vaisseaux sanguins et l'arrêt des pulsations cardiaques apparaissent régulièrement, malgré l'excitation énergique des muscles inspirateurs. Nous ferons donc la supposition suivante : l'irritation automatique de tous ces centres de la moëlle allongée tient à des altération analogues du sang, et les différences observées s'expliquent aisément par les rapports, qu'affecte la terminaison des nerfs périphériques. Nous ne devons pas oublier, que le centre d'inspiration est relié aux nerfs moteurs ordinaires, dont les muscles répondent, par le relâchement de leur activité, aux oscillations d'intensité de l'irritant, qui ne se succèdent pas trop rapidement. Tout autre est la conduite des nerfs cardiaques, et vaso-moteurs. Ces nerfs s'unissent d'abord aux ganglions du cœur et des parois vasculaires, et modifient seulement les influences d'innervation, qui émanent, par elles-mêmes, de ces derniers. Séparé de tous les nerfs, le cœur continue de battre, mais d'un rythme différent; et la paroi des vaisseaux est toujours capable de se contracter et de se dilater alternativement. Les causes, déterminant l'excitation de ces centres périphériques, sont probablement très-analogues à celles qui, dans la moëlle allongée, président à l'innervation de la respiration, et se composent également de phénomènes automatiques et réflexes; c'est pourquoi, la marche rythmique du cœur et l'équilibre entre l'excitation et l'arrêt des vaisseaux sont aussi produits par des mouvements réguliers et spontanés, dont la nature intime est encore inconnue (1). Toutes les fois qu'un irritant, exerçant une excitation ou un arrêt, est transmis dans un nerf et agit, par l'intermédiaire des cellules ganglionnaires, sur des appareils moteurs, le phénomène est tellement retardé dans sa marche, qu'il lui faut un temps considérable, pour s'accomplir (2). D'après cela, une excitation, uniformément per-

1. Jusqu'à présent, il n'existe à ce sujet, que des hypothèses; néanmoins, elles servent toujours à nous donner provisoirement une idée de l'essence des phénomènes. On pourrait, par exemple, faire la supposition suivante : les matériaux contenus dans le sang (peut-être aussi ses produits d'oxydation) excitent les ganglions moteurs, et, avec plus de rapidité, les ganglions qui provoquent la contraction de l'oreillette ; et, lors de la contraction des oreillettes, un réflexe est mis en jeu, pour arrêter de nouveau les mouvements.

2. Consulter chap. VI.

sistante, répond toujours, dans les cas de ce genre, aux oscillations de l'irritation, qui sont relativement rapides et courtes. Or, les innervations respiratoire, cardiaque et vaso-motrice sont d'autant plus en corrélation réciproque, que les excitations automatiques, dont elles proviennent, ont probablement la même origine. Les centres de ces mouvements offrent, ce semble, des points d'application, éminemment favorables aux irritants internes; car, nul autre domaine central ne réagit d'une manière aussi exquise, que celui-ci, contre les variations de composition du sang. Pour les autres parties du système nerveux central, les influences, qui émanent du sang, révèlent toujours leur efficacité, puisque, à partir de ces centres de l'innervation respiratoire, cardiaque et vaso-motrice, le courant sanguin éprouve des altérations, qui engendrent l'irritation centrale : aussi, directement ou indirectement, la plupart des excitations automatiques ont leur origine dans la moëlle allongée. Les excitations du centre nerveux vaso-moteur, qui arrêtent dans le cerveau le courant sanguin, sont, probablement dans des cas très-nombreux, la cause des convulsions musculaires générales. Ici, le point de départ de l'irritation est très-souvent le pont de Varole, peut-être parfois, une partie cérébrale motrice située plus en avant, comme les ganglions cérébraux antérieurs, les corps striés et les noyaux lenticulaires (1). Chez les individus atteints de dyspnée, le sang peut irriter la moëlle épinière et produire des convulsions musculaires analogues, mais plus limitées (2). Si on laisse de côté ces attaques d'irritation démesurée, qui apparaissent constamment, lors d'arrêts circulatoires importants, les centres moteurs, siégeant directement avant la moëlle allongée, se trouvent dans une excitation normale permanente, occasionnée probablement par le sang. Si, après avoir enlevé toutes les parties placées avant le pont de Varole, on conserve ce dernier, les mammifères prennent cette attitude du corps, qui dépend de l'innervation de muscles nombreux : les animaux se tiennent sur leurs pattes ou dans une autre position, liée à la tension musculaire. Chez les vertébrés inférieurs, qui ne possèdent pas de pont de Varole proprement dit, sous ce rapport, la moëlle allongée elle-même occupe sa place. Une grenouille, décapitée en avant de la moëlle allongée, peut, dans cet état, vivre de longs mois. Durant tout ce temps, elle reste assise, respire, avale la nourriture, qu'on lui introduit dans

1. Kussmaul et Tenner, in *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen*, de Moleschott, III, p. 77.
2. Luchsinger, in *Archiv* de Pflüger, vol. 14, p. 383.

la bouche ; si on l'excite, elle quitte cette posture et exécute alors des mouvements réflexes, très-complexes.

Les parties, situées au-dessus du pont cérébral, semblent, seulement dans certaines conditions, engendrer des excitations automatiques. Dans les circonstances physiologiques, ces excitations ne se réalisent jamais ou temporairement ; mais probablement toujours, dans l'état normal, et fréquemment, dans l'état pathologique, elles ont pour origine ces effets de la circulation du sang, qui sont déterminés par les centres automatiques de la moëlle allongée. Nous signalerons surtout ces phénomènes d'irritation, qui sont les compagnons, presque normaux, du *sommeil*. Ils se manifestent, la plupart du temps et souvent exclusivement, en qualité d'excitations des parties *sensorielles* du cerveau. Telle est l'origine de la forme ordinaire et purement sensorielle du *rêve*, dans laquelle des sensations, excitées automatiquement s'unissent maintes fois à des sensations, éveillées directement par des impressions extérieures, s'entremêlent et constituent des représentations (Vorstellungen). Parfois, des excitations motrices s'y joignent aussi. Alors, apparaissent des mouvements musculaires, très-souvent ceux des organes du langage, quelquefois même de l'appareil locomoteur ; et, par leur mélange avec les effets de l'excitation sensorielle, ils donnent lieu à une série plus ou moins cohérente d'idées et d'actions. Dans ce cas, sans doute l'excitation automatique n'est plus exclusivement déterminante ; et, en même temps, se produisent les corrélations multiples des diverses parties centrales sensorielles et motrices, qui sont basées sur l'organisation primitive de ces centres et se sont développées graduellement, par suite de la fonction. Or, voici la caractéristique du rêve : le cours des représentations, qui émanent de ces corrélations, est continuellement interrompu dans cet acte et troublé par de nouvelles excitations, provenant de l'irritation automatique persistante ; de là, cette incohérence des représentations ou idées du rêve, qui ne laisse pas apparaître ou modifie si étrangement une série de pensées, bien ordonnée. L'origine des excitations automatiques, survenues durant le sommeil, réside très-probablement dans les centres d'innervation de la moëlle allongée ; donc, la gêne de la respiration accompagne fréquemment le sommeil. Au moment de s'endormir, comme Mosso l'a démontré, en mesurant le volume du bras, la quantité de sang, contenue dans les organes périphériques, diminue ; d'où l'on conclut, que le liquide sanguin s'est porté en

plus grande abondance vers le cerveau ; en même temps, la forme du pouls présente des modifications remarquables (1). On est raisonnablement autorisé à admettre que, par suite de l'abaissement des mouvements respiratoires dans le sommeil, le sang devient dyspnéique et agit, en excitant soit les centres vaso-moteurs, soit d'autres régions cérébrales, surtout l'écorce cérébrale. En effet, d'autres modes d'irritation automatique, des convulsions dyspnéiques, des secousses épileptiformes se montrent spécialement et très-facilement, pendant le sommeil.

Toutes les fois que des excitations analogues du cerveau se produisent, dans l'état de veille, elles ont absolument pour origine des affections pathologiques. D'après l'observation, les modifications ou altérations de la circulation du sang sont toujours la cause de ces excitations. Ces altérations du sang ont une origine locale, si elles proviennent des vaisseaux des membranes cérébrales ou du cerveau lui-même ; ou bien, elles peuvent accompagner des troubles plus généraux de la circulation, car, les maladies cérébrales sont fréquemment la conséquence des lésions cardiaques et des vaisseaux sanguins (2). Même, dans ces cas, où la lésion cérébrale ne résulte pas directement des altérations de la circulation, les centres de l'innervation cardiaque et vaso-motrice sont intéressés d'une manière plus latente ; celle-ci se traduit par les variations du pouls, qui accompagnent toutes les formes de perturbation intellectuelle et décèlent souvent cette perturbation, comme étant le symptôme le plus primitif (3). Il est également remarquable, qu'ici les déviations du pouls semblent correspondre à celles que, par exemple, les effets consécutifs des émotions violentes, de l'effroi, présentent au milieu d'un sommeil profond et généralement, lors des états d'épuisement cérébral. Dans tous les cas de ce genre, chaque courbe du pouls s'abaisse avec plus de lenteur, que d'ordinaire, malgré l'augmentation, assez fréquente, du nombre des battements cardiaques ; c'est le « pulsus tardus » des cliniciens. Ces phénomènes concordent généralement avec la proposition suivante, établie par l'expérience des aliénistes : tout trouble intellectuel, aurait-il, même en apparence, une origine purement fonctionnelle, provoque cependant, dans le cerveau, des altérations qui s'accroissent inévita-

1. Mosso, *Compt. — rend.* t. 82, 1876 ; — *Diagn. d. Puls.* Leipzig 1879, p. 12.
2. Hasse, *Lehrbuch der Nervenkrankheiten*, p. 360, 382. — Griesinger, *Pathologie und Therapie der psychischen Krankheiten*, 2e édit. p. 199.
3. Wolff, *Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie*, vol. 26, p. 273.

blement. Ces dernières se révèlent, au début, par des symptômes d'irritation et, plus tard, par des symptômes de dégénérescence, si diverses régions centrales sont incapables de fonctionner. Leur siége régulier est l'écorce du cerveau, et les lésions diffuses de la membrane vasculaire, qui revêt l'écorce, sont souvent leurs causes intimes. Les phénomènes d'irritation, qui accompagnent le trouble intellectuel, sont presque identiques à ceux qui se montrent normalement dans le sommeil ; seulement, ils peuvent atteindre un degré plus intense. Comme les premiers, ils appartiennent en partie au domaine sensoriel, en partie au domaine moteur. L'excitation sensorielle se manifeste par des sensations et représentations des divers sens, souvent égales en énergie à celles, qui sont éveillées par des impressions extérieures ; elles ne peuvent donc être distinguées de ces dernières. Aux *hallucinations* de ce genre s'associent des modifications des sensations subjectives, du sens musculaire, de la sensibilité générale, dont dépend essentiellement la direction de l'état de l'âme. Les phénomènes d'irritation motrice apparaissent sous forme d'actions irrésistibles, qui surprennent, la plupart du temps, par leur énergie extraordinaire. Ici même, comme dans la rêve et les actions du rêve, les sensations et impulsions motrices, provenant de l'irritation automatique se joignent avec la disposition, basée sur l'organisation primitive et acquise du cerveau et donnent aux représentations ou idées une marche cohérente, entremêlée avec les restes des sensations antérieures (1). Cependant, dans la suite de leur parcours, les phénomènes d'irritation disparaissent de bonne heure et font place à des symptômes de paralysie. L'origine de ces derniers vient, de ce que les mêmes causes qui, au début, avaient pour effet d'exciter les parties nerveuses, anéantissent graduellement l'aptitude fonctionnelle de celles-ci. Avec les lésions en foyer, on observe des paralysies motrices circonscrites ; de même, avec les lésions diffuses de l'écorce cérébrale se produisent des états de faiblesse, capables d'envahir tout le territoire fonctionnel du cerveau. Si la lésion atteint tantôt plus profondément une province sensorielle, tantôt plus profondément une province motrice, si les

1. Un témoignage merveilleux, en faveur de cette analogie des causes occasionnelles entre le rêve et le trouble intellectuel, serait ce phénomène, mis en relief par Allison, l'aliénation mentale *nocturne :* durant le jour, les individus semblent parfaitement sains d'esprit; mais, la nuit, apparaissent régulièrement des excitations, des accès de délire furieux, etc. (*Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie*, vol. 26, p. 618).

parties centrales des sens extérieurs ou celles des sensations subjectives sont spécialement altérées, si l'irritation automatique ou l'affaiblissement de la fonction occupent le premier plan, la folie revêt ses formes et ses nuances, extraordinairement multiples (1).

Très-souvent, les phénomènes d'innervation, chez lesquels on ne pouvait, en aucune façon, trouver une origine de ce genre, c'est-à-dire provenant des irritants internes, constitués par les fluides nutritifs, étaient rangés dans la classe des excitations automatiques. Car, on partait de cette idée, que cette excitation automatique existait nécessairement dans tous les cas, où on n'avait pas réussi à découvrir directement une cause externe. Ainsi, les mouvements volontaires devaient spécialement émaner de l'irritation automatique ; et on était enclin à faire la même supposition, pour le cours de ces représentations, qui ne proviennent pas directement des irritants sensoriels extérieurs. Naturellement, ces phénomènes, ayant pour siège les centres nerveux supérieurs, devaient être alors complètement séparés des excitations automatiques, plus nettement connues, des organes centraux inférieurs. On admettait que, dans le premier cas, l'âme est la cause immédiate des excitations automatiques. Nous étudierons ailleurs, avec détail, les bases fondamentales psychologiques de cette théorie. Ici, nous ferons seulement remarquer que, pour l'examen du mécanisme physiologique, nous n'avons aucun motif pressant de recourir à des forces étrangères, qui interviendraient quelque part dans la connexion des phénomènes physiologiques, mettraient ce mécanisme en mouvement ou l'arrêteraient. Assurément, celui qui, dans un enchaînement de forces, voit uniquement l'image d'un corps, ayant reçu une secousse et transmettant directement son mouvement à d'autres corps, doit nécessairement penser, en présence des manifestations physiologiques du système nerveux, que des effets sans causes apparaissent, ici, continuellement. Mais, si l'on se rappelle que, déjà, dans un mécanisme relativement simple, des effets de forces restent, presque à volonté, très-longtemps latents (2), on ne se décidera pas à voir aussitôt un mouvement, sans cause physique, dans chaque phénomène, qui ne se présente pas comme un exemple simple d'une transmission de mouvement. A la vérité, la mécanique générale du système nerveux nous apprendra à

1. Voir, dans la quatrième section, ce qui est relatif au sommeil, au rêve, au trouble intellectuel et aux états analogues au sommeil (hypnotisme), étudiés sous leur aspect psychologique.
2. Et que, par conséquent, les effets peuvent être séparés de leurs causes.

connaître cette propriété essentielle de la substance centrale : celle-ci collectionne en elle-même des effets de forces, qu'elle rend plus tard à la liberté, en présence de nouvelles conditions (1). Tous les mouvements des animaux, excepté les mouvements discutés auparavant et au sujet desquels l'irritation automatique émane du sang, témoignent remonter à des représentations, qui les ont précédés, à des sensations ou à des impressions exercées sur les filets sensitifs. Alors, le mouvement réflexe, dans lequel l'irritation externe des filets sensitifs se transforme sur-le-champ en une excitation interne des filets moteurs, peut être considéré, comme le type de tous les phénomènes d'innervation composés. Sans doute, on ne doit pas croire avoir donné une explication quelconque, en admettant cette proposition, que toutes les fonctions centrales seraient, en un certain sens, des réflexes compliqués. Cela veut dire seulement, que les mouvements, provenant de l'excitation centrale (pourvu qu'ils n'appartiennent pas, comme les mouvements respiratoires, cardiaques, etc., à la classe des irritations automatiques, engendrées par le sang), ont été finalement provoqués par des irritants externes, qui ont atteint les filets sensitifs. Aussi, n'est-il pas besoin, qu'il y ait une équivalence, ni même une relation fixe entre l'irritant externe de sensation et le mouvement réagissant ; car, pour le simple mouvement réflexe, pareille chose n'existe pas non plus. Au contraire, tout mouvement de ce genre dépend essentiellement des forces latentes, que les parties centrales irritées recèlent au dedans d'elles-mêmes et de la structure ou composition du mécanisme physiologique, sur lequel agit d'abord l'excitation.

3. — Fonctions des tubercules quadrijumeaux et des couches optiques.

D'après l'étude des voies conductrices, les *tubercules quadrijumeaux* (tubercules bijumeaux, lobi optici des vertébrés inférieurs) sont, avec les corps genouillés, les organes centraux essentiels du sens visuel. La paire antérieure des tubercules quadrijumeaux semble principalement en rapport avec les fonctions sensorielles de l'organe de la vision, et la paire postérieure, avec ses fonctions motrices (p. 143 et suiv.)

1. Voir chap. VI.

Chez les vertébrés inférieurs, dont les lobi optici présentent des cavités, les éminences grises (tori semicirculares), formant saillie dans ces espaces creux, influencent spécialement les mouvements ; et l'ablation de la plaque de revêtement amène la cécité de l'œil du côté opposé (1). Les expériences physiologiques, faites sur les tubercules quadrijumeaux, trouvent un appui dans l'anatomie comparée. Or, d'après celle-ci, l'évolution de ces parties centrales est parallèle à celle de l'organe visuel. Ces tubercules sont très-développés dans la classe des oiseaux, si remarquable par l'acuité de la vision. Les poissons, dont le globe oculaire a un volume considérable, possèdent d'énormes lobi optici ; seulement, chez quelques espèces aveugles (l'amblyopsis, la myxine), ces lobi optici, ainsi que les yeux, sont à l'état rudimentaire (2).

Si l'on enlève, dans le cerveau d'un animal, toutes les parties cérébrales, situées en avant des tubercules quadrijumeaux, la lumière, employée comme irritant, produit des réflexes de la pupille et des muscles oculaires ; et les autres mouvements du corps sont aussi influencés par les impressions lumineuses, qui atteignent l'œil. Les oiseaux et les mammifères suivent, de la tête, les mouvements d'une bougie allumée (3) ; et les grenouilles, que des irritants appliqués sur la peau ont contraint à prendre la fuite, évitent les obstacles placés sur leur chemin (4). On conclut de là, que le centre visuel des tubercules quadrijumeaux peut déterminer les muscles oculaires, et même locomoteurs, à exercer leurs fonctions. Ce résultat est, d'ailleurs, confirmé par les symptômes de dégénérescence, consécutifs aux extirpations ou aux lésions en foyer des tubercules quadrijumeaux (5). Et l'anatomie des voies conductrices, en démontrant, dans les tubercules quadrijumeaux, les remplaçants des filets du nerf optique et des nerfs oculo-musculaires, et, dans le ruban de Reil, celui des cordons antérieurs de la moëlle épinière, concorde pleinement avec ces données. En outre, comme des filets directs du nerf optique et, même, des filets intracentraux, provenant des noyaux gris des tubercules quadriju-

1. Renzi, *Ann. univers. di medicina* 1865-64. — Voir le résumé in *Jahrb. d. Med.* de Schmidt, tome 124, p. 154.
2. Owen, *Anatomy of vertebrates* I, p. 254.
3. Longet, *Anatomie und Physiologie des Nervensystems*, traduct. de Hein; I, p. 385.
4. Goltz, *Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches*. Berlin 1869, p. 65.
5. Voir plus haut, p. 157.

meaux, se dirigent en haut vers l'écorce cérébrale, les impressions lumineuses provoqueront, en deux endroits, les innervations motrices, qui prennent naissance dans le tubercule quadrijumeau : dans les tubercules quadrijumeaux eux-mêmes et dans l'écorce du cerveau. Donc, après l'ablation des hémisphères, les impressions lumineuses doivent, évidemment, exciter encore les mouvements de l'œil et ceux des autres muscles du corps ; mais, tous les mouvements, qui, lors de l'intégrité du cerveau, émanaient du sens visuel, ne persisteront plus. Si l'on compare la conduite des animaux dans les deux cas, il n'est pas douteux, que l'enlèvement des lobes cérébraux supprime ces mouvements, qui supposent une coopération complexe de la part des impressions lumineuses, soit à d'autres excitations sensorielles, soit à des sensations antérieures. Les tubercules quadrijumeaux ont, pour effet direct, de modifier l'exécution des mouvements, dépendant sans doute d'autres causes ou d'exciter les mouvements, qui succèdent immédiatement aux impressions, tels que les réflexes du globe oculaire, de la pupille et du muscle constricteur de l'œil (orbiculaire des paupières) ou les mouvements, destinés à fuir les forts excitants lumineux. Par conséquent, les tubercules quadrijumeaux joueraient, probablement, le rôle de *centres réflexes du sens de la vue.* Les mouvements, qu'ils engendrent après l'ablation des autres parties cérébrales, pourraient être convenablement appelés des réflexes de la moëlle épinière, mais en leur donnant une autre signification. Ils en diffèrent seulement, parce que, chez eux, un plus grand nombre de groupes musculaires s'unit, pour exercer une action coordonnée. Ceci est facile à comprendre, si l'on a égard à l'affluence plus complexe des voies conductrices. Dans la moëlle épinière, probablement diverses parties des voies réflexes servent également à transmettre les impressions de sensation et à renvoyer les impulsions motrices. De même, les tubercules quadrijumeaux, abstraction faite de leur fonction indépendante, comme centres réflexes, pourraient simultanément effectuer des transmissions aux centres visuels de l'écorce cérébrale et, d'autre part, recevoir les influences, qui en émanent.

Nos données sur la fonction des *couches optiques* (thalami optici) sont bien moins certaines (1). Les phénomènes, consécutifs à la lésion

1. Pour certains auteurs, les couches optiques sont une espèce de *sensorium commune,* une formation, où viennent affluer toutes les sensations (Luys, *Recherches sur le système nerveux,* p. 342) ; selon d'autres auteurs, ce sont des or-

et, surtout, à la section transversale d'*une* couche optique, sont relativement indiscutables. Le trouble, qui apparaît régulièrement après cette opération, consiste dans une modification du mouvement de locomotion ; puisque les animaux, qui veulent aller droit devant eux, décrivent, au contraire, un parcours circulaire. Ce mode de mouvement ressemble à celui d'un cheval dans un cirque, et s'appelle le « mouvement de manège ». Si la lésion atteint le tiers postérieur d'une couche optique, l'animal se tourne du côté de la moitié cérébrale intacte ; si la section est faite plus en avant, la rotation a lieu du côté lésé (1). D'après l'expérimentation, ces mouvements anormaux tiennent à une attitude anormale du corps, qui s'observe déjà au repos, dès que les muscles sont à l'état de tension. Quand la section a porté sur le tiers postérieur de la couche optique, voici l'attitude de l'animal : les pattes antérieures sont tournées du côté de la section, l'une en dehors, l'autre en dedans ; la colonne vertébrale, notamment le cou, sont dirigés du côté opposé. Évidemment, le mouvement anormal est uniquement la conséquence de cette attitude anormale. Si l'animal applique, comme auparavant, à tous les muscles la même quantité d'innervation volontaire, il doit, au lieu d'aller en droite ligne, se mouvoir du côté, vers lequel la colonne vertébrale et la tête sont tournées ; de même qu'un vaisseau, dont on manœuvre le gouvernail, doit aban-

ganes moteurs : ils exercent une influence sur la locomotion (Longet, *Anat. und Physiol. des Nervensyst.* I, p. 658), ou bien, président à des mouvements spéciaux, à ceux des membres thoraciques (Schiff, *Lehrbuch*, I, p. 342). La première opinion s'appuie particulièrement sur des recherches anatomiques, et la seconde, sur des expériences physiologiques. D'ailleurs, la connexion, affirmée par Luys, de la couche optique avec *toutes* les voies nerveuses sensorielles n'est pas démontrée ; mais, d'autre part, une connexion de la couche optique avec les voies motrices est hors de doute. Au point de vue purement anatomique, la première opinion est donc insoutenable. Quant à la seconde, cette expression de Longet « le foyer de l'influence nerveuse pour le mouvement de locomotion » est si générale, qu'elle ne nous donne aucun renseignement précis sur la fonction de la couche optique. Les observations pathologiques (Longet, *loc. cit.* p. 412) contredisent l'idée de Saucerotte, Serres, etc., défendue de nouveau par Schiff, que les thalami sont exclusivement en rapport avec le mouvement des extrémités antérieures. Relativement aux résultats de la vivisection, on a constaté des paralysies des membres postérieurs, après les lésions des couches optiques ; et, d'autre part, il faut remarquer, qu'on a signalé, dans des cas nombreux d'hémiplégie, un degré inégal de paralysie du membre antérieur et postérieur, surtout la paralysie complète des membres antérieurs (Vulpian, *Physiol. du syst. nerv.* p. 658). Mais n'oublions pas, qu'ici l'instrument de l'opérateur supprime seulement une partie des fonctions de la couche optique, ou bien détruit aussi les parties environnantes, lorsqu'il est question de faire l'extirpation complète de cet organe. Aujourd'hui, presque tous les observateurs sont d'accord sur un *seul* point : la couche optique porte à tort ce nom ; et, elle n'est pas, comme on avait supposé autrefois, le ganglion d'origine, le plus essentiel, du nerf optique.

1. Schiff, *Lehrbuch der Physiol.* I, p. 343.

donner la voie droite, qu'il suivait. Ce mouvement est encore favorisé par la rotation des pattes antérieures. Celle-ci agit comme une rame, qui détourne le vaisseau du côté, vers lequel il était dirigé. Dans la lésion des parties antérieures de la couche optique, la colonne vertébrale est déviée du côté opposé ; par conséquent, les mouvements de rotation suivent la direction opposée (1).

A l'inverse de ces phénomènes remarquables, produits par la section d'une couche optique, les troubles, manifestés lors des lésions en foyer de l'une ou des deux couches optiques — que ces lésions aient pris naissance chez l'homme ou soient provoquées artificiellement chez l'animal — sont extrêmement fugaces. Mais les observateurs ne sont nullement d'accord à ce sujet. Nothnagel (2) a vu des destructions, très-étendues, évoluer, sans présenter le moindre symptôme ; et Ferrier (3) énumère, comme résultat constant, des troubles de la sensibilité, du côté opposé du corps. Les données des cliniciens ne sont pas moins divergentes. Cependant, si l'on rejette les cas, où les pédoncules cérébraux auraient été en même temps lésés, il est suffisamment établi, que la sensibilité consciente, comme la motilité volontaire des parties du corps, n'éprouvent aucune perturbation notable (4). Naturellement, il serait prématuré de conclure de là, que les couches optiques soient dénués d'importance à l'égard des mouvements, provoqués par les irritations sensorielles. Car, si des transmissions réflexes des voies sensorielles aux voies motrices devaient avoir lieu dans ces tissus, cela n'empêcherait pas évidemment, qu'après leur destruction, les unions directes entre l'écorce cérébrale et les organes du corps puissent encore fonctionner, sans trouble. Des faits pathologiques, colligés surtout par

1. Schiff, qui démontra, le premier, la connexion des mouvements de manège avec l'attitude de la colonne vertébrale et des membres antérieurs, n'a remarqué, après avoir lésé les couches optiques, aucune modification dans les membres postérieurs. Ce résultat négatif tient, probablement, à ce que les sections transversales de Schiff avaient porté spécialement sur les parties *internes* des couches optiques ; car, les parties les plus externes ne peuvent être atteintes, sans intéresser simultanément le noyau caudé. Si le pédoncule cérébral est lésé beaucoup plus bas, près du pont de Varole, les mouvements des membres postérieurs sont troublés ; et, par suite, la déviation est plus importante, puisque les animaux ne décrivent plus, comme dans le mouvement de manège, un cercle, à la périphérie duquel se trouve leur axe longitudinal, mais tournent sur leurs talons. Cette forme de mouvement s'appelle « le mouvement d'aiguille de montre » : le corps des animaux exécute alors un mouvement de rotation, analogue à celui d'une aiguille de montre. Si la lésion pénètre plus profondément dans le pédoncule cérébral, on ne sait jamais, jusqu'à quel point, les filets du pied du pédoncule et ceux de la calotte sont atteints.

2. Nothnagel, in *Archiv* de Virchow, vol. 50, p. 429, et vol. 62, p. 203.

3. Ferrier, *Fonctions du cerveau*, p. 268.

4. Nothnagel, *Topis. Diagn. d. Gehirnkr.* p. 235 et suiv.

Crichton Brown (1) (mais ayant assurément besoin d'être complétés), démontrent positivement, que l'*excitabilité réflexe de la peau* est altérée, par suite des lésions des couches optiques. Les observations de Ferrier concorderaient avec cette allégation ; car, chez les animaux, l'anesthésie vraie et la suppression de l'excitation réflexe sont très difficiles à distinguer. D'ailleurs, il faut remarquer que, si cette opinion se confirmait, on ne doit jamais s'attendre à voir la suppression complète des réflexes ; puisque, toujours, des réflexes peuvent encore être mis en jeu dans la moëlle épinière et la moëlle allongée ; et naturellement, cette circonstance empêche sérieusement de reconnaître les troubles des couches optiques. Pour les interpréter, il est indispensable de nous affranchir de cette idée, que seulement *une* voie de conduction motrice et sensorielle unit le cerveau aux organes du corps. Cette idée, quoique suffisamment réfutée par les faits anatomiques, est encore actuellement adoptée, lorsqu'il s'agit d'apprécier les expériences physiologiques. Même, les troubles de locomotion, déjà décrits, qui se présentent, après avoir sectionné d'un seul côté une couche optique, ont été généralement jugés d'après ce point de vue, qui est inadmissible ; on a surtout discuté, pour savoir si ces troubles devaient être considérés, comme des paralysies de l'influence de la volonté ou comme des irritations permanentes (2). Si le choix était permis entre ces deux opinions, nous donnerions évidemment la préférence à la première. La longue durée de la perturbation, si la couche optique a été complètement lésée, et surtout ce fait, qu'au moment de la lésion (au cas, où celle-ci a atteint le pédoncule cérébral irritable), l'influence de l'irritation engendre parfois un mouvement, directement opposé à celui qui se développera d'une manière permanente, semblent ici péremptoires. Cependant, on constate facilement, qu'il ne peut être question d'une suppression de l'influence de la volonté. Malgré les perturbations du mouvement, l'innervation volontaire de chaque muscle reste possible, tant que les parties cérébrales, situées avant la couche optique, sont conservées. Si, chez une grenouille (3), on lèse le thalamus ou les lobi

1. *West-Riding Lunatic Asylum-Reports*, vol. V. — Voir aussi Nothnagel, *loc. cit.* p. 248.

2. La théorie de la paralysie a été principalement représentée par Schiff (*loc. cit.* p 346), et la théorie de l'irritation, par Brown-Séquard (*Lectures on the central nervous system*, p. 193). D'après cette dernière, les croisements se comporteraient, naturellement, d'une façon opposée.

3. L'animal doit être privé de ses lobes cérébraux, afin qu'il n'exécute plus de mouvements volontaires.

optici d'un côté, tous les mouvements de fuite, survenant après l'irritation sensible, se transforment en mouvement de manège. A ma connaissance, cette expérience n'a pas été faite chez les mammifères. Cependant, après la suppression des lobes cérébraux et des ganglions du corps strié, les lapins — tant que les couches optiques sont intactes — gardent la position normale de leur corps, et exécutent, si l'on irrite leur peau, des mouvements de fuite, coordonnés et dirigés vers un but. Ces faits prouvent évidemment, que les voies, effectuant la conduction des impulsions volontaires aux muscles, ne se rassemblent pas dans les couches optiques, et que celles-ci, au contraire, sont des centres de locomotion, capables de fonctionner encore, indépendamment de la volonté ; quoique la volonté puisse toujours se servir de ces centres, pour provoquer certaines formes de mouvements combinés. Or, les *impressions tactiles* détermineraient, paraît-il, l'excitation des organes locomoteurs, qui émane des couches optiques. Par conséquent, voici l'interprétation la plus plausible, que nous donnerons de ces formations : elles représentent les *centres réflexes du sens tactile*, dans lesquels les impressions tactiles mettent instantanément en jeu des mouvements corporels composés (1). En comparaison de la moëlle épinière, on pourrait les appeler des centres réflexes d'un ordre plus élevé ; et, en cette qualité, ils auraient l'analogie la plus intime avec certains noyaux ganglionnaires de la moëlle allongée et les tubercules quadrijumeaux. L'analogie avec les tubercules quadrijumeaux n'est imparfaite, en apparence, que sous *un* rapport. Les animaux, dépouillés de leurs tubercules quadrijumeaux, deviennent complètement aveugles ; ceux, dont les couches optiques ont été détruites, conservent la sensibilité cutanée. Cette différence est suffisamment expliquée par le trajet particulier des filets sensoriels, qui vont à l'écorce cérébrale. Les filets centraux du nerf optique, qui, des noyaux nerveux des corps genouillés, arrivent à l'écorce du cerveau, sont très-rapprochés de la paire antérieure des tubercules quadrijumeaux ; aussi, toujours le scalpel les divise-t-il en même temps, que ces derniers. Au

1. Déjà, dans la première édition de ce livre (1873) j'émettais sur la fonction des couches optiques cette manière de voir, qui alors s'appuyait seulement sur les phénomènes, résultant de leurs sections transversales. Depuis cette époque, Crichton Brown a été amené, par ses observations cliniques mentionnées plus haut, à professer une opinion analogue. Nothnagel y incline aussi, lui qui se montre si sceptique pour toutes les explications de cette nature. D'ailleurs, l'expression de « centre réflexe-composé » me paraît, ici, préférable à celle de Nothnagel, de « centre réflexe-psychique », qui comporte de fausses interprétations. (Nothnagel, *Topis. Diagn.* p. 251.)

contraire, la voie directement ascendante des cordons postérieurs chemine, suffisamment séparée de cette partie des cordons, qui pénètrent dans la couche optique.

L'opinion, que nous venons d'exposer, ici, sur le rôle des couches optiques, nous permet d'expliquer, d'une manière satisfaisante, les troubles moteurs, consécutifs à la section transversale, hémilatérale, de ces organes. Les mouvements de nos muscles du squelette dépendent d'abord des impressions sensorielles ; ils se règlent d'après celles-ci, avant même que la volonté intervienne, pour exercer une action déterminante et modificatrice. En première ligne apparaissent, ici, les deux sens qui perçoivent l'espace, par conséquent, à part le sens visuel, le sens tactile. Nos mouvements involontaires ou excités premièrement par la volonté, mais abandonnés à la direction autonome réflexe, se règlent continuellement d'après les impressions tactiles. Celles-ci régissent particulièrement les mouvements de locomotion et les mouvements tactiles des bras et des mains. De même, ces tensions musculaires, qui se montrent dans les diverses positions du corps au repos, comme dans la station assise ou debout, sont déterminées par les impressions tactiles. Ces dernières mettent en jeu, selon notre supposition, dans les centres des couches optiques, les innervations motrices, correspondant exactement à l'attitude du corps qui se réfléchit dans les impressions tactiles. Si l'un de ces centres bilatéraux est enlevé, les innervations, qui dépendent de lui, ne peuvent plus avoir lieu, mais le centre de l'autre côté persiste à fonctionner : ainsi, doivent apparaître les inflexions, que l'on observe déjà dans les positions du corps au repos, et auxquelles se rattachent immédiatement les perturbations, manifestées lors du mouvement. Ces perturbations sont occasionnées directement, soit par ces inflexions, soit parce que, durant le mouvement, l'innervation modifiée se révèle naturellement dans le même sens. Mais alors, la conduction des impressions de sensation au cerveau et des impulsions motrices volontaires aux muscles est conservée. C'est pourquoi, les perturbations du début sont moins accusées avec le temps, finissent même par se compenser complètement, sans que l'altération anatomique ait disparu ou seulement diminué. Volontairement, l'animal corrige ses faux mouvements et apprend graduellement, à compenser, grâce à l'organe central supérieur, les troubles de l'organe central inférieur (1).

1. Cette présomption de Meynert, que, dans les lésions des couches optiques, il

Comme nous l'avons dit précédemment, les voies motrices, qui entrent dans les couches optiques, éprouvent, chez l'homme et les animaux, uniquement des croisements *partiels*. Ce résultat physiologique est mis en lumière par les fonctions physiologiques de la couche optique. Nous avons reconnu, que le rôle probable des croisements partiels consistait, généralement, à amener à des foyers communs fonctionnels les groupes musculaires hétérogènes des deux moitiés du corps. Ce fait s'applique surtout à ces parties centrales, qui peuvent déployer leur activité, indépendamment de la volonté. Parmi ces parties centrales, le centre régulateur des mouvements de locomotion doit spécialement nécessiter des combinaisons ou liaisons de ce genre. Les inflexions ou les déviations, que les parties du corps éprouvent après la lésion unilatérale de la couche optique, permettent de déterminer, quelles sont les diverses voies qui se croisent ou ne se croisent pas. Chez les mammifères, les rotateurs de la colonne vertébrale, comme les pronateurs (rotateurs en avant) et les fléchisseurs de l'extrémité antérieure sont probablement représentés par une voie rectiligne ; les supinateurs (rotateurs en arrière) et les extenseurs, par une voie croisée (1). Donc, à droite, sera le centre pour les fléchisseurs et les pronateurs du côté droit, les extenseurs et les supinateurs du côté gauche ; à gauche, le centre pour les extenseurs et supinateurs du côté gauche, les pronateurs et fléchisseurs du côté droit. Les mêmes rapports existent probablement pour l'extrémité postérieure. Si le croisement a lieu à travers la commissure postérieure, celle-ci doit contenir les voies pour les extenseurs et les supinateurs ; mais, les voies pour les fléchisseurs et les pronateurs, comme pour les muscles du cou et de la colonne vertébrale chemineront dans les routes rectilignes de la calotte. Par conséquent, la section transversale de la partie postérieure d'une couche optique produit, dans la station verticale, au lieu de l'équilibre ordinaire des tensions musculaires, une rotation en dehors, du même côté ; une rotation des membres en dedans, du côté opposé ; et, simultanément, une incurvation de la colonne vertébrale, du côté

s'agit de troubles des sensations musculaires, n'est pas, selon ma croyance, suffisamment étayée par des faits positifs (*Wiener med. Jahrb.* 1872, II). Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent et ainsi que nous le discuterons ultérieurement avec plus de détails, d'autres expériences démontrent, que les sensations musculaires et les sensations conscientes sont localisées dans l'écorce cérébrale.

1. La flexion et la pronation, l'extension et la supination sont généralement liées l'une à l'autre. Elles dépendent en partie des mêmes muscles ; aussi, l'on doit leur supposer des voies analogues.

opposé à la section, vers lequel le mouvement de manège est dirigé, lors de l'exercice de la locomotion (1). Selon notre supposition, ces inflexions ont lieu, parce que les points de la peau, du côté, où la couche optique est sectionnée, n'envoient plus aucune excitation dans les centres de ce ganglion cérébral ; c'est pourquoi, l'innervation motrice, mise en jeu par des excitations de ce genre, a disparu. On admet dans ce cas, que les voies sensorielles sont simplement représentées, du même côté, dans la couche optique. Cette hypothèse, sans doute, n'est pas prouvée directement, parce que les excitations sensorielles, transmises à la couche optique, ne sont pas justement des sensations conscientes.

Il y a lieu de penser, que ce rapport des mouvements corporels avec les impressions tactiles n'est pas encore le dernier produit fonctionnel de la couche optique. Peut-être, la relation des impressions visuelles avec les mouvements corporels, à laquelle sont déjà partiellement destinés les tubercules quadrijumeaux, est complétée par les filets, qui vont de cette couche au tractus opticus. Si le même mécanisme moteur, qui est réglé par les impressions tactiles, pouvait aussi recevoir des excitations de l'organe visuel, une disposition de ce genre contribuerait essentiellement à simplifier les fonctions centrales. Il existe, probablement encore, des unions avec les voies centrales des autres nerfs sensoriels. Cependant, les observations, recueillies à ce sujet, sont trop incertaines. Quant aux troubles visuels, qui suivent ordinairement les lésions du tiers postérieur des couches optiques (2), on est en droit de se demander, s'ils ne sont pas occasionnés par l'altération simultanée des tubercules quadrijumeaux. Chez les vertébrés inférieurs, les fonctions, qui, dans la classe des mammifères, appartiennent aux couches optiques, semblent partiellement transférées aux tubercules bijumeaux (lobi optici). Du moins, les troubles, consécutifs à la lésion ou extir-

1. Le renversement du mouvement de manège, lors des lésions qui atteignent la partie antérieure de la couche optique, n'est pas en rapport avec l'effet combiné des muscles des deux côtés du corps. Car, il est basé seulement sur le croisement des voies, pour les muscles de la colonne vertébrale, croisement qui s'opère probablement sur le plancher des couches optiques. C'est pourquoi, la courbure ou inflexion de la colonne vertébrale est opposée à celle qui existait auparavant. Si, selon Brown-Séquard, les torsions proviennent d'une irritation persistante, ou, selon Meynert, d'une diminution de la sensation musculaire, on doit naturellement admettre des croisements opposés : par conséquent, les voies pour les fléchisseurs et les pronateurs, comme pour les muscles de la colonne vertébrale se croiseraient, et celles des extenseurs et supinateurs resteraient du même côté.

2. Renzi, *Annali univers. di medic.* vol. 189, p. 419. — Consulter aussi les observations pathologiques de Nothnagel, in *Topis. Diagn.* p. 257.

pation des lobi optici de la grenouille (abstraction faite des troubles simultanés de la vision), concordent essentiellement avec les phénomènes, signalés après les lésions des couches optiques (1). Ceci se concilie en quelque sorte avec ce fait anatomique, que les thalami, chez ces animaux, sont des formations très-insignifiantes, si on les compare aux lobi optici, fortement développés.

4. — Fonctions des corps striés.

D'après toutes les observations, les lésions des corps striés de l'homme et de l'animal entraînent des troubles du mouvement volontaire. Ces troubles ne se traduisent, très-souvent, que par une parésie de tous les membres de l'animal, plus accentuée chez le chien, que chez le lapin. L'homme, au contraire, présente régulièrement, à part la motilité imparfaite des muscles dorsaux, une paralysie complète des bras et des jambes ; et seul, de tous les nerfs cérébraux moteurs, le facial est compris dans la paralysie. Les foyers de la maladie, dans le noyau strié et le noyau lenticulaire, se comportent, à cet égard, d'une façon identique. Mais, la naissance *rapide* du foyer morbide est la condition de l'apparition des symptômes de paralysie; les tumeurs, qui se sont lentement développées dans ces ganglions, peuvent, selon les circonstances, évoluer, sans produire aucun symptôme. Au moment de la naissance du foyer, on remarque parfois des phénomènes d'irritation motrice. Ainsi, selon Nothnagel, l'irritation mécanique ou chimique d'un point, situé dans le noyau strié, près du bord libre, provoque, chez le lapin, des mouvements de course précipités et persistants, jusqu'à ce que l'animal tombe épuisé sur le sol (2). Après avoir enlevé entièrement les corps striés, Magendie signala des mouvements de course analogues (3). Mais, lors de la lésion de ces ganglions, on n'a jamais constaté, d'une manière certaine, des phénomènes anesthésiques. La présence de ces derniers, chez l'homme, tient, probablement, à ce que la lésion a toujours intéressé la capsule interne du noyau lenticulaire et, spécialement, le tiers postérieur de cette capsule,

1. Goltz, *Functionen der Nervencentren des Frosches*, p. 52 et suiv.
2. Nothnagel, in *Archiv* de Virchow, vol. 57, p. 209.
3. Magendie, *Leçons sur les fonctions du système nerveux*, I, p. 280. — Voir aussi Schiff, *Lehrbuch d. Physiol.* I, p. 340.

d'où part la voie sensorielle, allant directement à l'écorce cérébrale (p. 148) (1).

L'observation pathologique et les vivisections sont unanimes à nous apprendre, que les corps striés sont des formations exclusivement *motrices*; et cette donnée est essentiellement confirmée par l'étude des voies conductrices (voir p. 148). Or, ces résultats ne concordent pas, en ce sens que les conséquences de la destruction de ces ganglions, chez l'homme, présentent ordinairement une plus grande intensité; ainsi, l'ablation *d'un* corps strié, qui s'accomplit chez l'animal, sans laisser de traces, produit une hémiplégie très-nette chez l'homme. La raison principale de cette inégalité est dûe, sans doute, au rôle relativement différent, que jouent les ganglions cérébraux antérieurs, par opposition aux ganglions postérieurs. A mesure que l'on parcourt la série des mammifères, en procédant de haut en bas, ces ganglions postérieurs prédominent davantage sur les ganglions antérieurs; et moins accusés sont les troubles, consécutifs à l'ablation des ganglions antérieurs, plus intenses sont ceux qui surviennent après la lésion des tubercules quadrijumeaux et des couches optiques. Chez l'homme, les mouvements de manége et d'autres troubles, provenant de la dégénérescence des couches optiques, manquent souvent entièrement ou sont toujours bientôt compensés; au contraire, les arrêts de fonction, après les lésions des corps striés, y sont plus fortement caractérisés. Cette conduite est conforme à ce fait anatomique, qu'avec le développement croissant du cerveau, la masse ganglionnaire des corps striés augmente, en comparaison de celle des tubercules quadrijumeaux et des couches optiques, et atteint enfin, chez l'homme, son évolution la plus considérable (2).

Donc, le rôle physiologique des ganglions cérébraux antérieurs consisterait, probablement, selon nous, à réunir à leur intérieur diverses voies de conduction motrice, que l'écorce du cerveau ou du cervelet, ou même celle de ces deux organes simultanément, excitent à combiner leur fonction. Pour les distinguer des ganglions réflexes, étudiés auparavant, on pourrait les appeler *ganglions de coordination*. Sans doute, de nombreux mouvements, peut-être même tous ces mouvements complexes, mis en jeu dans les ganglions de coordination, sont produits

1. Nothnagel, *Topis. Diagn.* p. 313.

2. Pour mesurer approximativement le rapport du corps strié (y compris le noyau lenticulaire) avec les tubercules quadrijumeaux ou les couches optiques, on emprunte les diamètres des masses de filets du pied du pédoncule et de la calotte, qui

aussi par les ganglions réflexes, les couches optiques et les tubercules quadrijumeaux : tels sont les mouvements des membres dans la locomotion et d'autres actions, en rapport direct avec les impressions des sens tactile et visuel. Voici quelle serait la différence essentielle des deux appareils. Les ganglions de coordination entrent exclusivement en fonction, grâce aux impulsions, qu'ils reçoivent de l'écorce du cerveau ou du cervelet; et dans les ganglions réflexes, les impressions, transmises par certaines surfaces sensorielles, engendrent directement des mouvements complexes. La destruction des premiers arrête donc les influences de la volonté, de même que l'extirpation des provinces motrices de l'écorce cérébrale les met dans l'impossibilité de fonctionner. Mais les ganglions réflexes peuvent encore exercer leurs effets, malgré l'interruption des voies conductrices, qui vont à l'écorce du cerveau. Ceci n'empêche pas ces ganglions d'être utilisés, à titre auxiliaire, comme appareils de coordination. C'est ce que démontrent: 1° le rétablissement graduel de la fonction, après la destruction des ganglions de coordination, et 2° ce fait, que, chez les mammifères inférieurs, l'extirpation des corps striés n'exclut pas absolument les mouvements coordonnés du corps. Tous ces phénomènes s'expliquent en quelque sorte, si l'on réfléchit, qu'à part la voie traversant les masses grises des corps striés, il émane encore de l'écorce cérébrale une voie motrice directe, et, de plus, très-probablement, une autre voie de ce genre, qui touche d'abord les couches optiques et les tubercules quadrijumeaux. Les troubles moteurs, survenant après l'interruption de l'une de ces voies, sont en rapport avec l'importance relative, que cette voie possède chez l'espèce animale en question. En outre, l'utilisation des voies intactes, qui jusqu'alors servaient à d'autres buts, permet de compenser graduellement la perturbation. Si cette compensation ne s'opère pas sur-le-champ, ce retard tient, surtout, à ce que de nouvelles combinaisons de conduction doivent s'établir au-dedans de l'écorce cérébrale, avant que les voies périphériques existantes soient mises à réquisition pour de nouvelles fins.

pénètrent dans les deux groupes ganglionnaires. D'après Meynert, la hauteur du pied du pédoncule, comparée à celle de la calotte, serait chez l'homme = 1 : 1; chez le singe, le chien, le cheval = 1 : 2; chez le chat = 1 : 5; chez le cochon et le chevreuil = 1 : 6; chez le cabiai = 1 : 8. De plus, la masse des hémisphères de l'homme mesure 78 % du cerveau tout entier; celle du singe 70; du chien et du cheval 67; du chat et du chevreuil 62; du cabiai 45 %. Les chiffres montrent, que la masse des hémisphères croît avec celle du pied du pédoncule cérébral; tandis que celle des hémisphères est indépendante de la calotte et de ses ganglions. (Meynert, *Sit-*

5. — Fonctions du cervelet.

Les troubles moteurs, observés après l'ablation complète du cervelet des animaux, rentrent généralement dans le tableau symptomatique de l'ataxie. Tous les mouvements sont hésitants et incertains, mais l'influence de la volonté sur les divers muscles n'est pas supprimée. L'irritation d'un point limité du cervelet engendre des mouvements musculaires convulsifs: la tête et la colonne vertébrale sont tournées du côté opposé à l'irritant, pendant que les muscles des pattes antérieures et de la face, situés du même côté, sont contractés (1). Par l'irritation électrique, Ferrier a observé, en outre, des mouvements oculaires, diversement dirigés, selon le point excité. Néanmoins, nous ignorons à quel degré ont participé à la production de ce phénomène les déviations du courant sur les tubercules quadrijumeaux, plus profondément situés (2). Des troubles, plus persistants, suivent la section transversale des diverses parties du cervelet. Si l'on coupe la région la plus antérieure du vermis, les animaux tombent en avant; dans leurs mouvements spontanés, le corps est infléchi en avant, continuellement prêt à des chutes répétées. Si la région postérieure du vermis est sectionnée transversalement, le corps est fléchi en arrière ; et il existe une propension aux mouvements rétrogrades (3). Si l'on a blessé ou détruit une moitié latérale, l'animal tombe aussitôt du côté opposé à la lésion; et l'on observe de violents mouvements de rotation autour de l'axe du corps, dirigés la plupart du temps du côté lésé, parfois même du côté sain (4). De plus, au moment de la section, apparaissent des mouve-

zungsb. d. Wien. Akad. vol. 60, p. 447; *Archiv f. Psychiat.* II. p. 633.) En outre, chez l'homme, durant la vie fœtale et longtemps après la naissance, le pied du pédoncule est très-peu développé. (Meynert, *Wiener Sitzungsb. loc. cit.* p. 452).

1. Nothnagel, in *Archiv* de Virchow, vol. 68, p. 33.

2. Ferrier, *Fonctions du cerveau*, p. 108.

3. Renzi, *Ann. universal.* 1863-64. — Voir un extrait, in *Jahrb. d. Medicin.* de Schmidt, vol. 124, p. 157.

4. Les divers observateurs sont, généralement, d'accord sur la direction des mouvements de rotation, qui se montrent après les lésions du cervelet. Selon Magendie (*Leçons sur les fonctions du syst. nerv.* I, p. 257), Gratiolet et Leven (*Comptes rendus* 1860, II, p. 917) la rotation a lieu du côté lésé ; selon Lafargue (Longet, *loc. cit.* I, p. 356) et Lussana (*Journal de la physiol.* V, p. 433), du côté sain. D'après Schiff (*Physiol.* I, p. 353), la rotation s'effectue dans le dernier sens, si le bras du pont est coupé ; et dans le premier, si la moitié du cervelet est sectionnée transversalement. Cl. Bernard (*Leçons sur la physiol. du syst. nerv.* I, p. 488) avait remarqué, que les lésions de la partie postérieure des bras du pont produisent la rotation, du même

ments convulsifs des yeux ; ils sont suivis d'une déviation permanente de ces derniers organes ; et celle-ci se produit ordinairement dans le même sens, où a lieu le mouvement de rotation. Si, par exemple, la moitié droite du cervelet est sectionnée transversalement, les deux yeux sont tournés à droite : l'œil droit se dirige un peu en bas, et le gauche en haut (1). Ces deux changements de position se manifestent, quand, du côté lésé, les muscles oculaires droit externe et oblique supérieur, et, du côté sain, les muscles droit interne et oblique inférieur ont une tension plus énergique.

Des phénomènes, absolument analogues à ceux observés après les lésions du cervelet, se présentent, lorsqu'on coupe les pédoncules cérébelleux inférieurs ou moyens. D'ailleurs, ces pédoncules ou leurs irradiations sont compris, presque inévitablement, dans toute lésion du cervelet. Pour ce motif, on ne sait pas, si les troubles moteurs, remarqués après la section transversale des parties latérales, ne doivent point être plutôt attribués à la séparation simultanée des bras du pont.

Aux observations sur les animaux correspondent les expériences cliniques, faites chez l'homme, puisqu'ici des troubles moteurs d'une nature semblable constituent le symptôme le plus constant. Ceux-ci consistent très-souvent en une marche incertaine et vacillante ; parfois, ce sont des mouvements analogues de la tête et des yeux (2) ; les extrémités antérieures paraissent moins atteintes ; et très-rarement, l'homme présente ces violents mouvements de rotation, qui, chez les animaux, accompagnent les lésions pratiquées sur un seul côté des parties latérales ou des pédoncules cérébelleux moyens. L'absence de ce dernier mouvement tient, à ce que les affections pathologiques du cervelet se développent, ordinairement, avec beaucoup de lenteur. D'ailleurs, chez l'homme, les troubles moteurs se montrent spécialement, quand le *vermis* est le siège de la maladie ; au contraire, les altérations, survenues dans l'un des hémisphères, peuvent évoluer com-

côté ; et celle de la partie antérieure, la rotation, du côté opposé. Très-probablement, les contradictions des auteurs proviendraient de leurs opinions personnelles sur les croisements des voies conductrices.

1. En même temps, apparaît un roulement ou mouvement de rotation, en rayon de roue, autour de la ligne de regard. Il est pareil à celui qui correspond toujours à ces positions de l'œil : ainsi, l'œil droit roule à droite et l'autre, à gauche, autour de sa ligne de regard. Gratiolet et Leven, *Comptes rendus* 1860, II, p. 917. — Leven et Ollivier, *Archives générales de médecine*, 1862, XX, p. 513.

2. Ladame, *Hirngeschwülste*, p. 93.

plètement, sans un symptôme (1). Seulement, lors de la suppression totale de ces parties, suppression réalisée dans les cas rares d'atrophie de l'organe tout entier, des troubles très-graves semblent se manifester. Ils atteignent les mouvements, même l'intelligence; et leur composition complexe en rend l'interprétation difficile (2). Les troubles de la sensibilité ne se présentent jamais dans les affections pathologiques, qui restent limitées au cervelet; ils n'ont pas été notés, lors de l'atrophie complète de cet organe. Mais un symptôme subjectif, caractéristique, plus fréquemment lié aux maladies cérébelleuses de l'homme, qu'à tout autre trouble central, est le *vertige;* il manque rarement, si les troubles moteurs existent. A cet égard, c'est très-remarquable, que la transmission d'un courant galvanique, à travers l'occiput d'un homme en pleine santé, produit de fortes attaques de vertige (3). Il y a lieu de présumer, que ces vertiges sont dûs, au moins en partie, à l'influence exercée par le cervelet. De même, cet organe interviendrait, pour une large part, dans certains effets toxiques, qui occasionnent des attaques de vertige; ainsi, après une violente intoxication alcoolique, on a souvent remarqué des épanchements sanguins dans le cervelet (4). Comme, dans ce cas et d'autres circonstances analogues, les fonctions de quelques organes sensoriels sont toujours simultanément influencées, nous nous réservons d'étudier plus loin, d'une manière détaillée, les diverses formes de vertige. Mais, puisqu'il s'agit ici d'apprécier seulement l'importance de ce symptôme pour les fonctions cérébelleuses, nous nous contenterons d'examiner les conditions, qui président à l'apparition de ce phénomène.

L'une des causes les plus fréquentes du vertige consiste dans l'interruption brusque de ces mouvements des objets extérieurs ou de notre corps, dont nous n'avons plus absolument conscience ou ne gardons, qu'une conscience complétement insuffisante. Étant placés dans un convoi de chemin de fer lancé à grande vitesse, regardons, par exemple, les objets situés dans le voisinage de la voie. Ces objets semblent,

1. Nothnagel, *loc. cit.* p. 50.
2. Le cas le plus remarquable de ce genre est celui d'Alexandrine Labrosse, qui manquait absolument de pont Varole et de cervelet. Les mouvements volontaires étaient possibles. Cependant, Alexandrine avait une grande faiblesse musculaire, tombait souvent; et son intelligence était très-défectueuse. Voir Longet, *Anat. et physiol. du syst. nerv.* I. p. 764.
3. Purkinje, in *Magazin der Heilkunde* de Rust, 1827, vol. 23, p. 297. — Hitzig, *Das Gehirn*, p, 196 et suiv.
4. Les observateurs sont Flourens, Lussana et Renzi. Voir Renzi, in *Jahrb.* de Schmidt, vol. 124, p. 158.

personne ne l'ignore, fuir dans une direction opposée ; et si ensuite nous cherchons à fixer subitement un objet quelconque, à l'intérieur du wagon, cet objet paraît se dérober un instant à l'œil, dans la même direction, qui est suivie par le train en marche. Un mouvement apparent, secondaire et analogue peut se manifester, quand les mouvements *réels* des objets extérieurs sont soudainement arrêtés. Si, par exemple, après avoir posé des points ou des lignes droites, verticales à la surface d'un cylindre, on regarde ce cylindre tourner sur un axe vertical, alors au moment où le cylindre s'arrête, on croit apercevoir la rotation de ces lignes dans un sens opposé (1). Des phénomènes analogues peuvent avoir lieu, sans que le sens visuel intervienne. Si, les yeux fermés, on tourne plusieurs fois sur le talon, au moment où l'on s'arrête, on a le sentiment très-vif d'une rotation du corps, dans un sens opposé à la rotation précédente. Comme Mach l'a montré, un effet semblable se produit, lorsqu'on se place, les yeux ouverts, dans une caisse, qui est ensuite fermée et mise en rotation. Si la vitesse de cette rotation reste constante, on a très-souvent l'idée, que la caisse n'est pas en mouvement ; et, au moment, où la caisse est soudain arrêtée, il se manifeste de nouveau un mouvement apparent et graduellement décroissant du corps, ainsi que de la caisse, dans un sens opposé (2). Dans toutes ces expériences, au moment où le mouvement, primitivement existant, s'arrête et est remplacé par un mouvement apparent, qui lui est opposé, un sentiment de vertige, plus ou moins vif, apparaît. En même temps, on cherche involontairement à compenser le mouvement apparent, qui se manifeste, par un mouvement du corps dans une direction opposée: dans le vertige rotatoire, par exemple, on continue involontairement, pendant un peu de temps, la rotation dans le sens primitif. Par ce mouvement de compensation, le sentiment de vertige est tellement modéré, affaibli, que le corps est capable de maintenir son équilibre. Si l'on interrompt, au contraire, ce mouvement de compensation, très-fréquemment l'on s'affaisse du côté, vers lequel le mouvement apparent se produit.

Ces phénomènes de compensation établissent d'une façon péremptoire, que le sentiment de vertige consiste justement dans la *suppression de la sensation d'équilibre de notre corps*. Évidemment, les mouve-

1. Plateau, in *Annalen* de Poggendorff, vol. 80. p. 289.
2. E. Mach, *Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen*. Leipzig, 1875, p. 25.

ments apparents des objets extérieurs ou de notre corps ont la faculté d'engendrer facilement une sensation de ce genre. Car, la représentation de notre équilibre corporel repose sur la concordance continuelle des idées, que nous possédons des positions et mouvements de notre propre corps et des idées, que nous avons de la situation respective des objets extérieurs. Nous perdrions la faculté de l'équilibre, si tout l'espace objectif, dans lequel nous nous trouvons, ou si notre propre corps était soudain mis en rotation par une puissance, qui serait soustraite à notre volonté. La *représentation* (Vorstellung) d'un phénomène de ce genre doit avoir pour nous les mêmes conséquences, que comporterait le fait réel. En dehors des mouvements apparents, la sensation d'équilibre du corps peut encore être troublée par d'autres conditions différentes; et, régulièrement, ces conditions provoquent le vertige. Personne ne l'ignore, le vertige saisit la plupart des hommes, qui, montés sur une tour élevée, regardent en bas, et même certains individus, qui, placés en bas, lèvent les yeux en haut, pour voir un édifice de ce genre; les patineurs, peu exercés à marcher sur la glace, sont pris de vertige. L'incertitude de la vision, qui atteint l'amblyopique, le strabique ou même les gens, doués d'une vue normale, lorsqu'on leur couvre un œil, est fréquemment accompagnée de vertige. Ce dernier est encore plus accusé, lors des mouvements de locomotion exécutés par des individus, chez lesquels la dégénérescence des cordons postérieurs de la moëlle épinière émousse ou supprime les sensations tactiles. Les malades de cette catégorie, ne sentant plus la résistance ordinaire du sol, perdent la sensation d'équilibre de leur corps: ils chancellent et s'efforçent, par le balancement de leurs bras, d'éviter une chute (1). Ces phénomènes prouvent en même temps, combien la sensation d'équilibre du corps est indispensable à nos mouvements volontaires. Ordinairement, dans ces mouvements volontaires, nous avons nettement conscience du but, qui doit être atteint. Cependant, chaque acte isolé d'une action volontaire complexe est exactement adapté aux impressions de sensation, que nous recevons de notre corps ou des corps extérieurs. Par conséquent, si ces sensations, qui ont trait aux rapports respectifs des objets dans l'espace, sont modifiées d'une manière quelconque, aussitôt les mouvements deviennent incertains et l'équilibre du corps est troublé.

Si l'on se place à ce point de vue, les phénomènes, consécutifs à des

1. Leyden, in *Archiv* de Virchow, vol. 47, p. 321.

altérations de la fonction du cervelet, pourraient être attribués à une suppression partielle des mouvements volontaires, ou à un trouble des sensations ou enfin, à une perturbation des relations entre les sensations et les mouvements, qui en dépendent. La première de ces hypothèses est éliminée, car des phénomènes de paralysie ne se montrent jamais, lors de la suppression du cervelet ou de l'une de ses diverses parties ; de plus, après des paralysies, purement motrices, le vertige n'a point été observé. Comme nous l'avons vu précédemment, le vertige se manifeste plutôt, après une suppression partielle des sensations. En effet, on a présumé, que le cervelet est un organe du *sens musculaire*. Naturellement, d'après cette supposition, les phénomènes, consécutifs à des lésions expérimentales ou pathologiques de ses fonctions, étaient occasionnés par la suppression partielle de ces sensations, qui nous donnent une mesure de la force et de l'étendue de nos mouvements volontaires (1). Cette opinion se concilie difficilement avec le fait suivant : dans les cas d'atrophie du cervelet de l'homme ou d'extirpation complète de cet organe chez les animaux, on remarque encore des mouvements actifs de locomotion qui, malgré leurs incertitudes et leurs hésitations, laissent toujours supposer une certaine sensation dans les muscles locomoteurs. Nous avons déjà remarqué dans l'étude des voies conductrices, qu'après l'ablation de régions déterminées de l'écorce cérébrale apparaissent des troubles moteurs, qui semblent démontrer, d'une manière plus irrécusable que les lésions du cervelet, une suppression du sens musculaire (voir page 166). Il ne peut pas non plus être question d'une suppression d'autres sensations : l'organe du tact est insensible aux impressions ; les troubles, manifestés parfois dans le domaine du sens visuel, se bornent ordinairement (pourvu que la lésion reste limitée au cervelet) à cette incertitude de la perception, qui accompagne constamment les attaques de vertige (2). Donc, si nous ne trouvons aucun symptôme parétique ou anesthésique, nous sommes obligé d'attribuer les troubles particuliers de sensation et de mouvement, observés après les lésions du cervelet, à une perturbation des relations, existant entre les sensations et nos mouvements corporels. En effet, cette condition serait justement indiquée, soit par la nature des troubles, qui apparaissent alors, soit par le rapport des voies conductrices afférentes et efférentes. Assurément, l'arrêt fonctionnel du

1. Lussana, *Journal de la physiol.* t. V, p. 418 ; t. VI, p. 169. — Lussana et Lemoigne, *Fisiologia dei centri nervosi.* Padoue 1871, t. II, p. 219.
2. Nothnagel, *loc. cit.* p. 65.

cervelet trouble d'abord la perception de ces impressions sensibles, qui constituent les sensations de la position des membres et de l'appui du corps, en tant qu'elles exerçent de l'influence sur l'innervation motrice. Si l'arrêt fonctionnel a lieu d'un seul côté, le trouble périphérique se produit généralement au côté opposé du corps : sur ce côté, l'animal s'affaisse au moment de la lésion ; et, afin de ressaisir l'appui perdu, il exécute, comme dans les autres formes de vertige, une rotation involontaire, rapide vers l'autre côté, où le sentiment de la position du corps est resté intact. Cependant, nous le savons déjà, la direction de la rotation n'est pas absolument constante. Ceci s'expliquerait, si on admettait, que sur toute la voie latérale du cervelet, à partir des corps striés jusqu'aux bras du pont, le croisement des filets s'opère graduellement et s'achève dans les bras du pont ; puisque, lors des solutions de continuité du cervelet, tantôt un côté du corps, tantôt l'autre sont spécialement atteints par la perturbation, selon qu'on a coupé un point, où la plus grande partie des filets n'est pas encore croisée ou l'est déjà. A cet égard, les diverses espèces d'animaux présentent des différences. Il est remarquable, que chez les oiseaux, très-souvent les troubles, consécutifs aux lésions hémilatérales du cervelet, affectent plus ou moins les deux moitiés du corps (1). Ce phénomène se rattache, peut-être, au mode de mouvement de ces animaux, puisque, dans le vol, leurs pattes déploient leur activité d'une manière isochrone, tout opposée au mode alternatif des mouvements de locomotion des mammifères. Les mêmes rapports, qui existent pour les organes locomoteurs, s'appliquent aussi à l'œil. Nous mesurons la force et l'étendue de nos mouvements oculaires aux sensations musculaires et d'innervation, qui sont liées au mouvement. De plus, nous acquérons une idée de la position respective de l'œil, probablement au moyen de ces impressions sensibles, déterminées par les pressions et les tiraillements des parties, qui remplissent l'orbite (2). Ainsi, après les arrêts fonctionnels du cervelet, l'œil aurait une conduite analogue à celle des organes locomoteurs : le rapport du champ visuel avec la position de l'œil est modifié ; de là, l'origine des mouvements apparents des objets visuels. Car, si chaque mouvement de l'œil, dont la perception n'a pas lieu, par suite d'une cause quelconque ou s'exerce d'une façon défectueuse, est attribué à un mouvement des objets extérieurs dans un sens opposé, nécessairement, ces sortes de mouvements apparents se

1. Lussana, *Journ. de la physiol.* V, p. 433.
2. Voir troisième section, chap. XIII.

produiront, quand les associations habituelles entre les impressions rétiniennes et les sensations de mouvement et de position de l'œil sont subitement troublées (1).

Or, ne l'oublions pas, il ne s'agit nullement ici d'une *suppression* réelle des sensations. Comme toutes les sensations conscientes persistent, même après des lésions très-profondes du cervelet, on ne peut admettre, qu'une suppression de ces impressions de sensation qui, directement et sans transformation antérieure en sensations conscientes, ont pour effet de régulariser les mouvements. Les mouvements volontaires ne sont pas davantage supprimés ; car, même après la destruction complète du cervelet, la volonté exerce encore sa souveraineté sur chaque muscle. Ceci explique, pourquoi les perturbations, consécutives aux lésions cérébelleuses, peuvent se compenser graduellement. Cette compensation a lieu, parce que les sensations conscientes persistantes règlent, de nouveau, insensiblement les mouvements volontaires. Mais, une sorte d'incertitude pénible subsiste toujours. C'est ce que l'on remarque pour les mouvements, puisqu'ils doivent émaner d'une espèce de réflexion. Cette certitude directe des mouvements, certitude que possède l'animal en santé, est perdue. Par conséquent, le principe de

1. L'opinion, exprimée par Gall et d'autres phrénologistes, que le cervelet est en rapport avec les *fonctions sexuelles*, est aujourd'hui généralement abandonnée. Voir Combe : *On the fonctions of the cerebellum, by Dr. Gall, Vimond and others.* Edinbourg 1838. L'absence de critique, qui a présidé à la confection de ce livre et d'autres ouvrages phrénologiques, les citations empruntées aux auteurs anciens, des lésions mal décrites, des observations suspectes, propres à illusionner, entassées comme des preuves matérielles, afin d'en imposer uniquement par leur masse, tout cela nous interdirait de prêter la moindre attention à ces écrits, alors même que les travaux de ce genre ne seraient pas, depuis le commencement jusqu'à la fin, empreints d'un jugement préconçu. D'ailleurs, chose remarquable, dernièrement des observateurs, qu'on ne peut accuser d'un parti pris semblable, Lussana (*Journ. d. l. physiologie*, t. V, p. 440) et R. Wagner (*Göttinger Nachrichten* 1860, p. 32) se sont appuyés sur des expériences pathologiques et ont admis la possibilité d'une relation du cervelet avec les fonctions sexuelles. Cependant, il convient de rappeler ici que dans les cas pathologiques, très-souvent, les parties voisines ont été également, détruites. D'après Serres (*Anat. compar. du cerveau.* tome II, p. 501 et 717), qui modifia l'idée de Gall, ce rapport du cervelet serait purement dévolu à la partie *médiane*. Or, Longet avait remarqué, que justement les affections du vermis réagissent très facilement sur la moëlle allongée. Ce physiologiste fit aussi ressortir, que le priapisme apparait, si l'on irrite la moëlle jusque dans la portion cervicale, et ne se produit jamais, si l'on irrite le cervelet (*Anat. u. Physiol. des Nervensyst.* I, p. 615). Enfin, un argument décisif se dresse en face des observations isolées : la *statistique* des tumeurs du cervelet infirme absolument l'opinion des phrénologues (Ladame, p. 99). Se plaçant au point de vue de l'anatomie comparée, Leuret (*Anat. compar. d. syst. nerv.* I, p. 219) et R. Owen (*Anatomy of vertebrates*, I, p. 287) ont démontré, que dans le règne animal l'énergie des fonctions sexuelles et le développement du cervelet n'ont pas une marche parallèle. D'après R. Owen, un cervelet, fortement constitué, permet généralement de conclure à un puissant développement des masses musculaires du corps.

la *substitution multiple* des parties du corps les unes aux autres, dans le cerveau trouve, ici même, son application. Le cervelet est destiné à *régler directement, à l'aide des impressions de sensation, les mouvements volontaires*. Il est l'organe central, qui met en harmonie les mouvements du corps de l'animal, émanés de l'écorce cérébrale, avec la position de ce corps dans l'espace. Nos connaissances anatomiques, sur le trajet des voies conductrices afférentes et efférentes, semblent concorder suffisamment avec cette manière de voir. Dans les pédoncules cérébelleux inférieurs, cet organe prend la place (Vertretung) de la voie sensorielle générale, laquelle, du côté du nerf optique et des nerfs cérébraux sensibles les plus antérieurs, est complétée par des filets, cheminant dans le velum medullare anterius et les pédoncules cérébelleux supérieurs. Il se relie aux parties supérieures, principalement par les bras du pont, dont les filets vont, les uns aux ganglions cérébraux moteurs antérieurs (corps striés et noyaux lenticulaires), les autres, probablement d'une manière directe, aux régions motrices de l'écorce cérébrale.

Assurément, cette étude n'a pas la prétention d'avoir passé en revue toutes les fonctions du cervelet. Le développement volumineux des parties latérales de cet organe, chez l'homme et cette observation, que les troubles moteurs paraissent spécialement dépendre des lésions du *vermis*, nous donnent principalement lieu de croire à l'existence d'autres fonctions. D'abord, on pourrait concevoir ici, par la pensée, la relation si importante, surtout chez l'homme, des impressions auditives avec les mouvements. D'après certaines présomptions, le nerf auditif possède au-dessus du cervelet une voie ramifiée. La partie inférieure de cette voie réside dans les filets centraux du nerf auditif, unis au corps strié ; et la partie supérieure chemine dans les pédoncules cérébelleux supérieurs, allant à cette portion antérieure de l'écorce cérébrale, d'où émane l'innervation motrice. Par conséquent, cette disposition exprimerait le rapport spécial des impressions auditives avec les mouvements de notre corps. Si le cervelet dévie cette voie ramifiée sensorielle, correspondant aux impressions sensibles, qui influencent directement nos mouvements volontaires, évidemment ce nerf sensoriel, qui donne aux impressions sensorielles objectives une relation éminente avec le mouvement, est représenté dans la même voie. Cette relation se manifeste surtout, personne ne l'ignore, en ce que, involontairement, nos mouvements s'adaptent, par un rythme analogue, aux impressions auditives rythmiques.

La connexion, que les fonctions *intellectuelles*, surtout l'activité de la pensée logique, présentent avec l'innervation volontaire, augmenterait, peut-être, l'importance de la fonction du cervelet. Comme nous le verrons plus tard, chaque acte d'*aperception* est une excitation ou activité interne, liée étroitement au processus physiologique de l'innervation motrice spontanée. Nos connaissances actuelles sur la région fonctionnelle cérébelleuse font assez bien comprendre, que cet organe ait un certain rapport avec les fonctions intellectuelles. En effet, c'est ce que paraissent démontrer les troubles intellectuels, observés chez l'homme, quand de graves lésions ont atteint, surtout, les parties latérales du cervelet. Or, l'analogie avec l'influence exercée sur la régularité des mouvements volontaires nous conduirait à admettre, que le cervelet joue un rôle important dans l'influence directe, que les représentations disponibles exercent sur le cours des actes d'aperception; l'aperception directe des impressions sensorielles et des représentations reproduites serait, au contraire, indépendante de cet organe. Ce résultat serait en harmonie avec ce fait, qu'on a remarqué dans les atrophies du cervelet, non pas, à vrai dire, une suppression de l'intelligence, mais plutôt un retard, une gêne dans l'exercice des fonctions intellectuelles. Si ces interprétations se confirmaient, évidemment, le cervelet pourrait être appelé, dans le même sens que le cerveau, un « organe de l'intelligence » ; seulement, en lui donnant une signification analogue à celle que nous appliquons à l'œil, cet organe de développement des représentations visuelles (1).

6. — Fonctions des hémisphères du cerveau.

L'expérimentation physiologique, comme l'observation pathologique, montrent, que des destructions très-limitées des lobes du cerveau n'altèrent pas notablement les fonctions de cet organe. Si les lésions occupent une large étendue, les animaux deviennent lourds, hébétés; mais, très-souvent, chez les vertébrés inférieurs, cette modification disparaît bientôt. Fréquemment, un pigeon, qui a subi l'ablation complète d'un lobe cérébral ou de portions considérables de ses deux lobes, ne diffère plus, après un certain nombre de jours ou de semaines, d'un

1. Voir plus loin, au n° 6 de ce chapitre, les discussions sur le rapport des hémisphères cérébraux avec les fonctions intellectuelles.

animal bien portant. Plus le cerveau est développé, et plus vite disparaît, sans doute, cette indifférence apparente pour les mauvais traitements, dont il est l'objet. Les lapins, et principalement les chiens, accusent, plus nettement que les oiseaux, cette hébétude et cette inertie générale des mouvements. Chez l'homme, les altérations locales, qui portent sur la structure, suivent leur cours, sans présenter aucun symptôme, surtout quand elles se sont produites graduellement ; mais des lésions, plus étendues, sont très-souvent accompagnées de troubles du mouvement volontaire, et rarement de perturbations des sens ou des fonctions psychiques (1). Ces dernières ne paraissent lésées d'une façon permanente, que si l'écorce des deux lobes cérébraux est altérée sur un large parcours. Or, bien des fois, la destruction totale d'*un* lobe cérébral a été observée chez l'homme, sans désordre notable de l'intelligence (2).

L'ablation complète des deux lobes cérébraux n'est tolérée, que par les animaux, dont le cerveau est imparfaitement développé. Les oiseaux ou les lapins, qui ont subi cette opération, se tiennent sur leurs pattes ou gardent la position assise. Après l'application des irritants sensibles, ils se livrent à des mouvements de fuite, mais n'abandonnent pas spontanément la place, qu'ils occupaient ; également, ils cessent de prendre leur nourriture. Si on les engraisse artificiellement, ils peuvent vivre de longs mois, sans que cette situation se modifie (3). Les mammifères supérieurs, dépouillés de tout le manteau cérébral des hémisphères, meurent sur-le-champ. Si des pertes plus considérables de substance ont atteint les deux côtés des hémisphères, les chiens présentent d'abord une profonde dépression de toutes les fonctions animales, qui disparaît très-lentement, si ces animaux continuent à vivre. Les effets, consécutifs et permanents de cette dernière lésion, sont une diminution générale des fonctions sensorielles, la maladresse dans l'exécution des mouvements volontaires et, surtout, un affaissement notable de l'intelligence tout entière (4). Ceci concorde avec les observations faites chez l'homme, où l'arrêt de développement,

1. Comparer les observations de Longet (*Anat. u. Physiol. d. Nervensyst.* I, p. 542) et Ladame (*Hirngeschwülste*, p. 186). Voir aussi Wunderlich, *Pathol. u. Therap.* 2e édit. III, 1er fascicule, p. 350 ; Hasse. *Krankh. d. Nerv.* p. 572 ; Nothnagel, *Top. Diag.* p. 435.
2. Longet, *Anat. u. Physiol. d. Nerv.* I, p. 539.
3. Flourens, *Untersuchungen über die Eigenschaften und Verrichtungen des Nervensyst.* p. 28, 80.
4. Goltz, in *Archiv* de Pflüger, vol. 13, p. 1 ; vol. 14, p. 412 ; et vol. 20, p. 1.

soit de vastes destructions des deux lobes cérébraux accompagnent constamment l'état d'idiotisme.

Le résultat général, qui découle de tous ces faits, est, que les propriétés physiologiques des hémisphères cérébraux sont étroitement liées aux fonctions intellectuelles. Cela est confirmé par les recherches de l'anatomie comparée. Car, d'après celle-ci, la masse des lobes cérébraux et, surtout, le plissement, opéré à leur surface par les sillons et circonvolutions, augmentent en raison du degré d'intelligence des animaux. Cette proposition est assurément limitée par une condition : deux éléments, à savoir la masse et le plissement de la surface dépendent, en première ligne, de la grosseur du corps. Chez les plus grands animaux, les hémisphères sont absolument plus volumineux ; chez les plus petits, relativement plus volumineux, c'est-à-dire par rapport au poids du corps ; et comme les plissements augmentent avec la grosseur du cerveau, tous les très-grands animaux ont des lobes cérébraux sillonnés (1). L'organisation exerce aussi une influence essentielle. Parmi les mammifères terrestres, les herbivores ont le cerveau le plus riche en circonvolutions ; après, viennent les carnivores ; et le cerveau des insectivores est le plus pauvre en circonvolutions. Bien qu'ils soient carnivores, les mammifères marins précèdent les herbivores. Or, la proposition, établie précédemment, n'est juste, que sous deux rapports : 1° lorsqu'on fait cette comparaison, si vaste, du développement du cerveau dans les vertébrés, et 2° cette même comparaison, mais très-restreinte, chez les animaux d'une organisation voisine et d'une grosseur corporelle analogue. Dans ce dernier cas, le résultat est véritablement frappant. Si l'on compare, par exemple, le cerveau de diverses races de chiens ou de singes anthropomorphes avec celui de l'homme, assurément les races ou les espèces les plus intelligentes possèdent des hémisphères plus considérables et plus riches en circonvolutions. Cette différence entre l'homme et les autres primates est l'une des plus importantes (2).

1. Leuret et Gratiolet. *Anat. compar. du syst. nerv.* II p. 290.

2. Huschke a trouvé le poids moyen du cerveau de l'homme de race germanique, entre l'âge de 30 à 40 ans, = 1424 gr. ; celui du cerveau de femme = 1273 gr. (*Schädel, Hirn und Seele*, p. 60). Chez les races inférieures, le cerveau a un poids plus faible et est, surtout, plus pauvre en circonvolutions ; mais, on manque à cet égard de mensurations suffisantes (*ibid.* p. 73). Bien plus certaines sont les mensurations de la capacité crânienne, qui permettent de conclure à postériori au volume du cerveau. (Huschke, p. 48 et suiv. ; Broca, *Mémoires d'anthropologie*, Paris 1871, p. 191.) Sur le rapport des diverses parties cérébrales entre elles, chez l'homme et divers animaux, voir Huschke, *loc. cit.* p. 93. Selon H. Wagner (*Massbestimmungen der*

Si la masse et le plissement de la surface du cerveau sont une mesure, d'autant plus certaine des dispositions intellectuelles, que les formes, soumises à la comparaison, se trouvent plus rapprochées, évidemment cette règle sera applicable, au plus haut degré, aux individus de la même espèce. En effet, l'observation a démontré d'une façon incontestable, que les hommes, éminemment doués, ont des hémisphères volumineux et riches en circonvolutions (1). Or, ce résultat ne nous fait pas mieux comprendre la physiologie des fonctions cérébrales. Il faut donc se demander, si on ne pourrait pas démontrer l'existence d'un rapport entre le développement des masses et de la surface des diverses parties des lobes cérébraux et le développement de directions déterminées de la vie intellectuelle. La phrénologie prit naissance, en voulant donner cette preuve; mais elle échoua par l'absence de critique de sa méthode et la défectuosité de ses notions préliminaires physiologiques et psychologiques. Considérant les fonctions intellectuelles, comme des opérations exécutées par un certain nombre de *sens internes*, elle assigna à chacun de ces derniers, assimilés à des sens externes, son organe particulier. Pour rendre possible l'examen de ces organes sur l'homme vivant, elles les répartit à la surface du cerveau, et admit un parallélisme entre la forme du crâne et celle du cerveau, parallélisme qui, n'existant pas, ne peut être prouvé. Par opposition à cet émiettement des concepts psychologiques de la phrénologie, Flourens indiqua, le premier, l'unité et l'indivisibilité des fonctions intellectuelles et arriva à cette conclusion, que l'organe de ces fonctions était indivisible. Les observations physiologiques, men-

Oberfläche des grossen Gehirns, Cassel et Göttingue, 1864, p. 35, 39), la surface totale du cerveau de l'homme est 2196 — 1877 c. carrés; de l'orang 533, 5 c. c. Le poids de ce dernier cerveau était 79 gr., 7.

1. La proposition précédente fut établie par Gall (Spurzheim et Gall, *Anatomie et physiol. du syst. nerv.* II, p. 251), confirmée par Tiedemann (*Das Hirn des Negers mit dem des Europäers und Orang-Utangs verglichen*, Heidelberg, 1837, p. 9), mais réfutée par R. Wagner, à qui l'on doit des remerciements, pour avoir utilisé dans un but scientifique le cerveau d'hommes éminents, de Gauss, Dirichlet, C. Fr. Hermann etc. (*Göttinger gel. Anz.* 1860, p. 65; *Vorstudien zur einer wissenschaftl. Morphol. u. Physiol. d. Gehirns*. Göttingue 1860, p. 33). C. Vogt (*Vorlesungen über den Menschen*, I, p. 98) a démontré avec raison, que les chiffres de Wagner ne s'appliquent à cette proposition, que si on en extrait les exemples concernant les individus, réellement doués d'une intelligence supérieure. Broca est arrivé au même résultat (*Mémoires d'anthropol.* p. 153). D'ailleurs, il est à peine besoin de faire observer, que d'autres éléments, la race, la grosseur du corps, l'âge, le sexe doivent être pris en sérieuse considération. Selon la remarque de Gratiolet, un cerveau normal de Hottentot, placé dans le crâne d'un Européen, signifierait l'idiotisme de ce dernier. En outre, le plissement de la surface du cerveau, surtout des lobes frontaux, a évidemment beaucoup plus de valeur, que le volume ou le poids du cerveau. (H. Wagner, *loc. cit.* p. 36.)

tionnées précédemment, semblent s'accorder à un certain degré avec cette idée, que la masse des hémisphères cérébraux est équivalente, sous le rapport physiologique, à une glande sécrétante, aux reins par exemple. Car, d'après ces observations, la suppression partielle des lobes cérébraux n'affaiblit totalement, que les fonctions intellectuelles, n'empêche pas, comme le ferait supposer l'hypothèse d'une localisation des fonctions, le jeu de divers mécanismes et en laisse d'autres absolument intacts.

Néanmoins, cette idée repose notoirement sur une conception, peu claire, des relations physiologiques du cerveau avec l'organisme tout entier. Elle régna en physiologie, tant qu'on n'avait aucune notion de la structure cérébrale; et elle dût disparaître le jour, où l'anatomie amena les savants à admettre, que toutes les parties du corps sont représentées dans le cerveau et finalement dans l'écorce de cet organe. Chose remarquable! Bien avant que les expériences physiologiques eussent conduit à l'hypothèse d'une localisation de certains phénomènes, les anatomistes (adonnés spécialement à l'étude du cerveau) revenaient toujours à des opinions de ce genre. En cela, on commettait la plupart du temps une faute: c'était de vouloir assigner aux sens internes des phrénologues ou aux facultés de l'âme de la psychologie, qui avait cours, leurs organes particuliers dans le cerveau. Or, cette investigation est basée sur une hypothèse, que la physiologie nerveuse moderne a eu pour but de réfuter, quoique cette science n'ait pas toujours eu nettement conscience de cette tendance: c'est l'hypothèse d'une *fonction spécifique des parties nerveuses élémentaires.* L'ancienne physiologie nerveuse avait adopté une supposition de ce genre, mais avec quelque restriction, car elle avait établi la loi de l'*énergie spécifique des nerfs.* Selon cette loi, chaque nerf est moteur ou sensible; et, dans ce dernier cas, il réagit contre les irritants par l'une des cinq qualités sensorielles (la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût, la sensibilité). Ici, un concept clair et simple était toujours uni à ce terme d'énergie spécifique. Mais, si le sens des couleurs, des formes ou l'entendement, l'imagination, la mémoire, etc. devaient être liés à diverses parties élémentaires, non seulement on supposait autant de fonctions multiples, mais encore ces fonctions, auxquelles un concept simple ne s'unissait nullement. Nous pouvons nous figurer, qu'un filet nerveux déterminé ou une certaine cellule ganglionnaire fonctionnent uniquement, sous forme de sensation lumineuse ou d'impulsion motrice, mais non, que des éléments centraux doivent servir à l'imagination, d'autre

à l'entendement. Evidemment, ici la contradiction consiste à croire, que des *fonctions complexes* sont liées à des *tissus simples*. Nous devons nécessairement admettre, que les *tissus élémentaires sont seulement capables d'exercer des fonctions élémentaires*. Or, dans le domaine des fonctions centrales, ces opérations élémentaires sont les sensations, les impulsions de mouvement, mais non l'imagination, la mémoire, etc.

Entendue dans cette signification plus restreinte, l'hypothèse d'une énergie spécifique est restée cependant douteuse. Elle amènerait nécessairement à imaginer, que la *fonction a une constance invariable:* le filet nerveux moteur ou la cellule ganglionnaire ne se prêteraient, dans aucune circonstance, à conduire ou transmettre des sensations; bien plus, un filet sensible déterminé aurait toujours le pouvoir de conduire seulement une espèce déterminée d'excitation sensorielle. La *faculté de conduction dans les deux directions*, faculté qui ne peut être mise en doute pour les *filets nerveux*, contredit cette hypothèse (1). Si les nerfs moteurs et les nerfs sensibles sont, tous les deux, aussi bien centripètes que centrifuges, et si, d'ailleurs, les phénomènes physiques, qui accompagnent, chez tous les deux, le processus de transmission de l'excitation, concordent, rien ne justifierait l'hypothèse d'une différence spécifique des fonctions ; et la variété du résultat de l'irritant est suffisamment expliquée par le mode différent de terminaison des filets nerveux, au centre et à la périphérie. Naturellement, cela ne veut pas dire, qu'une certaine adaptation des filets nerveux aux formes de l'exci-

1. Indépendamment de la propagation, dans les deux sens, de l'oscillation négative du courant nerveux (et ceci est uniquement une pure présomption, en faveur de la faculté de conduction dans les deux directions), il existe principalement *deux* faits, qui permettent de conclure au pouvoir de cette faculté. 1° D'après un phénomène signalé par Kühne, l'irritation d'un rameau nerveux moteur peut provoquer les secousses de ces parties musculaires, innervées par des filets, qui naissent de ce même nerf, mais beaucoup plus haut (*Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1859, p. 595). 2° D'après une observation de Paul Bert, si la pointe de la queue d'un rat a été insérée dans le dos de cet animal et si, la cicatrisation opérée, on fait la section de la base de cet appendice, la queue reste absolument sensible dans toute sa longueur (*Compt. rend.* t. 84, 1877, p. 173). Le premier de ces faits prouve, que le filet nerveux moteur est capable d'opérer la transmission dans le sens centripète, et le second, que le filet nerveux sensible exerce ce pouvoir dans le sens centrifuge. Philipeaux et Vulpian ont cherché à confirmer bien plus directement l'indifférence fonctionnelle des nerfs périphériques. Ils soudaient ensemble les extrémités coupées d'un nerf moteur et d'un nerf sensible (hypoglosse et lingual) ; et, par l'irritation de la partie nerveuse sensible, ils produisaient des contractions musculaires. Cependant, de nouvelles recherches de Vulpian ont mis en question la valeur démonstrative de cette expérience. Elles donnent lieu de croire, que ce phénomène est dû au mélange de filets moteurs de la corde du tympan. (*Compt. rend.* t. 76, 1873, p. 146.)

tation, auxquelles ils sont soumis par leurs liaisons normales, ne se produise point ; en effet, plusieurs observations semblent démontrer une adaptation de ce genre (1).

Bien plus convaincantes sont les raisons, qui dénient absolument aux *cellules ganglionnaires* une constance absolue de la fonction. Nous avons déjà vu dans le chapitre précédent, que les troubles, consécutifs à l'ablation de certains domaines de l'écorce cérébrale, disparaissent très-souvent, après un laps de temps plus ou moins long. Ce phénomène peut seulement être expliqué par la supposition suivante : d'autres éléments remplissent par suppléance la fonction des éléments supprimés. Ce qui implique, que les éléments suppléants sont exercés à de nouvelles fonctions. Les phénomènes, discutés auparavant et consécutifs à l'extirpation partielle des lobes cérébraux, montrent principalement, dans quelle étendue, la possibilité des suppléances de ce genre doit être admise. Puisqu'un chien, dont une grande partie des centres sensoriels et des foyers d'innervation motrice sont endommagés, récupère, après une guérison complète des lésions primitives, le mouvement volontaire et n'a aucune fonction sensorielle totalement lésée, une suppléance doit être évidemment supposée et dans une mesure si large, qu'il ne reste plus aucune fonction spécifique. Un élément, qui, lors des rapports normaux de conduction, effectue une sensation visuelle, devient, grâce à un changement de conditions, facteur d'une sensation tactile, d'une sensation musculaire ou de l'innervation motrice. Bien plus, on est presque obligé de supposer, que si le réseau central des filets nerveux a le pouvoir de transmettre des phénomènes de diverse nature à un seul et même élément, cet élément sera en état de réunir, dans son intérieur, une pluralité de fonctions différentes. Evidemment, une accommodation fonctionnelle, aussi étendue, des éléments ganglionnaires montre, combien est absolument insoutenable une énergie spécifique des filets nerveux centraux,

1. Signalons ici ce fait, bien des fois constaté, que les extrémités sectionnées des nerfs de même nature se soudent plus facilement entre elles, que celles des nerfs d'origine dissemblable (sensibles et moteurs). Egalement, si cette nouvelle opinion de Vulpian, qu'après la soudure d'une extrémité nerveuse sensible avec une autre extrémité motrice, l'irritation de la première n'engendre jamais de secousses, devait se confirmer, elle se rangerait dans la même catégorie. D'autres faits semblent indiquer des adaptations passagères. Ainsi, d'après les expériences de Philipeaux et Vulpian, l'hypoglosse étant sectionné, le lingual exerce graduellement des effets moteurs sur la langue. Ces effets proviennent des filets de la corde du tympan, contenus dans le lingual ; et ils persistent, tant que l'hypoglosse ne s'est pas régénéré. (*Compt. rend.* t. 56, 1863, p. 1009 ; t. 76, 1873, p. 146).

car l'on entendait par cette expression, qu'il s'agit plus, que d'une adaptation à la transmission de ces phénomènes d'excitation, qui sont favorisés par les unions existantes des parties élémentaires (1).

On a fait l'objection suivante. Une suppléance, exercée dans cette étendue, que laissent supposer les résultats des procédés d'extirpation, met même en question la base fondamentale tout entière de cette hypothèse, la localisation des fonctions cérébrales; et il semble, au contraire, plus simple de revenir à l'opinion de Flourens, d'après laquelle les hémisphères cérébraux sont uniformément capables, dans toutes leurs parties, de remplir les fonctions qui en émanent (2). Or, si l'on veut maintenir cette opinion de Flourens, sous une forme conséquente avec nos connaissances sur la structure du cerveau et avec les nombreuses expériences pathologiques sur la localisation de certaines fonctions (expériences, moins exposées aux interprétations incertaines de l'expérimentation physiologique), naturellement, on ne pourra pas présumer que, par exemple, dans la production simultanée d'une sensation de son, de lumière et d'un mouvement musculaire, la masse tout entière du cerveau soit atteinte par les trois formes d'excitation de son, de lumière et de mouvement; mais, on admettra sûrement, que chacun de ces phénomènes a pour théâtre des éléments particuliers. Même dans un organe sécréteur, le rein par exemple, chaque goutte d'urine ne provient pas simultanément de toutes ses parties. Cette analogie est d'ailleurs défectueuse, parce que, dans le cerveau, il faut supposer des processus fonctionnels très-hétérogènes. Si on ajoute, en se plaçant au point de vue exposé plus haut, que les fonctions doivent nécessairement occuper un espace distinct, la contestation de leur localisation peut signifier seulement, qu'on nie la constance absolue des fonctions. C'est ce que fait justement l'hypothèse des suppléances. Voici la différence de ces deux manières de voir. Les adversaires de la localisation inclinent à admettre une liaison, moins rigoureuse, de certaines fonctions à certaines parties de l'écorce cérébrale; et, de cette façon, la suppléance s'établit, à leur avis, dans une plus large étendue,

1. Ces arguments, en faveur de l'indifférence de la fonction, sont empruntés à la physiologie des organes centraux; ils n'ont pas été pris en considération par la plupart des critiques, qui l'ont combattue dernièrement. Au point de vue de la pure théorie de l'évolution, le développement graduel des différences spécifiques serait, selon la juste remarque d'Edmund Montgomery (*Mind*, janv. 1880), aussi bien possible, que l'indifférence persistante. Celle-ci, comme nous l'avons dit précédemment, n'est nullement absolue, et on peut l'imaginer constamment unie avec l'adaptation à des processus déterminés d'excitation.

2. Goltz, in *Archiv* de Pflüger, vol. XX, p. 35.

qu'elle ne se produit ordinairement. Sous ce dernier rapport, les hypothèses, limitant la suppléance à des éléments de l'autre moitié cérébrale, placés symétriquement (1), ou à des éléments directement voisins (2), ne suffisent pas, il faut l'avouer, aux exigences de l'observation. Lors de la compensation de certains troubles, par exemple de l'aphasie totale, la suppléance est exercée probablement par la moitié cérébrale opposée. Dans d'autres cas, lors de la compensation des troubles moteurs, occasionnés par l'ablation (3) de portions circonscrites, de l'écorce, il sera plus vraisemblable, que d'abord les excitations se propagent aux parties corticales voisines, qui désormais s'adaptent graduellement aux nouvelles influences. Cependant, les résultats, presque insignifiants, obtenus après de grandes pertes de substance chez les animaux, laissent presque douter, que, dans toutes les circonstances, surtout en présence d'un développement relativement incomplet des organes centraux, ce principe de la fonction vicariante trouve finalement sa propre limite aux points, où se termine le réseau des filets qui unit, de tous les côtés, les cellules de l'écorce du cerveau. L'indifférence fonctionnelle, que nous devons supposer pour les éléments nerveux, pourrait justement nous faire comprendre, que ces phénomènes de dégénérescence, persistant chez les animaux après une suppression très-ancienne de portions considérables des lobes cérébraux, ne consistent pas tant, à vrai dire, en un manque de certaines sensations sensorielles ou de mouvements, mais plutôt en une dépression générale des fonctions intellectuelles. Si nous réfléchissons que, dans la portion respectée du cerveau, les excitations, qui étaient auparavant séparées, seront liées d'une façon multiple aux mêmes éléments centraux, on s'explique en quelque sorte la production imparfaite des perceptions, la maladresse des animaux, pour exécuter des mouvements plus délicats et la suppression, presque entière, des réflexions intellectuelles, qui doivent avoir constamment à leur disposition de nombreuses représentations reproduites. Et pour rendre compte des phénomènes de ce genre, nous n'aurons pas besoin de recourir à cette idée aventureuse: dans chaque cellule ganglionnaire de l'écorce du cerveau réside une parcelle « d'intelligence », et celle-ci doit, par conséquent, diminuer proportionnellement à la perte de substance grise. D'ailleurs, la comparaison des expériences, pratiquées sur le cerveau de divers

1. Soltmann, *Jahrb. f. Kinderheilkunde*, nouvelle série, IX, p. 106.
2. Carville et Duret, *Archives de physiol.* 1875, p. 352.
3. Ou l'imperfection.

animaux et les observations pathologiques, faites chez l'homme, semblent démontrer, que l'étendue, dans laquelle les suppléances peuvent s'exercer, dépend à un haut degré de l'organisation spéciale du cerveau. Après la suppression de masses cérébrales considérables, les grenouilles et les oiseaux présentent aussitôt une inertie de toutes les fonctions, mais jamais une paralysie quelconque de la sensation ou du mouvement. Chez le chien, les symptômes spéciaux de dégénérescence, qui existaient au commencement, disparaissent au bout d'un long espace de temps. Chez l'homme, ces symptômes de dégénérescence (si la lésion atteint une étendue considérable) paraissent persister toujours, ou disparaître totalement, si la lésion a eu lieu dès les premières périodes de la vie (1). On n'aurait jamais remarqué, ce semble, chez l'adulte, qu'après une vaste destruction de la zone motrice, la paralysie ait cessé complètement. Par conséquent, la séparation fonctionnelle des parties est véritablement en raison de l'évolution progressive de la structure cérébrale; et, en même temps, la possibilité d'une suppléance est restreinte dans d'étroites limites. Même, pendant le développement individuel, ces rapports semblent se manifester. Si nous laissons de côté les expériences pathologiques, énumérées précédemment, d'après lesquelles les lésions, faites dès les premières années de la vie de l'homme, se compensent plus facilement, on pourrait interpréter dans ce sens l'observation de Soltmann, que l'extirpation des centres moteurs corticaux des chiens nouveau-nés n'entraîne aucun trouble moteur notable (2).

L'hypothèse d'une participation uniforme du cerveau à tous ses actes fonctionnels est dénuée de fondement. L'hypothèse opposée, la localisation rigoureuse des fonctions, n'est pas moins débile. Voici la teneur de celle-ci : à part les éléments, considérés comme facteurs de la sensation sensorielle simple et de l'excitation motrice, on doit admettre d'autres éléments pour les concepts logiques, d'autres pour les mouvements de l'âme, etc. Les idées de ce genre servent généralement de base aux descriptions schématiques, que la pathologie esquisse, pour

1. Consult. Ferrier, *Localisation des maladies cérébrales*. p. 86.

2. Soltmann, *Jahrb f. Kinderheilk*. nouv. sér. IX, p. 106. L'absence d'effet, constatée simultanément lors de l'irritation électrique de l'écorce cérébrale, semble se rattacher au contraire à la faible excitabilité des nerfs et des muscles, observée par le même auteur chez les animaux nouveau-nés (Hofmann et Schwalbe, *Jahresbericht der Physiologie*, 1877, p. 33). Aussi, il n'est pas nécessaire d'admettre avec Soltmann, que l'arrangement ou la disposition correspondante des territoires corticaux déterminés se forme, généralement, après la naissance de l'individu.

expliquer les troubles centraux du langage. Abstraction faite de la répartition de fonctions complexes dans des éléments simples, on renouvelle ici cette fausse conclusion, mentionnée précédemment, que les éléments, dont l'ablation supprime une fonction déterminée, doivent être justement les générateurs de cette fonction (1). Il en est de même de cette hypothèse, dûe à l'influence des mêmes opinions: dans les cellules d'une région centrale déterminée, sont fixées les idées d'une certaine catégorie ; dans les cellules de la sphère visuelle centrale, par exemple, toutes les représentations visuelles, dont dispose l'individu en question. Les idées seraient alors disposées par couches, dans les champs des cellules ; et la destruction de ces champs ferait disparaître ces idées de la mémoire, jusqu'à ce qu'elles soient incorporées dans de nouvelles cellules (2). Cependant, cette opinion a conduit à l'expérience originale, qui consiste à calculer, d'après le chiffres des cellules corticales, le nombre des idées à garder par la mémoire d'un individu. On pourrait aussi bien établir le chiffre des représentations visuelles, d'après le nombre des bâtonnets et cônes rétiniens. Nous avons déjà vu, que les phénomènes, consécutifs à l'extirpation de diverses parties de la sphère visuelle centrale, nécessitent une autre interprétation, si on ne veut pas être contredit par les faits découverts, relativement à la correspondance des centres sensoriels avec les surfaces sensorielles périphériques (3). De même, cette manière de voir, appliquée aux symptômes qui constituent le tableau de l'aphasie, amène aux hypothèses les plus aventureuses. Dans les formes de l'aphasie amnésique, on observe, que certains motifs psychologiques déterminent, dans la mémoire, la disparition des représentations de mots. Très-facilement, disparaît la provision des noms propres ; ensuite, les substantifs, employés plus fréquemment, se perdent ; mais, de la façon la plus ferme, adhèrent les parties plus abstraites du discours, et les interjections, qui servent à exprimer certains mouvements de l'âme (4). Donc, non seulement les représentations de mots seraient déposées par couches, dans le cerveau et d'après des catégories grammaticales ; mais il faudrait admettre, que, par une sorte de hasard étonnant, lors de la destruction partielle du centre

1. Voir plus haut, p. 177.
2. Consulter par exemple Meynert, in *Vierteljahrsschr. f. Psychiatrie*, de Leidesdorf et Meynert, 1867, p. 80. — Munk, in *Archiv f. Physiologie* 1878, p. 164.
3. V. plus haut, p. 177.
4. Kussmaul *loc. cit.* p. 163 et suiv.

sensoriel verbal, la couche des noms propres, ensuite celle des autres substantifs concrets, par conséquent le reste des cellules grammaticales complexes, et, en dernier lieu, très-probablement, les cellules d'interjection sont affectées par la maladie! Une supposition, entraînant des conséquences aussi absurdes, ne peut même être utilisée provisoirement, comme hypothèse. Il est remarquable, que le principe de l'énergie spécifique est logiquement mis à profit par cette opinion, qui renouvelle, sous une forme légèrement modifiée, les erreurs de la phrénologie. L'ancienne phrénologie avait commis la faute d'attribuer une faculté intellectuelle compliquée à un groupe quelconque de parties élémentaires. Sa jeune sœur a eu tort de penser, que les divers prétendus éléments de l'activité intellectuelle, et d'abord les représentations, sont incorporés dans les éléments morphologiques de l'organe central. Cette manière de voir est défectueuse, sous deux rapports. Premièrement, chacune de ces représentations, qu'on considère dans ce cas, comme des éléments psychiques, par exemple une représentation visuelle ou verbale, est, en vérité, un produit extrêmement complexe, ayant nécessité très-probablement la collaboration compliquée de nombreux éléments centraux. Deuxièmement, les représentations ne sont pas des substances, mais des *fonctions*. Si un élément rétinien donné peut participer à la production d'innombrables images visuelles, on doit faire la même supposition pour chaque cellule ganglionnaire. Et, ici, cette participation s'exercera à un degré supérieur, à cause de cette plus grande indifférence de la fonction des éléments centraux, que démontrent les phénomènes de suppléance.

Il résulte en même temps de ces derniers phénomènes, que nous ne sommes autorisé, qu'avec des restrictions considérables, à diviser l'écorce cérébrale en provinces, correspondant aux divers organes sensoriels et aux organes moteurs du corps. Si, les conditions de transmission étant modifiées, une nouvelle répartition de fonctions peut s'effectuer; probablement, même à l'état normal, il se présente des oscillations ou variations, qui dépendent du développement variable des individus. De plus, dans toutes les circonstances, il sera inadmissible de prétendre, que la forme particulière de notre sensation soit uniquement liée à la fonction de cellules centrales déterminées, et que la sensation d'une certaine couleur, par exemple, soit le phénomène psychologique, qui accompagne invariablement le processus physiologique, à l'intérieur d'un groupe déterminé de cellules. Avec cette supposition, il serait absolument impossible de comprendre

comment, si les conditions de transmission sont modifiées, la même sensation peut passer graduellement à un autre groupe cellulaire, qui ajoute peut-être encore cette fonction à celle lui appartenant déjà normalement. Nous devrions plutôt faire cette supposition : les phénomènes d'irritation, depuis le commencement périphérique du nerf sensoriel jusqu'à sa terminaison centrale dans le cerveau, contribuent à la production d'une sensation sensorielle simple ; et, par conséquent, le phénomène, dont la rétine est par exemple le théâtre, exerce une influence essentielle sur la qualité de la sensation lumineuse. L'observation suivante confirme effectivement cette donnée. Malgré le parfait développement de leur cerveau, les aveugles-nés ou les sourds de naissance ne perçoivent nullement les qualités de lumière, de couleur ou de son, bien que ces individus soient exposés à ces excitations centrales, qui, chez l'homme doué d'une vue et d'une ouïe normales, occasionnent des sensations sensorielles, sous forme d'images de souvenir et d'imagination. D'autre part, après la perte des organes sensoriels externes, les qualités de sensation, une fois acquises, peuvent assurément être longtemps conservées. Ce résultat ne contredit pas le principe d'indifférence de la fonction. Ce principe exige seulement, qu'à une forme fonctionnelle déterminée soit donnée une cause extérieure ; mais, il n'exclut pas, que la forme fonctionnelle, une fois exercée, persiste, malgré la suppression de sa cause extérieure. Nous devons supposer ici une adaptation des éléments centraux aux phénomène d'excitation, qui leur sont transmis ; il se développe donc, comme une sorte de signaux centraux pour les phénomènes périphériques. Comme pour la sensation sensorielle simple, de même pour la formation des représentations sensorielles complexes, on admettra naturellement la collaboration primitive des appareils sensoriels périphériques et des organes centraux inférieurs. Par exemple, lors d'une représentation visuelle d'espace, il faudra prendre en considération la composition ou nature de l'image rétinienne, l'acuité de la perception déterminée par l'arrangement des cônes ou bâtonnets, les colorations locales de la sensation, dépendant surtout probablement des conditions périphériques, les énergies motrices des muscles oculaires et de l'appareil d'accommodation, la transmission réflexe effectuée entre l'excitation rétinienne et le mouvement dans les tubercules quadrijumeaux. Enfin, des signaux centraux, de l'espèce déjà décrite, existeront pour tous ces phénomènes. Ils permettent la reproduction des représentations antérieures, et ne peuvent jamais déployer leur

activité, si ces conditions d'origine extérieure ne les ont pas précédés.

Naturellement, il ne peut plus être question, en présence d'une semblable analyse des fonctions intellectuelles, de lier l'intelligence, la volonté et d'autres activités intellectuelles compliquées à diverses parties cérébrales ou — ce qui revient essentiellement au même — (dans le sens de Flourens) à la masse totale des lobes cérébraux. Cependant, ces facultés intellectuelles sont des concepts, qui nous servent à désigner des groupes extrêmement complexes de fonctions élémentaires. D'ailleurs, ce ne sont, que les bases fondamentales sensorielles de ces activités, les processus nerveux d'excitation, dont la marche est parallèle aux sensations, qui soient accessibles à une analyse physiologique; et tout ce que fait le travail, proprement dit, de l'intelligence ne peut être absolument, qu'un objet d'investigation psychologique. De même, dénommer l'écorce du cerveau « l'organe de la conscience » c'est une appellation qui comporte d'importantes restrictions (1). Si, par cette expression, l'on veut indiquer ce fait, que l'ablation des lobes cérébraux supprime toutes les manifestations biologiques, que chez l'homme nous rapportons ordinairement à la conscience, il n'y a rien à objecter, malgré l'absence actuelle de solution de la question suivante : jusqu'à quel point, les parties centrales inférieures jouissent-elles d'un degré imparfait de conscience (2)? Mais, si le mot organe est pris, ici, dans le sens physiologique ordinaire, comme l'instrument qui produit la conscience, cette désignation est sans doute inexacte. Tous les organes, aux fonctions desquels est lié le développement de nos représentations, par conséquent, indépendamment de toutes les parties centrales, spécialement les instruments sensoriels et moteurs périphériques, contribuent à la naissance de la conscience (3). D'après son origine, la conscience n'est

1. Consulter C. Wernicke. *Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie*, XXXV, 4e cahier, p. 420, et les remarques critiques, faites à ce sujet par J. L. A. Koch, même recueil, 6e cahier.

2. Relativement à cette question et à l'étude psychologique de la conscience, en général, voir la quatrième section de cet ouvrage.

3. S. Stricker a même indiqué cette participation d'autres organes au développement de la conscience (*Studien über das Bewusstsein*. Vienne 1879, p. 8 et suiv.). Parce que les cellules ganglionnaires ne peuvent être des « formations isolées, au point de vue psychique », Stricker réclame pour les filets nerveux une participation à la « fonction psychique ». Il faut remarquer au contraire, que des unions ou connexions physiologiques sont incapables d'expliquer, comment les phénomènes, qui se passent dans des tissus diversement situés, sont réunis dans *une* conscience. La distance ou l'éloignement est un concept relatif : deux atomes voisins sont aussi bien en dehors l'un de l'autre, que deux cellules ganglionnaires, séparées par un intervalle quelconque. Pour expliquer de cette ma-

pas tant la manifestation biologique d'un organe particulier, que de l'organisme tout entier. Cependant, la haute valeur, dont jouit l'écorce cérébrale, son influence éminente sur la conscience, se révèlent surtout, en ce que l'écorce a le pouvoir de renouveler certains états de conscience, indépendamment des auxiliaires extérieurs qui déployaient leur activité, lors de l'apparition primitive de l'écorce. Si la conscience adulte ou développée, que nous connaissons uniquement d'après notre observation interne, est absolument liée à la reproduction et à la combinaison des représentations, on a certainement le droit de désigner le cerveau et surtout son écorce, comme l'organe, dont la fonction est la plus indispensable pour la conscience. Or, ne l'oublions jamais, la conscience, comme telle, n'est point une fonction ; mais nous appelons *conscients*, uniquement certains états, que nous percevons en nous, et en tant que nous les percevons intérieurement. D'après cela, nous disons de ces états, dans un sens métaphorique, qu'ils sont « dans la conscience ». Evidemment, par cette façon de parler, nous ne devons pas nous laisser séduire à regarder la conscience, comme quelque chose qui existerait indépendamment des états, dont nous avons conscience, et qui, à part les phénomènes physiologiques, ces compagnons de nos sensations et d'autres états internes, aurait encore besoin d'un substratum physique spécial. En ce sens, nous ne pouvons pas plus parler d'un « siège de la conscience », que d'un « siège de l'intelligence ». Toutefois, la physiologie du cerveau présente une série d'expériences, qui semblent indiquer, non pour la conscience elle-même, mais pour certains phénomènes liés à ses formes les plus élevées de développement, l'existence d'un substratum physiologique, situé dans une partie seulement de l'écorce cérébrale.

Une vaste région du cerveau humain semble, sous le rapport des symptômes de sensation et de mouvement, absolument indifférente aux lésions. C'est tout le segment du lobe frontal, situé en avant de la limite antérieure de la zone motrice (fig. 62, p. 163). Les observa-

nière l'union des représentations de la conscience, cette dernière devrait donc être concentrée dans *un* atome, auquel afflueraient de tous côtés les excitations nerveuses ; en d'autres termes, il faudrait revenir à l'influxus physicus de Descartes avec l'âme, qui lui correspond, sous forme d'un point. Naturellement, Stricker est bien loin d'être de cet avis. Sa proposition est acceptable, en la modifiant ainsi : les cellules ganglionnaires ne peuvent être des tissus isolés, *au point de vue physiologique*. Malgré cette interprétation, elle ne résout nullement cette question : les phénomènes psychiques élémentaires, par exemple les sensations simples, sont-elles purement liées aux processus ganglionnaires ou aux excitations nerveuses ?

tions pathologiques attestent, que les lésions de cette région qui, parfois, accompagnent la perte de masses considérables de substance cérébrale, ont évolué, sans présenter les troubles particuliers aux organes sensoriels et moteurs (1). Et pourtant, dans plusieurs cas de ce genre, les données de l'observation démontrent très-nettement, que des troubles permanents des facultés et propriétés intellectuelles ont pu se produire. D'après une observation célèbre, une barre de fer, pointue, d'un pouce et demi de diamètre, avait pénétré, par suite de l'explosion d'un pétard de mine, dans la partie basse de l'angle du maxillaire inférieur gauche d'un ouvrier américain, et était sortie par en haut, en perforant de nouveau le crâne, près de l'extrémité antérieure de la suture sagittale. Le malade vécut douze ans et demi, sans présenter aucun trouble du mouvement volontaire et de la sensation ; mais son caractère et ses facultés étaient complètement modifiés. Selon le rapport de son médecin, « le blessé était un enfant, quant à ses manifestations intellectuelles, et avait les passions animales d'un homme » (2). Dans d'autres cas, on a noté, comme symptômes caractéristiques, soit l'affaiblissement de la mémoire, soit l'incapacité de fixer l'attention, soit l'absence totale de la volonté (3). Ces faits concordent avec l'observation ; car, les régressions pathologiques du cerveau, qui accompagnent l'abaissement de l'intelligence et de la volonté dans l'idiotisme paralytique, atteignent spécialement les lobes frontaux (4). Ceci ne s'applique pas, cependant, aux formes aigües du trouble intellectuel, dont les bases fondamentales physiologiques continuent à se soustraire, presque entièrement, à nos méthodes d'examen, relativement peu perfectionnées (5). Seulement, l'hypérémie de l'écorce cérébrale tout entière (plus fréquente que d'autres altérations) montre, que très-souvent toutes les fonctions élémentaires peuvent contribuer, dans une certaine mesure, au trouble intellectuel. En faveur d'une relation plus intime des régions de la surface cérébrale, situées en avant de la zone motrice, avec les activités intellectuelles, on peut encore invoquer la remarque suivante. Généralement, dans la série animale, le développement intellectuel marche

1. Consulter les faits recueillis par Charcot et Pitres, *Revue mensuelle*, novembre 1877 ; Ferrier, *Localisation des maladies cérébrales*, p. 29; et de Boyer, *Etudes cliniques*, p. 40 et 54.
2. Voir les citations de Ferrier, *loc. cit.* p. 33 et suiv.
3. Voir de Boyer, p. 43, observation IV ; p. 55 observ. XXVII.
4. Meynert, in *Vierteljahrsschrift f. Psychiatrie*, 1877, p. 166.
5. Consulter les remarques de Griesinger, *Lehrbuch der psych. Krank.* 2e édit. p. 417.

de pair avec l'évolution du cerveau antérieur ; et, chez l'homme spécialement, le plissement du cerveau antérieur paraît être un indice de forces intellectuelles éminentes (1).

Conclure de ces faits, que les fonctions intellectuelles ont leur siège dans la région frontale du cerveau, serait aussi défectueux, que de placer dans la zone motrice la volonté ou, dans la troisième circonvolution frontale, la fonction du langage. Toutes ces observations prouvent seulement, que des éléments sont contenus dans la région frontale du cerveau, et constituent les intermédiaires indispensables des phénomènes physiologiques, associés aux fonctions intellectuelles. Or, nos conjectures sur la nature fonctionnelle de ces éléments auront toujours, pour unique objet, les phénomènes relativement élémentaires, dont ils sont le théâtre ; et elles devront prendre, pour point de départ, les unions de ces éléments avec d'autres éléments centraux. Sous ce dernier rapport, on pourrait ici faire ressortir, d'une part, le voisinage direct de la zone motrice et de la région qui participe à la formation du langage, et, d'autre part, l'union, probable, effectuée avec l'écorce du cervelet par les filets des pédoncules supérieurs cérébelleux, dirigés spécialement vers les parties cérébrales antérieures. Déjà, lors de la discussion des fonctions du cervelet, nous avons mentionné les troubles intellectuels, consécutifs aux lésions des parties latérales de cet organe, chez l'homme ; et, par suite de l'accord ou correspondance de ces troubles avec les autres fonctions du cervelet, nous avons essayé d'attribuer ces perturbations à l'interruption des influences, que les impressions sensorielles exercent sur l'activité de l'aperception (voir p. 228). Ceci indique, que nous pourrions considérer les régions frontales du cerveau, comme les facteurs de ces phénomènes physiologiques, qui accompagnent l'*aperception*

1. En comparant le cerveau de Gauss à celui d'un manouvrier d'intelligence moyenne, quant au développement relatif de la surface des divers lobes cérébraux, H. Wagner a trouvé les chiffres suivants, qui expriment la surface de chaque lobe cérébral, par rapport à la surface totale désignée par 100.

	Lobe frontal,	pariétal,	occipital,	temporal.
Cerveau de Gauss	40,8	20,7	17,4	20,0
Cerveau d'un manouvrier	38,3	21,4	17,3	21,2

D'ailleurs, ces mensurations sont trop peu nombreuses, pour comporter des conclusions certaines. Il faut prendre encore en considération les différences sexuelles. Sur le cerveau de la femme, dont toutes les parties ont un volume et une surface moindres, le lobe occipital semble offrir, particulièrement, un plus faible développement. H. Wagner a donc trouvé pour un cerveau de femme des chiffres proportionnels, analogues à ceux du cerveau de Gauss. (H. Wagner, *loc. cit.* p. 36.)

des représentations sensorielles. Nous ferions alors cette supposition : les impressions sensorielles arrivent purement à la *perception*, tant

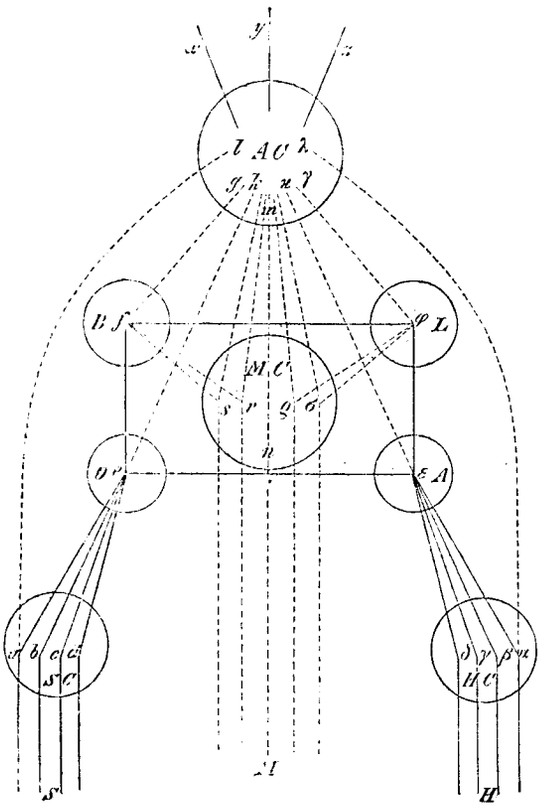


FIG. 65. Schéma des unions de l'organe d'aperception. *SC* Centre visuel ; *HC* centre auditif. *S* Filets centraux du nerf optique. *H* Filets centraux du nerf auditif. *AS* Centre sensoriel du langage ; *L* son centre moteur. *O* Centre sensoriel de l'écriture ; *B* son centre moteur. *MC* Centre moteur. *M* Filets centraux moteurs. *AC* Centre d'aperception ; *xyz* voies centripètes conduisant à ce centre ; *la*, *gf* etc., ses unions centrifuges.

que les excitations centrales restent limitées aux centres sensoriels, proprement dits ; mais leur appréhension par l'attention ou l'*aperception* est constamment liée à une excitation simultanée des éléments de la région frontale (1). En effet, nous verrons plus tard d'autres phéno-

1. Pour la nature psychologique de la perception et de l'aperception, voir la quatrième section.

mènes, qui nous obligent d'admettre, que chaque acte d'aperception est accompagné d'un processus physiologique déterminé. Signalons d'abord la sensation d'effort, qui accompagne surtout les aperceptions plus intenses, au sujet desquelles, nous parlons spécialement d'une activité de l'attention. Avec cette sensation, probablement centrale, de l'attention, se combinent souvent des tensions musculaires, qui doivent être attribuées à une excitation motrice simultanée (1). Si en outre, l'attention, qui se comporte de la façon la plus claire à l'égard des images de souvenir, est capable de renforcer l'intensité des sensations, vers lesquelles elle se dirige, l'hypothèse suivante nous rendra compte du phénomène physiologique, qui accompagne l'aperception. Supposons l'organe de l'aperception (*A C* fig. 65) uni à un double système de voies conductrices : l'un *centripète* (*x y z*), qui lui transmet, par des chemins détournés, les excitations sensorielles de tous les organes du corps ; et l'autre *centrifuge* (*l a*, *g f*, etc.), qui amène aux centres sensoriels et aux centres moteurs les impulsions provenant de *A C*. Selon que les impulsions de ce genre sont transmises aux centres sensoriels ou musculaires, il en résulte l'aperception des sensations ou l'exécution des mouvements volontaires. Très-souvent, ces deux actes ont lieu simultanément : nous apercevons une représentation et nous accomplissons, en même temps, une action extérieure qui lui correspond. Même, quand cette action extérieure cesse, très-facilement certains groupes musculaires sont faiblement excités par sympathie, et alors apparaissent ces tensions musculaires, qui accompagnent l'aperception plus intense. D'après cette hypothèse, le cervelet serait un organe intermédiaire, où se rassemble d'abord la voie sensorielle ramifiée (*x y z*), qui va à l'organe de l'aperception, en suivant une direction centripète. Naturellement, on a émis à ce sujet des présomp-

1. A cause des excitations motrices concomitantes, Ferrier considère l'attention, comme une activité émanant d'un centre moteur déterminé. Selon cet auteur, ce centre réside dans le domaine de la zone motrice, qui est situé le plus en avant, dans le cerveau du chien et du singe. En irritant ce centre, il a observé les mouvements des yeux, des oreilles et de la tête, qui caractérisent l'expression mimique de l'attention. (Ferrier, *Die Functionen des Gehirns*, p. 255 et 320.) Quand l'attention est tendue, des coexcitations motrices apparaissent très-fréquemment. Cependant, la base fondamentale physiologique du phénomène d'aperception devrait, d'après la nature psychologique de ce dernier, être d'abord cherchée dans un processus d'excitation, aboutissant aux centres sensoriels. Cette coexcitation motrice, qui provoque de la part des organes sensoriels des mouvements convenablement adaptés à un but, serait donc uniquement, selon ma conviction, un phénomène associé à l'aperception. Ce phénomène peut faire défaut ; et, à la vérité, il est absent, la plupart du temps, de ces aperceptions, que, dans la vie ordinaire, on ne fait pas encore rentrer dans le concept de l'attention.

tions très-incertaines sur le rôle, que peut avoir l'intercalation d'un organe doué d'une structure si complexe. Mais il est toujours évident, que la manière, dont l'aperception des représentations se dirige d'après les excitations sensorielles, qui agissent à chaque instant, s'écarte le plus possible du schéma d'un simple mécanisme réflexe. Car, quoiqu'on reconnaisse, toujours ici, une certaine analogie avec l'excitation réflexe, il s'agit cependant de réflexes de l'espèce la plus compliquée. Si donc, dans le réflexe simple, nous trouvons le mouvement occasionné d'une manière nécessaire et unique par une excitation sensorielle, nous parlons, lors de l'aperception et du mouvement volontaire, seulement d'une influence *régulatrice* des excitations sensorielles qui ont lieu ; ceci signifie justement, que les phénomènes intermédiaires, qui exercent l'influence décisive sur le résultat final, nous échappent. La configuration compliquée de cet organe intermédiaire s'expliquerait particulièrement, si des excitations, déjà anciennes, devaient y être mises en jeu par les excitations sensorielles directes. On trouverait alors, que cet organe est une base fondamentale physiologique importante, pour les associations des représentations.

Les voies conductrices émanant de l'organe d'aperception sont, dans chacune des deux directions principales admises par nous, — de la sensorielle centrifuge et de la motrice centrifuge — liées aussi bien directement avec les centres sensoriels (*SC*, *HC*) et les centres moteurs (*MC*), qu'unies indirectement par des centres intermédiaires, qui représentent, pour certaines fonctions complexes, des points nodaux de transmission. Par exemple, à l'intérieur de la voie sensorielle centrifuge, nous attribuons ce rôle au centre optique verbal et au centre acoustique verbal (*O* et *A*) ; et, à l'intérieur de la voie motrice, au centre de l'écriture et de l'articulation verbale (*B* et *L*). En cela, nous considérons cependant les derniers centres, non comme les producteurs autonomes des fonctions qui leur sont ordinairement assignées, mais, d'après la signification déjà indiquée précédemment, comme des anneaux intermédiaires, nécessaires au mécanisme des aperceptions du langage. On pourra se figurer leur rôle physiologique, si on réfléchit que, dès la naissance, dans le centre sensoriel proprement dit *SC* et *HC* d'une représentation appartenant au domaine du langage, des phénomènes correspondants sont mis en jeu dans les centres sensoriels intermédiaires *O* et *H* ; d'où alors, l'excitation aperceptrice se tourne simultanément vers ceux-ci et vers les excitations produites dans les centres *SC* et *HC*. On attribuerait le rôle de signaux aux phénomènes

produits en *O* et *A*. Ces signaux se forment de la manière suivante. Pour les représentations du langage, il se développe, à part la conduction sensorielle ordinaire et qui va à l'organe d'aperception, des conductions particulières avec les centres intermédiaires ; et, dans ces derniers, les images des sons articulés et celles des mots écrits, liées par l'habitude, sont réunies en signaux distincts. Naturellement, ces signaux doivent être de nouveau considérés, non comme des traces ou des vestiges, adhérant invariablement à certaines cellules, mais comme des processus aussi éphémères, que les processus d'irritation dans les organes sensoriels périphériques ; et ces processus, à l'exemple de tous les phénomènes, qui ont lieu dans la substance nerveuse, laissent après eux une tendance à se répéter. Les centres moteurs intermédiaires *B* et *L* auraient une fonction analogue. Seulement, les processus, dont ils sont le siège, n'ont pas l'importance des signaux. Ils transmettent et répartissent les forces excitatrices ; car, chez eux, conformément aux signaux engendrés en *B* et *A*, un acte distinct d'aperception et un acte distinct de volonté (par les voies *gf*, γε) ou même un effet direct des signaux de l'écriture et des signaux de mots (par les voies *ef*, εε) mettent en jeu, sans intervention de la volonté, les excitations motrices correspondantes. Celles-ci sont alors transmises aux centres moteurs généraux *MC* ; et, de là, passent à l'autre conduction nerveuse, qui va aux muscles,

Donc, — il est à peine besoin de le faire remarquer spécialement — d'après cette hypothèse, le phénomène physiologique accompagnant l'aperception n'est, selon notre opinion, nullement concentré dans une région déterminée du cerveau. Mais, les éléments de « l'organe d'aperception » doivent être considérés, dans un sens analogue à ce qui a lieu pour les centres du langage, purement comme des anneaux intermédiaires indispensables. Le phénomène physiologique lui-même se compose de la somme de toutes les excitations transmises à l'organe d'aperception et des excitations émanant de cet organe. Voici quel est véritablement le rôle dominant de cette partie du cerveau. Son extirpation supprime tous ces processus ; tandis que l'ablation de quelque autre centre coopérateur empêche seulement une partie des aperceptions de se produire. L'extirpation du centre sensoriel du langage, par exemple, supprime l'aperception des mots ; tandis que l'aperception des images visuelles et même des impressions sonores simples est capable encore de s'effectuer.

Le schéma hypothétique de la fig. 65 a pour but de représenter les idées émises ici et d'en faire l'application aux unions de l'organe d'aperception avec les centres, qui déploient leur activité à l'occasion du langage. Les voies à conduction centripète, comme les voies d'union existant entre les centres également ordonnés, sont marquées dans ce dessin par des lignes pleines, et les voies à conduction centrifuge, par des lignes ponctuées. Mais il faut observer, qu'entre les centres sensoriels et les centres intermédiaires, qui leur correspondent, comme entre les centres *OA* et *BL* également ordonnés, la transmission peut se faire dans les *deux* directions. Admettons, qu'une série d'impressions, transmises dans le nerf optique *S*, agisse sur le centre visuel *SC* : les cas principaux suivants sont posssibles. 1° Les impressions ne sont plus transmises : alors, les sensations restent à l'état de pure perception ou de perception indistincte. — 2° Une excitation aperceptive va, par la voie *l a*, à la rencontre d'une impression isolée *a*, que favorisent les excitations affluant par les voies *xyz* à l'organe d'aperception : la perception de *bcd* et l'aperception de *a* se produisent. — 3° L'impression totale composée *ad* est relevée par l'excitation aperceptrice, émanée de *AC* : aperception de la représentation composée *ad*. — 4° Outre l'aperception directe de l'impression composée *ad*, il s'opère une conduction au-dessus de *O* vers le centre *A*, où un signal, mis en jeu, engendre, par la voie $\varepsilon\varkappa\delta$, dans le centre auditif *HC*, la représentation verbale $\varkappa\delta$ qui désigne l'image visuelle *ad*. Simultanément, par les voies $\varkappa\varepsilon$ et $\lambda\varkappa$, le signal et le mot articulé peuvent être aperçus. — 5° Avec les phénomènes, étudiés dans le numéro précédent s'unissent : (*a*) une transmission du signal verbal de *A*, au-dessus de *L*, vers *MC* (par $\varepsilon\varphi$ et $\varphi\sigma\tau$) : expression involontaire du mot, qui désigne une représentation aperçue ; (*b*) une transmission de *AC*, au-dessus de *L*, vers *MC* (par $\gamma\varphi$ et $\varphi\sigma\tau$) : expression intentionnelle du mot en question ; (*c*) une transmission de *HC*, au-dessus de *A*, vers *O*, et de là, de nouveau, vers *SC*, à quelques autres éléments *a' d'* (non décrits dans la fig. 65) : association involontaire de la représentation verbale avec l'image écrite. — 6° Si l'impression primitive *ad* est l'image écrite d'un mot, voici ce qui peut avoir lieu : (*a*) également, l'aperception directe (par la voie *la*) : aperception d'une image verbale incomprise ; (*b*) la transmission de *SC* vers *O*, et l'aperception par les voies *la* et *ke* : aperception d'un mot à signification connue ; (*c*) la transmission de *SC* vers *O* et celle de *O*, au-dessus de *A*, vers *HC*, outre l'aperception qua druple par les voies *la*, *ke*, $\varkappa\varepsilon$ et $\lambda\varkappa$: aperception d'une image verbale optique et de son image acoustique correspondante (phénomène qui se présente habituellement, lorsqu'on lit), etc., etc. Nous omettons l'énumération de tous les autres cas, susceptibles d'être réalisés par ce schéma. Cependant, il faut remarquer, que chacune des combinaisons de conduction, qui sont possibles d'après ce schéma, peut avoir lieu même dans l'expérience psychologique. Si, par exemple, la conduction de *SC* au-dessus de *O* et *A* vers *HC* et la simple perception se font par la voie $\lambda\varkappa$, c'est le cas qui se présente, lorsqu'on lit sans réflexion : nous apercevons directement les mots correspondant

aux images écrites ou nous les apercevons simplement, comme représentations des mots articulés. On peut même se figurer facilement les divers phénomènes, que révèle le tableau symptomatique de l'aphasie. La destruction du centre *L* ou des conductions, établissant les unions de ce centre, provoqueront l'aphasie ataxique ordinaire, dont la composition intime se règle de nouveau sur la localisation spéciale de la perturbation. L'union $\gamma\rho\sigma$ étant interrompue, la production ou émission des mots sera généralement impossible. Si la conduction $\gamma\rho$ fait défaut, la formation volontaire des mots est supprimée ; mais, involontairement ou par la répétition mécanique, des mots peuvent encore être produits : signalons par exemple ces cas où, lors de l'aphasie complète, les interjections restent conservées. Si la conduction *AL* est interrompue, au contraire le mécanisme involontaire du langage sera supprimé ; mais, grâce aux efforts de la volonté, des mots se formeront encore. De même (sans avoir besoin de faire d'autres citations), les formes correspondantes de l'agraphie ataxique dérivent des interruptions diverses, qui se manifestent dans les unions du centre *B*. Si les fonctions des centres *A* et *O* sont troublées, au contraire les diverses formes de perturbations sensorielles du langage, comme de l'aphasie *amnésique* et de l'agraphie, apparaissent. *A* est le siège de la surdité verbale, et *O*, de la cécité verbale. L'union entre *HC* et *A*, entre *SC* et *O* étant interrompue, dans le premier cas les mots entendus et, dans le second, les mots écrits peuvent ne plus être compris. Si l'union est persiste, il y aura peut-être encore une transformation des mots écrits en mots articulés ou de ceux-ci en images écrites. Si, par exemple, dans les cas de ce genre, le centre *A* ou la conduction *HCA* sont atteints, le malade ne comprendra plus les mots exprimés devant lui ou les saisira avec peine (quand l'interruption des centres est incomplète), tandis qu'il sera en état de lire, sans difficulté, à haute voix (1). Si la fonction des centres *A* et *O* est purement arrêtée, ou si quelques unes de leurs conductions sont simplement contrariées, alors se montrent ces phénomènes de faiblesse de la mémoire, pour les images des mots et de l'écriture ou pour certaines catégories de mots. Dans ce cas, il faut prendre essentiellement en considération la faiblesse de l'excitation physiologique, qui accompagne les images de souvenir. C'est pourquoi, cette excitation, dans un domaine déterminé, dont la fonction est arrêtée, pourra se trouver constamment au-dessous du seuil de l'excitation (2), tandis qu'une conduction pour les excitations sensorielles externes sera encore possible. Si nous imaginons, par exemple, une situation analogue dans le territoire fonctionnel du centre *A*, les mots entendus seront perçus et compris, et même après avoir été entendus, ils peuvent être directement reproduits ; au contraire, un renouvellement d'images de souvenir des mots, qui étaient là en dépôt, est impossible.

1. Voir un cas analogue dans Kussmaul, *Störungen der Sprache*, p. 172.
2. Pour la signification de cette expression de « seuil de l'irritation ou de l'excitation », voir page 354.

Les cas de ce genre sont justement ceux, auxquels s'appliquent les lois générales de l'exercice. Les éléments, peu communs ou plus rares, du trésor des mots disparaissent très-facilement ; et certaines images de mots, imprimées depuis longtemps dans la mémoire, ont une fixité, une adhérence très-ferme. L'observation pathologique enregistre même des cas d'incorporation renouvelée des mots, après la disparition presque complète du souvenir du langage. L'oubli de certaines classes de mots s'explique du même point de vue. Abstraction faite de cette adhérence des interjections, que nous avons expliquée précédemment par la physiologie, nous pouvons ranger les phénomènes, dont il s'agit ici, sous la règle suivante : *Les mots, qui, dans la conscience, sont constamment liés à des représentations sensorielles concrètes, disparaissent le plus facilement de la mémoire.* C'est pourquoi, les noms propres sont le plus souvent oubliés ; car, notre mémoire possède de leurs facteurs une image nette, derrière laquelle le mot, accompagnant le nom propre, se retire aisément dans la profondeur ou arrière-fond de la conscience. Après les noms propres viennent les concepts concrets des objets, puisque ordinairement nous nous représentons les objets chaise, table, maison, etc., par des images visuelles nettes. Au contraire, les mots des concepts plus abstraits, vertu, justice, etc., adhèrent avec plus de ténacité dans notre mémoire, parce qu'ici le mot désignatif, éventuellement accompagné de l'image écrite correspondante, doit uniquement représenter le concept dans la conscience. On explique de même l'adhérence plus fixe des verbes et des particules. Le verbe, en tant qu'il désigne le plus souvent une activité, qui peut émaner de divers sujets et se manifester dans des conditions différentes, a un caractère plus général, que le substantif. En ce sens, couper est plus abstrait que couteau, éclairer que lumière, aller que chemin. Et ces cas étranges, où le malade est habitué à désigner verbalement tous les substantifs par une périphrase ; le couteau ce qui sert à couper, la fenêtre ce par où l'on regarde (1), rentrent ainsi dans la même loi générale. Celle-ci n'est, évidemment, qu'un cas spécial de la loi psychologique suivante. A un moment donné, l'activité de l'aperception se tourne, ordinairement et de préférence, vers *une* représentation et perçoit celle-ci avec d'autant plus d'intensité, que simultanément elle est moins détournée vers d'autres représentations (2). Par conséquent, les excitations physiologiques concomitantes se comportent de même. Pour se représenter un homme, que l'on connaît, l'excitation aperceptrice suivra de préférence la voie *l a* (fig. 65) ; et les excitations par les voies κ ε et λ α (le son de son nom) n'accompagneront, que faiblement cette aperception prédominante ; au contraire, ces dernières excitations existeront spécialement, lorsqu'il s'agira de se représenter un concept abstrait. De là dépend nécessairement cet exercice des centres, auquel est liée la reproduc-

1. Kussmaul, *loc. cit.* p. 153.
2. Consulter la quatrième section.

tion. Si donc, dans le domaine des centres du langage, une perturbation se produit et arrête complètement toutes les excitations faibles, il peut arriver, que tous ces signaux, auxquels le centre *A* est moins exercé, restent au-dessous du seuil ; mais les signaux, mieux exercés, seront encore aperçus et, par conséquent, se développeront ensemble avec les excitations sensorielles correspondantes en *H C*, pour constituer de nettes représentations de mots.

7. — Lois générales des fonctions centrales.

Si nous cherchons enfin à formuler les principes directeurs, auxquels nous a amené l'analyse précédente des fonctions centrales, on voit, qu'ils se résument dans les cinq propositions générales suivantes :

1° *Le principe de la connexion des parties élémentaires.* Chaque élément nerveux est relié à d'autres éléments nerveux, et cette union le rend apte à exercer des fonctions physiologiques.

2° *Le principe de l'indifférence de la fonction.* Nul élément n'accomplit des actes spécifiques, mais la forme de sa fonction dépend des unions et relations de cet élément.

3° *Le principe de la fonction vicariante.* Dès qu'ils se trouvent dans des combinaisons ou unions appropriées, des éléments peuvent suppléer ceux, dont la fonction est arrêtée ou supprimée.

4° *Le principe de la fonction localisée.* Grâce à des conditions données de conduction, chaque fonction occupe un lieu déterminé dans l'organe central, d'où elle émane, c'est-à-dire dans l'organe, dont les éléments présentent des connexions convenables, pour l'exercice de la fonction.

5° *Le principe de l'exercice.* Chaque élément est d'autant plus apte à une fonction déterminée, que plus souvent les conditions extérieures l'ont obligé à exercer cette fonction.

La troisième de ces propositions se rattache directement à la deuxième; en effet, la suppléance n'est possible, que grâce à l'indifférence de la fonction. La quatrième est limitée par la troisième ; car, dès que se produisent des suppléances, une fonction ne reste plus attachée au même lieu. Cette restriction est indiquée, parce qu'une localisation déterminée ne peut être supposée, que *dans certaines conditions données de conduction.* A la vérité, avec les suppléances, il se manifeste toujours des influences, qui modifient les conditions de la con-

duction. Enfin, le cinquième principe concerne la localisation des fonctions, comme tous les cas de suppléance ; et il explique particulièrement ce fait, que toujours la suppléance s'accomplit graduellement.

Ces divers principes sont applicables, dans la plus large étendue, aux hémisphères cérébraux, puisque les connexions ou unions les plus variées et, par conséquent, les suppléances se manifestent dans ces tissus. Cependant, pris dans leur expression générale, ces principes ont la même valeur pour tous les organes centraux ; car, ils sont spécialement démontrés par de nombreux phénomènes, que nous ont déjà révélés l'étude des lois de conduction et celle des fonctions de la moëlle épinière.

Les opinions, émises sur la fonction physiologique des parties centrales avaient eu primitivement, pour point de départ, l'analyse anatomique. On s'était efforcé de trouver le rôle, que pouvaient avoir les diverses portions du cerveau et, comme l'observation était muette à cet égard, on eut recours à la fantaisie. Les facultés particulières de l'âme, la perception, la mémoire, l'imagination, etc., furent localisées arbitrairement ; aussi, chaque auteur leur assigna-t-il une place à sa manière (1). C'est principalement Haller, qui a le mérite d'avoir frayé la voie à une conception, conforme à la nature et se rattachant à l'observation physiologique. Cette réforme a des liens de parenté très-étroits avec sa théorie de l'irritabilité. L'importance essentielle de cette dernière théorie consistait à attribuer les facultés de sensation et de mouvement à des tissus hétérogènes : la sensation aux nerfs, le mouvement aux muscles et à d'autres éléments contractiles (2). Selon Haller, la source de toutes ces facultés était le cerveau. Celui-ci serait en rapport avec l'âme et les fonctions psychiques, car il est le *sensorium commune*, le lieu, où toutes les activités sensorielles sont exercées et d'où proviennent tous les mouvements musculaires. Ce sensorium s'étendait à toute la masse médullaire du cerveau et du cervelet (3). Quoique, sans aucun doute, chaque nerf reçoive d'une partie cérébrale déterminée ses propriétés physiologiques ; quoique, par conséquent, d'après les attestations de l'observation pathologique, la vision, l'audition, la déglutition etc., aient quelque part leur siège dans le cerveau, néanmoins, les rapports d'origine des nerfs amènent Haller à admettre, que ce siège n'est pas localement délimité : il occuperait généralement une grande partie du cerveau (4). Pour Haller, le rôle des

1. Voir, in *Elementa physiologiæ* de Haller, Lausanne 1762, t. IV, p. 397, l'énumération de ces localisations.
2. Voir la critique historique de la théorie de l'irritabilité, in *Lehre von der Muskelbewegung*, de Wundt ; Brunswick 1858, p. 155.
3. *Element. physiolog.* IV, p. 395.
4. *Ibid.* p. 397.

filets commissuraux serait de permettre aux parties saines, d'effectuer la suppléance fonctionnelle des parties devenues malades; et, d'après le même auteur, l'inexcitabilité de la moëlle du cerveau provient, de ce que les filets nerveux perdent leur sensibilité, à mesure que dans la moëlle du cerveau ils se divisent en plusieurs rameaux (1).

Ce point de vue, où Haller s'était ainsi placé, ne fut pas stérile pour la physiologie. Mais les tentatives, ayant pour but de déterminer la localisation physiologique des facultés intellectuelles, revenaient continuellement à l'ordre du jour ; et, comme précédemment, les anatomistes furent généralement les promoteurs de ces investigations. Grâce à Gall, qui s'est acquis un mérite incontestable par ses recherches sur la structure cérébrale (2), cette théorie devint un véritable système et exerça une influence durable. La phrénologie (3), fondée par Gall, repose sur l'idée suivante : le cerveau se compose d'organes internes, qui sont analogues aux organes sensoriels externes. Comme ceux-ci effectuent la perception du monde extérieur, de même les organes du cerveau procureraient la perception de l'homme interne. Les diverses facultés, localisées dans le cerveau, furent donc appelées des *sens internes*. Gall en a discerné 27 (4); et pour les désigner, il emploie, selon les besoins, les expressions suivantes : sens, instinct, talent et, même, mémoire. Il distingue ainsi le sens des localités, le sens du langage, le sens des couleurs, l'instinct de la reproduction, de la défense, le talent poétique, l'esprit caustique, métaphysique, la mémoire des choses, celle des mots, etc., etc. Les facultés de l'âme, admises ordinairement, la perception, l'entendement, la raison, la volonté, etc., n'occupent aucune place parmi les concepts phrénologiques. D'après l'opinion de Gall, ces facultés fondamentales de l'âme ne sont pas localisées ; elles déploient uniformément leur activité, lors de la fonction de tous les organes cérébraux et, même, des organes sensoriels externes. Selon cet auteur, chacun de ces organes est une « intelligence individuelle » (5). En faveur de l'analogie des organes cérébraux avec les organes sensoriels, Gall emprunte un argument à ses recherches anatomiques. Chaque nerf sensoriel étant un faisceau de filets nerveux, de même, le cerveau tout entier est une réunion de faisceaux nerveux (6).

1. « Hypothesin esse videor et fateor », ajoute-t-il prudemment. — (*Ibid.* p. 399.)

2. Gall et Spurzheim, *Anat. et physiol. d. syst. nerv.* vol. I. Paris 1810. Voir aussi *Untersuch. über die Anat. d. Nervensyst.* des mêmes auteurs. Mémoire transmis à l'Institut de France, avec le rapport des commissaires. Paris et Strasbourg 1809. — Voici les deux principaux mérites de Gall : relativement à l'anatomie du cerveau, il introduisit l'usage de disséquer cet organe, en commençant de bas en haut; et il démontra la division générale des filets de la moëlle du cerveau.

3. Le système de Gall est exposé en détail dans les tomes II et IV de l'ouvrage, cité tout à l'heure.

4. Spurzheim a élevé ces facultés au chiffre de 35. — Consult. Combe, *System der Phrenologie*, traduction allemande de Hirschfeld. Brunswick 1833, p. 101 et suiv.

5. Vol. IV, p. 341.

6. Vol. I, p. 271 ; vol. II, p. 372.

Pour fonder empiriquement ces théories, Gall et ses successeurs ont substitué le crâne au cerveau : la forme du crâne, disaient-ils, devait nous renseigner sur le développement des divers organes. Aussi, l'on s'efforça, autant que possible, de répartir ces organes à la surface du cerveau. Déjà se révèle, ici, avec netteté cette tendance d'accommoder les observations aux opinions préconçues, tendance, qui se répète dans toutes les recherches particulières et enlève toute valeur aux prétendus résultats de ces investigations. Abstraction faite de cela, les idées fondamentales psychologiques et physiologiques des théories phrénologiques, idées véritablement monstrueuses, étaient un dangereux mouvement rétrograde, si on les compare au point de vue lumineux, où Haller s'était placé. Haller pressent déjà le vrai principe, c'est-à-dire que, dans les organes centraux, les organes périphériques du corps doivent être représentés ; mais, selon les phrénologues, le cerveau est un groupe d'organes existants *per se*, auquel ils supposent des énergies spécifiques extrêmement compliquées. Toutes les fautes de la théorie psychologique des facultés disparaissent, en présence de cette énumération irréfléchie des facultés les plus complexes, dont chacune est attribuée à un filet nerveux particulier ou à un faisceau de filets. Malgré ces faiblesses, étalées au grand jour, le système phrénologique se réjouissait et s'applaudissait d'avoir été l'objet d'une mention considérable dans la littérature scientifique. Ainsi, l'*anatomie comparée du système nerveux* de Leuret avait eu, évidemment, pour but spécial, de réfuter les théories phrénologiques (1).

Depuis lors, les recherches anatomiques et physiologiques suivirent longtemps des routes séparées. Les anatomistes allemands revinrent généralement aux idées de Haller ; mais, Carus (2) surtout et Burdach, qui a tant enrichi la morphologie du cerveau (3), étaient simultanément influencés par la philosophie naturelle de Schelling. A la même époque, les expérimentateurs français, particulièrement Magendie et Flourens, fondèrent à nouveau la physiologie des parties centrales. Dans les idées, que ces chercheurs émettaient sur le rôle des parties centrales, on ne peut méconnaître une réaction contre les théories phrénologiques. Cette réaction se manifesta d'abord chez Magendie, car ce savant adaptait sévèrement ses explications aux faits observés (4). Après avoir détruit les corps striés, il vit les animaux fuir en avant : il admit alors dans ces organes une force, qui arrêtait le mouvement en avant. Il pratiqua des coupes

1. Leuret, *Anat. compar. d. syst. nerv.* t. I, — Flourens, dans son petit livre intitulé : *Examen de la phrénologie*, Paris 1842, a fait une critique généralement excellente de la phrénologie.

2. C. G. Carus, *Versuch einer Darstellung des Nervensystems und insbesondere des Gehirns*. Leipzig 1814. Plus tard, cet auteur a adopté une opinion phrénologique plus modérée et l'a développée dans plusieurs ouvrages. (*Grundzüge einer neuen Cranioskopie*. Stuttgart 1841. — *Neuer Atlas der Cranioskopie*, 2e édit. Leipzig 1864. — *Symbolik der menschl. Gestalt*, 2e édit. p. 121.)

3. Burdach, *Vom Bau und Leben des Gehirns*, vol. III, Leipzig 1826.

4. Magendie, *Leçons sur les fonctions du système nerveux*. Paris 1839.

dans le cervelet et remarqua chez les animaux une tendance à tomber en arrière : ces parties devaient donc être le siège d'une force, qui poussait en avant. De même, lors des lésions du pédoncule cérébral, il attribuait les mouvements de manège à la suppression d'équilibre de forces opérant la rotation à droite et à gauche. Flourens employa la même rigueur d'observation, à combiner des notions psychologiques plus claires. Ses recherches eurent principalement pour objet la moëlle allongée, les tubercules quadrijumeaux, le cervelet et le cerveau. Selon lui, la moëlle allongée était le centre des mouvements cardiaques et respiratoires; les tubercules quadrijumeaux, les organes centraux du sens visuel; le cervelet, le coordinateur des mouvements volontaires; les lobes cérébraux, le siège de l'intelligence et de la volonté (1). Mais il trouva, que ces diverses parties se comportaient, différemment, vis-à-vis des fonctions, qui en dépendent. Pour Flourens, les propriétés centrales de la moëlle allongée étaient limitées à un petit espace, « au nœud vital », dont la destruction anéantissait instantanément la vie ; au contraire, les centres nerveux supérieurs contribueraient uniformément, par toutes leurs parties, à la fonction qui leur est assignée. Il en avait conclu, que les troubles, occasionnés par l'ablation partielle des lobes cérébraux, du cervelet ou des tubercules quadrijumeaux, se compensent avec le temps. Il admit, par conséquent, que la plus petite partie de ces organes fonctionne pour l'ensemble, pour le tout. C'est pourquoi, la théorie de Flourens heurtait de front les idées phrénologiques et, en même temps, elle répondait avec assez de fidélité à l'observation. Aussi, cette théorie a-t-elle dominé, jusqu'à ce jour, en physiologie. Mais, évidemment, ici surgissent, de nouveau, des difficultés analogues, sous le rapport psychologique, à celles que l'on rencontre dans la théorie organique des phrénologues. L'intelligence et la volonté sont des facultés complexes. Qu'elles aient leur siège dans chacune des plus petites parties des lobes cérébraux, c'est au fond aussi difficile à comprendre, que de localiser en un certain point la mémoire du langage, le sens des localités, etc. En outre, quel pourrait être le rôle des diverses parties, que la dissection anatomique des hémisphères cérébraux permet de distinguer, si ceux-ci, sous le rapport fonctionnel, se comportent, à peu près comme le foie ? Les anatomistes, qui se livraient à des spéculations sur le rôle des parties cérébrales, furent donc obligés de revenir, la plupart du temps, à l'idée d'une localisation des fonctions intellectuelles (2). Or, les théories, introduites par Flourens dans la science, finirent par être ébranlées, surtout grâce à l'alliance plus intime de l'observation anatomique et physiologique. Les recherches sur la structure élémentaire des organes centraux, et les données de l'observation physiologique et pathologique sur la localisation de certaines sensations et des effets moteurs exercèrent une influence décisive sur

1. Flourens, *Recherches expérim. sur les fonct. d. syst. nerv.* 2e édit. Paris 1842.
2. Consulter, par exemple, Arnold, *Physiologie*, I, p. 836. — Huschke, *Schädel, Hirn und Seele*, p. 174.

la solution du problème. Sous ce dernier rapport, ce fut surtout la découverte des bases fondamentales anatomiques de l'aphasie, qui fraya la voie. Toutefois, entre ces résultats et les conséquences de l'ablation partielle des hémisphères, pratiquée selon l'exemple de Flourens, existait une certaine contradiction, puisque le symptôme permanent, observé après cette opération, n'était pas la disparition de *quelques* fonctions, mais l'affaiblissement de *toutes*. C'est pourquoi, tout récemment, Goltz (1) a essayé de renouveler la théorie de Flourens et d'en modifier un peu la forme. Nous avons indiqué précédemment la valeur relative de cette tentative, par opposition aux hypothèses de localisation dans un seul côté du cerveau, et montré en même temps, que son exécution conduit nécessairement à admettre une application, beaucoup trop vaste, du principe de suppléance, combattu par Goltz. Or, ce principe ne peut plus se soutenir, si l'on admet ordinairement l'énergie spécifique des éléments nerveux.

1. Voir surtout les raisons données par Goltz, in *Archiv* de Pflüger, vol. 20, p. 10 et suiv.

CHAPITRE VI

MÉCANIQUE PHYSIOLOGIQUE DE LA SUBSTANCE NERVEUSE

I. — Données générales et principes fondamentaux d'une mécanique de l'innervation.

L'étude des fonctions physiologiques du système nerveux nous a conduit à admettre la proposition suivante. Ces fonctions, depuis les opérations les plus complexes des organes centraux jusqu'à la sensation et à la secousse musculaire, se ramènent aux phénomènes les plus simples, d'où émanent, grâce à la connexion multiple des parties élémentaires, les effets physiologiques. On se pose finalement cette question : quelle est la nature de ces fonctions élémentaires, inconnues actuellement, qui produisent, par leur action d'ensemble, des travaux si divers et si compliqués ?

On s'est servi de *deux* procédés, pour connaitre les phénomènes, qui ont lieu dans un filet nerveux et dans une cellule ganglionnaire. Nous donnerons au premier procédé le nom de mécanique moléculaire interne du système nerveux, et au second, celui de mécanique moléculaire externe de ce système. Le premier prend, pour point de départ, l'examen des propriétés physiques et chimiques des éléments nerveux. Il recherche les modifications, qu'éprouvent ces propriétés, par suite de la fonction physiologique ; et tâche de découvrir directement, de cette manière, la trace des forces internes qui se manifestent dans les phénomènes, dont les nerfs et les centres nerveux sont le théâtre. Malgré les séductions apparentes, que présente la poursuite de cette voie, qui promet de dévoiler l'essence même des fonctions nerveuses, elle est actuellement trop éloignée de son but, pour que nous osions nous y confier. On n'a pas encore entrepris l'examen des parties centrales, et nos renseignements sur les phénomènes internes, qui ont lieu dans les

nerfs périphériques, se bornent essentiellement à cette notion : leur fonction est accompagnée de modifications électriques et chimiques, dont la signification est, en ce moment, recouverte d'épaisses obscurités. Il nous reste donc à suivre la deuxième voie, celle de la mécanique moléculaire *externe*. Laissant absolument de côté la question de la nature spéciale des forces nerveuses, elle s'appuie uniquement sur la proposition suivante. Les phénomènes, ayant pour siège les parties élémentaires du système nerveux, sont des processus de mouvement d'une espèce quelconque ; et la connexion, qui les relie entre eux et avec les forces de la nature extérieure, est déterminée par les principes de la mécanique, applicables à toute sorte de mouvements. Elle se place donc au même point de vue, que la théorie générale de la chaleur dans la physique moderne, où l'on se contente d'admettre le principe, que la chaleur est un mode de mouvement, et d'en dériver, à l'aide des lois mécaniques, tous les phénomènes avec une rigueur satisfaisante. Pour réussir d'une manière analogue, la mécanique moléculaire du système nerveux doit réduire à leur forme la plus simple les phénomènes, qui constituent la base de ses études, c'est-à-dire examiner la fonction physiologique des éléments nerveux dans les conditions les plus simples possibles et, ensuite, autant que faire se peut, dans ces conditions, que l'expérimentation a le pouvoir de dominer et de varier à volonté. Or, l'analyse des fonctions physiologiques complexes nous a déjà amené au concept de l'*irritation*. Les causes générales des phénomènes nerveux sont, nous l'avons vu précédemment, des irritants *internes* ou certaines modifications, survenues rapidement dans la composition du sang et des liquides du corps humain, soit des irritants *externes* ou des impressions exercées sur la terminaison des nerfs sensoriels. S'il s'agit de faire agir, sur des éléments nerveux, des irritants d'une énergie et d'une durée données, ordinairement les irritants naturels internes et externes ne sont pas applicables; car, ils se soustraient presque entièrement à la volonté de l'expérimentateur. Nous utilisons par conséquent les irritants artificiels, le plus souvent les courants électriques et les secousses de courant. Ces derniers, grâce à la facilité, avec laquelle ils ébranlent l'équilibre moléculaire des éléments nerveux, et à la mesure exacte, que leur action comporte, se recommandent spécialement. Plus rarement, nous employons les secousses mécaniques, les oscillations du calorique ou les modifications dûes aux mélanges chimiques et douées d'un effet très-prompt; sous les deux rapports indiqués, ces moyens d'excitation sont bien infé-

rieurs aux courants électriques. Or, le mode d'application des irritants est, la plupart du temps, artificiel. Nous les portons rarement sur les organes terminaux des nerfs sensoriels, jamais sur les cellules ganglionnaires centrales, ces points d'application naturels des irritants internes; mais, généralement, nous les faisons agir directement sur les nerfs périphériques, parce que ces derniers se comportent vis-à-vis de l'irritant, de la façon la plus simple et la plus uniforme. Nous analysons les processus qui se déroulent dans les filets nerveux, en prenant, pour mesure des processus internes, le résultat de l'irritation nerveuse produit à la périphérie, c'est-à-dire la *secousse musculaire* consécutive à l'irritation d'un nerf moteur. Pour étudier les modifications effectuées dans les cellules ganglionnaires, nous utilisons le phénomène le plus simple et le plus accessible à une mensuration extérieure, le phénomène, que l'irritation d'un filet nerveux, cheminant vers le centre, engendre dans l'organe central, en d'autres termes la *secousse réflexe*. Dans les deux cas, l'investigation sera complète, si on vérifie, par comparaison, d'autres effets très-simples de l'irritation, afin d'exclure de cette manière les conditions particulières, qu'entraîne avec lui le mode spécial de connexion des filets nerveux irrités. Ainsi, outre la secousse musculaire, la sensation consécutive à l'irritation d'un nerf sensible est examinée. A part la secousse réflexe, il convient de citer d'autres cas, où l'irritation, avant de produire un effet moteur, doit traverser les cellules ganglionnaires. Nous signalerons ici surtout les influences, que les ganglions périphériques, les ganglions du cœur par exemple, exerçent sur les phénomènes d'innervation motrice, qui leur sont transmis.

Ce que nous appelons irritation ou excitation est seulement le processus inconnu de mouvement, que les irritants engendrent dans les éléments nerveux. Une mécanique physiologique de la substance nerveuse a pour objet de ramener, aux lois générales de la mécanique, les lois de l'irritation, établies par l'expérimentation. Dans ce but, notre devoir est de rappeler, tout d'abord, ce principe capital de la mécanique, qui domine la connexion de tous les phénomènes de mouvement, le principe de la *conservation du travail.*

On entend par *travail* toute action, qui change dans l'espace la position de masses pondérables. La grandeur d'un travail est donc mesurée par le changement de position, que ce travail fait éprouver à un poids d'une grosseur déterminée. La lumière, la chaleur, l'élec-

tricité, le magnétisme peuvent amener les corps graves à changer de place. Mais ces forces, nommées naturelles, ne sont, selon nos suppositions, que des formes de mouvement. Par conséquent, les formes les plus diverses de mouvement sont capables de produire le travail. Dans ce cas, le travail est constamment réalisé aux frais du mouvement. La chaleur de la vapeur, par exemple, se compose de mouvements de molécules de vapeur, mouvements en grande partie rectilignes, qui se troublent de diverses manières. Dès que la vapeur accomplit un travail, en mettant en mouvement le piston d'une machine, une quantité correspondante de ces mouvements disparaît. Voici comment l'on s'exprime ordinairement à ce sujet : une certaine quantité de chaleur s'est convertie en une quantité équivalente de travail mécanique. Pour parler un langage plus précis, une partie des mouvements irréguliers des molécules de vapeur a été employée, à mouvoir une masse pondérable, plus considérable. Donc, c'est uniquement une forme de mouvement, qui s'est convertie en une autre forme. Et le travail résultant, que mesure le produit du poids mis en mouvement, multiplié par l'étendue de chemin parcouru, est justement égal à une somme de petites grandeurs de travail, que peuvent mesurer les produits des poids d'un certain nombre de molécules de vapeur, multipliés par les espaces parcourus, et qui ont disparu, pendant l'accomplissement du travail extérieur. Une portion du travail moléculaire des particules de vapeur est, par conséquent, convertie en travail mécanique du piston. Si, lors du frottement, de la compression des corps, nous voyons le travail mécanique disparaître et être remplacé par la chaleur ; dans ce cas, le travail mécanique est, au contraire, transformé en une quantité de travail moléculaire, qui lui correspond. Il ne faut pas croire d'ailleurs, que dans tous les cas, où la chaleur est latente, apparaisse le travail mécanique, pris dans son acception ordinaire. Très-souvent, la chaleur est uniquement employée, à mettre dans de nouvelles positions les particules des corps, qui ont été chauffés. Personne ne l'ignore, sous l'influence de la chaleur, tous les corps se dilatent, les liquides et les corps fixes très-peu, et les gaz très-considérablement. Dans ce cas, le travail moléculaire disparaît aussi. Ce dernier, dans l'exemple de la machine à vapeur, est utilisé à mouvoir le piston ; de même, ici, il est employé à changer la distance, qui sépare les molécules. Le travail, réalisé de cette façon, porte le nom de *travail de désagrégation*. Il est transformé de nouveau en travail moléculaire, si les molécules reviennent à leurs positions primitives. Généralement, le travail moléculaire peut donc

se convertir en travail mécanique ou bien, en celui de désagrégation ; et tous les deux, à leur tour, peuvent devenir travail moléculaire. Or, *la somme de ces trois formes de travail reste invariable*. Tel est le principe appelé loi de la conservation du travail.

Si la loi de la conservation du travail s'applique à la chaleur, qui est la forme la plus répandue et la plus générale du mouvement, elle trouve une application analogue dans d'autres sortes de mouvements. Dans ce cas, il n'y a qu'*un* anneau de changé dans la chaîne des trois mouvements, qui passent de l'un à l'autre : la composition du travail moléculaire. Si, par exemple, l'électricité peut, comme la chaleur, engendrer le travail de désagrégation et le travail mécanique, cependant le mode de mouvement, désigné par nous du nom d'électricité, est tout autre, bien que sa nature intime nous soit encore inconnue. Il y a donc diverses sortes de travail moléculaire ; mais, au fond, il n'y a qu'*un* travail de désagrégation et qu'*une* forme de travail mécanique. Nous donnons constamment le nom de désagrégation aux changements permanents, qu'éprouve l'écartement des molécules, n'importe la cause qui ait occasionné ces changements. Lorsque nous distinguons le simple accroissement de volume des corps d'avec le changement d'état d'agrégation, et ce dernier, d'avec la décomposition chimique ou *dissociation*, il ne s'agit véritablement, ici, que de degrés de désagrégation. De même, le travail mécanique consiste partout à changer de lieu les masses pondérables. Les diverses formes de mouvement moléculaire peuvent, selon les circonstances, être transformées *l'une dans l'autre*. Par exemple, une certaine quantité de travail électrique peut simultanément se convertir en chaleur, désagrégation et travail mécanique ; et une certaine quantité de ce dernier est capable, grâce au frottement, d'engendrer l'électricité, la chaleur, la désagrégation. Dans toutes ces circonstances, la somme de travail reste constante.

Parmi les formes de travail, que nous distinguons, on utilise ordinairement le *travail mécanique*, comme mesure commune de tous les autres, parce que les mensurations le précisent de la manière la plus directe. Cette mesure a été appliquée aux autres formes, mais avec l'aide de la loi de la conservation du travail. Car, d'après cette loi, une quantité donnée de travail moléculaire ou de travail de désagrégation doit être équivalente au travail mécanique, dans lequel elle se convertit ou dont elle provient. Dans le travail mécanique, un poids peut être élevé contrairement à la pesanteur, être mû par sa propre pesanteur, ou cheminer, après avoir surmonté les résistances du frot-

tement, etc., etc. Dans le frottement, la partie de travail mécanique, qui est nécessaire, pour en triompher, se convertit en chaleur. Si, au contraire, un poids est élevé, le travail, dépensé à cette élévation, s'accumule, pour ainsi dire, à l'intérieur du poids ; car, ce même travail, après que le poids est tombé de la même hauteur, est capable de se transmettre de nouveau à d'autres corps. La désagrégation se comporte à ce sujet, d'une manière analogue au poids soumis à l'élévation : à la production de la désagrégation est employée une certaine quantité de travail moléculaire, très-souvent sous forme de chaleur, qui doit apparaître de nouveau, dès la suppression de la désagrégation. Or, un poids élevé reste dans cet état d'élévation, tant qu'un autre travail quelconque, par exemple, le mouvement de chaleur de la vapeur dilatée, les oscillations des molécules d'une corde, à laquelle le poids est attaché, maintiennent l'équilibre de sa pesanteur. Également, la désagrégation des molécules d'un corps persiste, tant qu'un travail interne, par exemple les oscillations du calorique, empêche ces molécules de se réunir. Entre le moment, où l'élévation du poids, soit la désagrégation des molécules se sont opérées et celui, où la chute du poids, soit la réunion des molécules, engendrent de nouveau le travail nécessaire à cet effet, il peut donc exister, durant un temps plus ou moins long, un état stationnaire, dans lequel s'accomplit continuellement tout le travail interne, indispensable au maintien de l'équilibre ; aussi, rien n'est changé dans l'état existant, la situation des corps, des molécules, la température, la répartition d'électricité. D'abord, au moment où, par suite d'un trouble de cet état d'équilibre, le poids tombe ou les molécules se rapprochent, apparaissent encore des transformations de travail : le travail mécanique ou celui de désagrégation se transforment en travail moléculaire, généralement en chaleur. Or, celle-ci peut se convertir partiellement en effet mécanique ou désagrégation des molécules, jusqu'à ce que des circonstances quelconques ramènent de nouveau l'état stationnaire. Puisque, dans un poids élevé ou dans des molécules désagrégées, se trouve disponible une certaine somme de travail, pouvant devenir libre au moment, où l'état d'équilibre, qui empêche la chute du poids ou la réunion des molécules, cesse, tout poids élevé ou toute désagrégation sont considérés, comme travail *de réserve*. Naturellement, la réserve de travail est justement aussi considérable, que le travail ayant effectué l'élévation ou la désagrégation, et que le sera ce travail, qui peut apparaître de nouveau, lors de la chute du poids ou de l'agrégation des molécules. Par conséquent, le principe de la con-

servation du travail se formule ainsi : *la somme de travail réel et celle de la réserve de travail restent invariables.* Évidemment, ce principe n'est, qu'une expression particulière de la loi, qui établit la conservation de la somme de tout travail. Car, on appelle, seulement réserve de travail, une élévation de poids effectuée par le travail réel ou une désagrégation maintenue par un état de mouvement stationnaire. S'il nous était possible d'observer les plus petits mouvements oscillatoires des atomes, comme nous voyons les mouvements des corps et les modifications permanentes de leurs molécules, nous trouverions, sans doute, rigoureusement juste le principe, que tout travail *réel* est constant. Lorsque continuellement les particules de la masse d'un corps se meuvent en moyenne, autour des mêmes positions d'équilibre, la matière nous semble au repos. Nous nommons donc *travail de réserve*, ce travail qui se fait dans un état stationnaire, pour ainsi dire, d'une manière cachée. Au lieu de cela, nous pourrons l'appeler travail moléculaire *interne*, et, par suite, le distinguer du travail moléculaire *externe*, en d'autres termes, de ce travail des molécules qui apparaît, lors de la modification de l'état d'équilibre, dûe à la température, à la répartition de l'électricité.

Continuellement, les états stationnaires varient et subissent des modifications. La nature offre donc un spectacle incessant du passage du travail de réserve au travail réel, et de celui-ci au travail de réserve. Nous citerons ici, comme exemples se rapportant à notre but, ceux que la désagrégation et son état opposé présentent à cet égard. On suppose, que les différents états d'agrégation reposent sur divers états de mouvement des molécules. Dans les gaz, ces molécules s'enfuient et se meuvent en droite ligne, jusqu'à ce qu'elles rencontrent une paroi ou d'autres molécules, sur lesquelles elles rebondissent. Dans les liquides, les molécules oscillent, probablement, autour de positions mobiles d'équilibre ; et dans les corps fixes, autour de positions stables d'équilibre. Pour transformer, par exemple, un liquide en gaz, le travail des molécules doit être augmenté, si on leur communique de la chaleur. Tant que le travail moléculaire des liquides croît, leur température augmente simplement. Si l'on permet simultanément au liquide de se dilater, une partie du travail moléculaire se convertit encore en désagrégation. Si, enfin, l'addition croissante de chaleur porte la désagrégation à ce degré, que les parcelles de liquide quittent les sphères de leur attraction réciproque, alors, durant la transformation du liquide en gaz ou en vapeur, il se produit soudain un nouvel état d'équilibre,

qui est occasionné par la consommation d'une grande quantité de travail moléculaire, c'est-à-dire de chaleur. Si l'on soustrait de nouveau la chaleur à la vapeur, le travail interne de celle-ci est donc diminué ; et, au contraire, les distances moyennes des molécules deviennent si petites, qu'elles rentrent dans la sphère de leur attraction réciproque. Lors de l'apparition de cet état primitif d'équilibre, les forces d'attraction, qui déploient leur activité, donnent naissance au travail moléculaire ; en d'autres termes, la chaleur devient libre, et la quantité de calorique, produite dans cette dernière circonstance, est aussi grande, que celle qui avait disparu dans le premier cas.

La dissolution et la formation des combinaisons chimiques se comportent d'une manière essentiellement analogue. Dans chaque corps, on constate, outre l'état d'équilibre physique, un état d'équilibre chimique. Toute molécule, prise au sens physique, se compose d'une pluralité de molécules chimiques, ou d'*atomes* : l'on appelle de ce nom les molécules chimiques, qu'il est impossible de décomposer davantage. Les molécules, selon l'état d'agrégation de leur corps respectif, peuvent se trouver dans différents états de mouvement : l'atome se comporte également, selon la nature de la combinaison chimique. La chimie moderne considère tous les corps, comme des combinaisons; dans les corps chimiquement simples, elle voit des combinaisons d'atomes *homogènes* ou de même nature. L'hydrogène est aussi bien une combinaison chimique, que l'acide chlorhydrique ; dans le premier, deux atomes d'hydrogène s'unissent ensemble (*H. H*) ; dans le second, un atome d'hydrogène s'unit à un atome de chlore (*H. Cl*). Même dans ce cas, le repos apparent de la matière n'est, qu'un état stationnaire de mouvement. Les atomes chimiques d'une combinaison oscillent, comme on le suppose, autour de positions d'équilibre plus ou moins fixes. L'état physique d'agrégation exerce, en même temps, une influence essentielle sur le genre de ce mouvement. Dans les gaz et les liquides, généralement les atomes chimiques présentent un état de mouvement plus libre; car, dans ces deux corps, ces atomes ont rompu leurs combinaisons, pour s'unir de nouveau avec d'autres atomes, qui sont également devenus libres. Dans l'acide chlorhydrique gazeux ou liquide, par exemple, la composition moyenne de chaque molécule chimique est = *HCl*. Mais cela n'empêche pas, que continuellement divers atomes *H* et *Cl*, se trouvant provisoirement à l'état libre, ne reviennent constamment, de nouveau, à l'état de combinaison, grâce aux attractions chimiques. Ainsi s'explique convenablement le pou-

voir de dissociation plus facile, dont jouissent les gaz et les liquides, en présence de la chaleur, de l'électricité et d'autres combinaisons chimiques (1). L'agrégation des molécules chimiques présente des différences, analogues à celles qui constituent l'état physique d'agrégation. Il existe des combinaisons chimiques plus relâchées et des combinaisons chimiques plus fixes. Dans le premier cas, les attractions, qui amènent les particules à osciller autour de certaines positions d'équilibre, sont plus faibles ; dans le second, elles sont plus énergiques. Naturellement, ces différences d'agrégation chimique ne dépendent nullement de l'agrégation physique, parce que toujours les molécules physiques sont déjà des agrégats chimiques. Des combinaisons très-fixes peuvent donc se manifester dans l'état d'agrégation gazeux ; et des combinaisons très-instables, dans l'état d'agrégation fixe. Généralement, les combinaisons des atomes homogènes, par conséquent les corps chimiquement simples, appartiennent aux combinaisons plus relâchées, puisque la plupart des corps, quelques métaux exceptés, se séparent avec assez de facilité, pour s'unir à des atomes hétérogènes. D'autre part, des combinaisons très-complexes se comportent de nouveau, comme celles qui se dissocient facilement et constituent des combinaisons plus simples. A ce groupe appartiennent la plupart des combinaisons appelées organiques. Par conséquent, les combinaisons chimiques fixes se trouvent spécialement, parmi les combinaisons plus simples d'atomes hétérogènes. Ainsi, l'acide carbonique, l'eau, l'ammoniaque, de nombreux oxydes métalliques et des acides inorganiques sont des combinaisons difficiles à décomposer. Les divers états d'agrégation peuvent se transformer l'un dans l'autre ; de même, des combinaisons plus relâchées se convertissent en combinaisons plus fixes, et inversement. Il n'existe pas de combinaison assez fixe, qui, d'après la démonstration de Sainte Claire Deville, ne puisse se dissocier, par suite de l'addition de quantités considérables de calorique. Comme pour la transformation d'un liquide en gaz, de même, ici, une certaine quantité de travail interne disparaît, pour devenir travail de dissociation. La dissociation opérée, les atomes se trouvent dans un nouvel état d'équilibre. Lors de la dissociation de l'eau, la combinaison fixe $H_2\ O$ est remplacée par les combinaisons plus relâchées $H.\ H$ et $O.\ O$, où les états d'oscillation des atomes se distingueront de ceux de la combinaison fixe $H_2\ O$, d'une

1. Clausius, *Abhandlungen zur mechanischen Wärmetheorie*, II, p. 214. Brunswick 1867.

manière analogue aux états d'oscillation des molécules de la vapeur d'eau et de l'eau : en d'autres termes, les atomes de ces combinaisons relâchées parcourront des routes bien plus étendues et accompliront plus de travail moléculaire interne. La chaleur est justement nécessaire, pour leur procurer ce travail moléculaire interne. Mais le travail, ainsi dépensé à la dissociation existe en même temps, comme travail *de réserve*. Car, dès que le nouvel état d'équilibre des molécules séparées est troublé, celles-ci peuvent se combiner, et alors le travail, dépensé à la dissociation, apparaît de nouveau, comme calorique. En même temps, les molécules chimiques sont revenues à leur état primitif d'équilibre, où le travail stationnaire, qu'elles accomplissent, lors de leurs mouvements autour de leurs positions d'équilibre, est diminué de la somme de travail interne, devenu libre dans l'acte de la combinaison. Par conséquent, les phénomènes, qui se manifestent dans la combinaison et la dissociation, ressemblent entièrement aux phénomènes observés dans la succession des états d'agrégation. Mais ils présentent la différence suivante : pour la dissociation, il faut des quantités de travail généralement bien plus considérables, que pour la désagrégation ; et l'échange entre le travail de réserve et le travail réel est beaucoup plus important, que dans le premier cas.

Les êtres vivants, grâce à la régularité, avec laquelle la formation et la dissolution des combinaisons chimiques se font chez eux, prennent une part remarquable à l'alternance continuelle du travail de réserve et du travail réel, du travail interne et du travail externe. Une dissociation des combinaisons fixes s'accomplit dans les plantes. Ces dernières absorbent l'acide carbonique, l'eau, l'acide nitrique des nitrates, l'acide sulfurique des sulfates et les décomposent en combinaisons plus relâchées, telles que les fibres du ligneux, l'amidon, le sucre, les albuminoïdes, etc., dans lesquelles s'accumule une grande quantité de travail de réserve ; et, simultanément, l'oxygène est excrété. Dans les animaux, ces combinaisons engendrées par la plante sont, grâce à l'oxygène atmosphérique absorbé, c'est-à-dire à un processus de combustion, transformées de nouveau en ces combinaisons plus fixes, d'où la plante les avait fait sortir ; mais, simultanément, le travail de réserve, accumulé dans les combinaisons organiques, se convertit en travail réel : une partie en chaleur, l'autre partie en travail extérieur des muscles. Le lieu, d'où partent les ordres, pour exécuter tous ces travaux de l'animal, est le système nerveux. Celui-ci met en marche ces fonctions, qui président aux combustions ; il règle la répartition et

l'irradiation du calorique ; il excite les muscles à faire leur travail. Bien des fois, et surtout dans ce dernier cas, les effets, qui émanent du système nerveux, sont sous l'influence des mouvements extérieurs, c'est-à-dire des impressions sensorielles. La source, proprement dite, le lieu, d'où émanent les opérations du système nerveux, ne réside pas dans ces impressions, mais dans les combinaisons chimiques, dont se compose la masse nerveuse, combinaisons qui, sous une forme légèrement modifiée, sont empruntées au laboratoire de la plante. Dans ces combinaisons, est accumulé le travail de réserve, qui, sous l'influence des impressions extérieures, se convertit en travail réel.

Tant que les processus d'irritation n'exercent pas d'action modificatrice, les combinaisons, formant la masse nerveuse, se trouvent approximativement dans cet état stationnaire qui, vu extérieurement, ressemble au repos complet. Mais ce repos n'est qu'apparent, comme dans tous les cas, où il s'agit d'états stationnaires de mouvement. Les atomes de ces combinaisons complexes exécutent des mouvements continuels. Ils sortent, de tous côtés, des sphères d'action des atomes, auxquels ils étaient liés jusqu'alors et entrent dans les sphères d'action d'autres atomes, qui sont également devenus libres. Donc, la dissolution et la formation des combinaisons chimiques se succèdent continuellement, dans un liquide aussi décomposable, que celui qui constitue la substance nerveuse ; et la masse paraît stationnaire, parce qu'il se fait, en moyenne, autant de décompositions, que de combinaisons. Appliquées à l'exemple précédent, ces paroles ne sont pas rigoureusement justes : l'état des éléments nerveux n'est pas parfaitement stationnaire, même pendant leur repos. Dans des combinaisons si complexes, il arrive constamment, que les atomes, soustraits à leur sphère d'action primitive, n'entrent pas de nouveau dans les mêmes combinaisons ou dans des combinaisons analogues. Mais quelques-uns d'entre eux se réunissent, pour former des combinaisons plus simples et plus fixes. On appelle ce phénomène la *décomposition spontanée.* Dans l'organisme vivant, les troubles d'équilibre, provenant de la décomposition spontanée, se compensent ; car, continuellement, les produits de dissociation sont enlevés et remplacés par des matériaux d'apport, qui viennent renouveler les éléments des tissus. On explique ce fait, comme si la substance nerveuse au repos était véritablement un liquide à l'état stationnaire de mouvement. Dans un liquide de ce genre, nul travail n'est libre au dehors ; et les valeurs de travail, engendrées par les divers atomes, s'anéantissent toujours réciproquement.

Cet anéantissement s'opère, en grande partie, *à l'intérieur* de la molécule chimique complexe. Puisque les atomes de chaque molécule oscillent autour de leurs positions d'équilibre, chaque molécule accomplit un certain travail, qui est compensé par l'action opposée d'autres atomes, travail qui n'est nullement visible, en dehors de la molécule. C'est ce travail moléculaire *interne* qui, dans une combinaison chimique lâche, est beaucoup plus considérable, à cause des mouvements plus nombreux de ses atomes, que dans une combinaison chimique fixe. Il représente donc le travail *de réserve*. Car, par suite d'une perturbation de l'état d'équilibre existant auparavant, la combinaison plus relâchée peut se convertir en combinaison plus fixe; et alors, la somme plus forte de travail moléculaire interne, contenue dans la première combinaison, devient travail moléculaire *externe*. L'établissement de l'équilibre s'opère, partiellement, en *dehors* des molécules chimiques. En quittant continuellement des combinaisons relâchées, pour entrer dans des combinaisons plus fixes, les atomes engendrent du travail; d'autre part, en passant des combinaisons fixes dans les combinaisons relâchées, ils font de nouveau disparaître du travail. Et, à la vérité, dans les deux cas, c'est le travail moléculaire *externe*, par conséquent d'une manière générale, la chaleur qui est engendrée et de nouveau consommée. Si nous appelons travail moléculaire *positif*, le travail manifesté lors de l'origine de la combinaison fixe, le *négatif* sera celui qui disparaît, lors de la formation de la combinaison relâchée. Voici quelle serait la condition de l'équilibre réel d'un liquide aussi décomposable, que la masse nerveuse. Le travail moléculaire *interne* ou la réserve de travail reste invariable, car les quantités de travail moléculaire positif et de travail moléculaire négatif *externe* se compensent continuellement. Ou bien, nous nous exprimerons de la manière suivante : le travail moléculaire interne doit rester constant, puisque toute la partie de ce travail, qui se convertit en travail moléculaire externe, est remplacée de nouveau par une autre transformation en travail moléculaire interne. Sans doute, cette condition n'est toujours remplie, selon nos remarques précédentes, que d'une façon approximative; car, en vérité, la somme de travail moléculaire externe positif a, constamment, une certaine prépondérance. Mais, nous pouvons ici faire abstraction de ce trouble insignifiant, provenant de la décomposition spontanée, et nous poser cette question : quelles sont les modifications, qui apparaissent dans cet état stationnaire des nerfs, lorsque le processus d'*irritation* se développe?

2. — Parcours des processus d'irritation dans le filet nerveux.

Le phénomène le plus simple, qui soit capable de nous renseigner sur la nature des processus d'irritation dans le nerf, est le *début et le trajet de la secousse musculaire*, lorsqu'un nerf moteur a été irrité. Dans cette expérience, un levier repose directement, grâce à un mécanisme spécial, sur les muscles de la jambe d'une grenouille et l'autre extrémité de ce levier sur une plaque de verre, noircie à l'avance et mise en mouvement rapide : la contraction se dessine d'elle-même sur cette plaque (fig. 66). Le trait vertical, marqué à gauche du dessin,

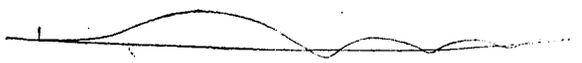


Fig. 66.

désigne le moment de l'irritation du nerf. Voici ce que nous apprend cette courbe. La secousse musculaire commence, longtemps après l'irritation, et la contraction s'élève au début avec une vitesse accélérée, plus tard avec une vitesse décroissante; et, d'une manière analogue, s'effectue graduellement le retour du muscle à l'allongement. Si l'irritation a été momentanée, la secousse tout entière s'achève le plus souvent en 0,08 — 0,1 de seconde. Mais, si l'on a irrité le nerf directement au-dessus du muscle, ou bien son expansion nerveuse située à l'intérieur du muscle, il s'écoule environ 0,01 de seconde, pour le temps compris entre l'irritation et le début de la secousse ; ce temps s'appelle généralement le stade de l'*irritation latente*. D'après cette expérience, très-probablement, le processus de mouvement dans le nerf est passablement lent. Or, comme dans ce cas, nous ignorons pour quelle part, l'inertie de la substance musculaire contribue à cette lenteur des phénomènes, le résultat obtenu n'a pas une valeur décisive.

On comprend un peu mieux le mouvement, qui se passe dans le nerf lui-même, si on irrite ce dernier, en deux endroits différents de son parcours, une fois loin du muscle, une autre fois très-près de ce dernier, et si on dispose l'expérience, de manière que le moment de l'irritation corresponde, chaque fois, au même point de cette ligne

d'abscisse, où s'élève la courbe de la secousse musculaire. Si l'irritation, dans les deux cas, possède une intensité égale, et si le nerf se trouve dans un état, autant que possible, invariable, les deux courbes sont différentes. Premièrement, la courbe de la secousse correspondant à l'irritation éloignée commence, d'après la découverte d'Helmholtz, beaucoup plus tard ; le stade de son irritation latente est plus considérable. Deuxièmement, comme Pflüger l'a montré, le premier, la secousse, provoquée par un irritant appliqué beaucoup plus haut, est plus énergique ; elle est plus élevée, et, je dois ajouter, dure davantage. Si on veut donc effectuer deux secousses de hauteur égale, il faut choisir, pour la portion du nerf plus éloignée du muscle, un irritant un peu plus faible ; d'ailleurs, la secousse correspondante exige encore un temps un peu plus considérable, si l'expérience est faite sur un animal *vivant*. La fig. 67 nous montre la différence des deux secousses. La petite étendue, existant entre le début des secousses, correspond évidemment au temps, qu'emploie l'excitation, pour se propager du point supérieur au point inférieur de l'irritation. La secousse, produite beaucoup plus haut (bien que, dans ce cas, elle soit déjà excitée par un irritant plus faible), atteint la ligne d'abscisse



Fig. 67.

encore plus tard, qu'il ne convient à son début retardé. Or, d'après ces expériences, 1° le processus de mouvement de l'irritation est extrêmement lent, — pour les nerfs de la grenouille, à la température ordinaire de l'été, il est de 26 mètres par seconde et de 32 mètres pour le nerf d'un animal à sang chaud, ayant son calorique normal, — 2° probablement alors, il ne se fait aucune simple transmission et propagation du mouvement extérieur de l'irritant ; mais, dans le nerf lui-même, des processus de mouvement sont mis en jeu d'un point à un autre. Ce dernier résultat semble spécialement démontré par la prolongation absolument constante des secousses, que l'on observe d'une façon très-nette sur les nerfs intacts des animaux vivants, à mesure que l'irritant s'éloigne davantage du muscle (1).

1. Consulter les *Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren*, de Wundt, 1er fascicule, Erlangen 1871, p. 177. L'accroissement de hauteur de la secousse, lorsque l'irritant a été appliqué loin du muscle, a été observé par Pflüger

Or, ces résultats ne nous fournissent encore aucune donnée sur la mécanique, proprement dite, des processus d'irritation. Pour obtenir ces notions, nous devons nous renseigner sur l'état du nerf, à chaque instant du temps qui suit l'irritation. Ceci n'est possible, qu'autant qu'on examine, à chaque moment de la période d'irritation, la conduite du nerf vis-à-vis d'un autre irritation ou irritation d'*essai* (prüfenden), d'une grandeur constante. Ici, naturellement, comme lors de la simple secousse musculaire, l'inertie de la substance musculaire a une influence co-déterminante. Mais cette influence est éliminée de la même manière, que dans les expériences sur la propagation de l'irritation. Car, dans les cas, où les influences, dûes à la substance musculaire, restent constantes, les modifications observées ne peuvent tenir, qu'au changement des conditions, que l'irritation rencontre dans le nerf.

Lors de chaque processus d'irritation, deux effets, entièrement opposés, se manifestent dans le filet nerveux. Ce sont 1° des effets ayant pour but d'engendrer le travail extérieur (la secousse musculaire, la sécrétion, l'irritation des cellules ganglionnaires); 2° d'autres effets tendant à retenir, à relier les forces du travail qui devient libre. Nous nommerons les premiers, effets *excitateurs* et les seconds, effets d'*arrêt*. Le trajet tout entier de l'irritation dépend des effets d'excitation et d'arrêt, qui alternent à chaque instant. Pour démontrer à l'aide de l'irritant d'essai, lequel de ces phénomènes — l'excitation ou l'arrêt — a la prépondérance, on recherche des processus d'irritation assez faibles, pour n'engendrer par eux-mêmes aucune secousse musculaire; ou bien, tant que la contraction musculaire se déroule, on élimine

(*Untersuch. über die Physiologie des Elektrotonus*, p. 140). A l'exemple d'Heidenhain (*Studien des physiol. Instituts zu Breslau*, I, p. 1), plusieurs physiologistes l'ont attribué à l'effet de la section transversale du nerf, ou bien, si le nerf tenait à la moëlle épinière, à la mort ou dépérissement inégal du nerf; par conséquent, on avait admis, que le nerf vivant jouit, dans tous les points de sa longueur, d'une *excitabilité égale*. Cependant, moi-même — comme tout récemment Tiegel (*Archiv.* de Pflüger, vol. XIII, p. 598) —, j'ai constaté, sur les animaux vivants, dont la circulation n'était point lésée, l'excitabilité plus considérable des portions de nerf éloignées du muscle. J'ai surtout trouvé, que le prolongement de la secousse, observé par moi à mesure que l'irritant est plus haut placé sur le nerf, se remarque spécialement avec beaucoup de netteté sur le nerf vivant; c'est pourquoi, il avait totalement échappé aux précédents observateurs, qui opéraient sur des cuisses de grenouille détachées du corps de l'animal. L'impossibilité, où l'on s'est trouvé, (voir à ce sujet Dutherford, *Journ. anat. and physiol.* V, p. 329) de démontrer sur les nerfs sensitifs des différences correspondantes d'excitabilité, n'est pas une objection suffisante, à cause de la diversité si nombreuse des manifestations douloureuses et des excitations réflexes de l'animal.

l'influence de cette secousse. On procède de la manière suivante. Dans les cas de ce genre, où il s'agit de démontrer l'augmentation d'irritabilité, on *charge* le muscle d'un poids, mais d'un poids tel, que la secousse primitive, comme celle mise en jeu par l'irritant d'essai, soient supprimées ; et, de cette façon, tout au plus une secousse minimum est encore possible. Si, pendant que la première irritation se produit, l'irritant d'essai engendre néanmoins une secousse supérieure au minimum, cela indique un accroissement des effets excitateurs ; et la hauteur de la secousse donne une mesure approximative de la grandeur de ces effets. La fig. 68 est un exemple de ce genre. Le processus d'irritation, qu'il s'agit d'examiner, a été occasionné par la fermeture d'un courant constant à direction ascendante (par conséquent, l'électrode positif était plus rapproché du muscle et le négatif, plus éloigné de ce dernier). Cette fermeture avait lieu au moment *a*. Le muscle, non chargé de poids, a, par suite de l'irritation, dessiné la

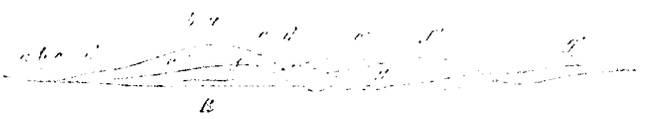


FIG. 68.

secousse *a'*. Sous l'influence du poids, la secousse s'est abaissée à la hauteur minimum *R*. On avait choisi, comme irritant d'essai, destiné à déterminer l'état du nerf à divers moments du processus d'irritation, la décharge d'ouverture d'un courant d'induction ; celle-ci agissait sur une petite étendue du nerf, *au-dessous* du point du même nerf irrité par le courant constant. La secousse, que cet irritant produisait dans le muscle chargé du poids, tant que le processus d'irritation n'était pas introduit par le courant constant, était également une secousse minimum. On exécuta une série d'expériences et, dans chacune d'elles, le muscle était chargé d'un poids. Au moment *a*, le nerf fut d'abord irrité par la fermeture du courant constant ; et ensuite, à un moment déterminé, l'irritant d'essai fut mis en jeu. Dans une première expérience, c'était au moment *a*, dans une seconde au moment *b*, et enfin aux moments *c*, *d*, etc. Les secousses, ainsi engendrées par les irritants d'essai, donnèrent successivement les courbes *b'*, *c'*, *d'*, *e'*, *f'*, *g'*. Le trajet de ces courbes de secousses montre nettement, que dans le nerf irrité il se manifeste un changement d'état qui, dans le cas présent,

est une *augmentation d'irritabilité*. Celle-ci débute peu d'instants après l'irritation a, atteint un maximum, coïncidant (e, e') presque avec la hauteur des secousses a' et R, et décroît enfin graduellement. Cependant, sa durée, comme le révèle le dernier essai gg', dépasse largement celle de la secousse primaire a' (1).

Lorsque les effets d'arrêt, et non les effets excitateurs, comme dans l'exemple choisi ici, sont prépondérants, on ne peut naturellement pas employer cet artifice de l'application de poids. Mais la grandeur de l'effet provoqué par l'irritant d'essai, pendant le déroulement de la secousse musculaire, permet de conclure facilement en faveur des effets d'arrêt. Ainsi, on déclare sûrement, que les effets d'arrêt sont prépondérants, si l'irritant d'essai ne produit nulle action. Car, dès que les effets d'excitation ont la supériorité, les deux secousses se renforçent. La fig. 69 donne un exemple de ce genre (2). Le processus d'irritation examiné a été, de nouveau, occasionné par la fermeture d'un courant constant ascendant ; et l'irritant d'essai a été, comme auparavant, une décharge d'ouverture d'un courant d'induction, agissant au-dessous du point traversé par le premier courant. Dans les deux expériences A et B exécutées successivement, chaque fois au moment a le courant était fermé ; et au moment b, agissait l'irritant d'essai. Premièrement, dans

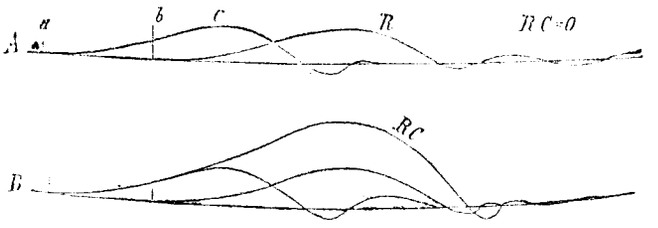


Fig. 69.

chaque expérience, on avait examiné l'effet du courant, sans l'irritant d'essai ; et ensuite l'effet de ce dernier, sans la fermeture précédente du courant. On a ainsi obtenu les secousses C et R, qui concordent absolument dans les dessins A et B. Deuxièmement, après que la fermeture avait eu lieu en a, l'irritant d'essai était aussitôt mis en jeu en b. Ici, les expériences A et B révèlent un effet complètement différent. En A,

1. *Untersuchungen zur Mechanik der Nerven*, I, p. 74.
2. *Ibid.*, p. 72.

se dessine purement une secousse C, comme si l'irritant d'essai R n'avait nullement exercé son action (ce qui est indiqué par $RC = o$. En B, le commencement de la courbe de la secousse coïncide avec C; mais, à un moment correspondant au début de la secousse R, elle s'élève bien au-dessus de C; c'est pourquoi, la courbe RC est plus élevée, que les courbes R et C réunies. Nous tirerons de ces expériences la conclusion suivante: évidemment, en A, un arrêt énergique existait durant le parcours de l'irritation C; tandis qu'en B, les effets excitateurs avaient la prépondérance, ou bien, l'irritabilité n'avait subi aucune modification. Cette dernière alternative se trouve résolue, de manière à ne laisser planer aucun doute, si de nouveau, grâce à l'application du poids, on abaisse les secousses C et R à zéro ou à une hauteur minimum. Ce procédé nous a appris, que dans l'expérience B les effets excitateurs étaient réellement prépondérants. Les conditions d'expérience sont différentes en A et en B. En A, l'irritant d'essai était appliqué près de l'étendue du nerf irritée par le courant constant; en B, il était plus rapproché du muscle. Les expériences montrent donc que, pour un même processus d'irritation, les effets d'arrêt ont été prépondérants sur une portion du nerf; et les effets excitateurs, sur l'autre portion (1).

D'ailleurs, dans tous ces cas, le genre d'irritant d'essai décide, lequel de ces effets qui se repoussent mutuellement — l'effet excitateur ou d'arrêt — se révèle avec le plus de netteté. Les irritants faibles sont ordinairement plus propices, pour démontrer l'arrêt; et les irritants énergiques, pour prouver l'excitation. Si on étudie le même processus d'irritation alternativement avec des irritants faibles et forts, il en résulte que, lors de la plupart des irritations et durant la plus grande partie de leur parcours, *les effets excitateurs et les effets d'arrêt* sont augmentés. Car, dans la même période d'irritation, où l'action des faibles irritants d'essai est entièrement supprimée, l'action des forts irritants d'essai peut être accrue (2).

1. Helmholtz (*Monatsber. der Berliner Akad.* 1854, p. 328.) a exécuté, le premier, des expériences sur la superposition de deux secousses. Il a trouvé, contrairement à notre résultat indiqué précédemment, que toujours il s'effectue uniquement une simple addition des secousses. Mais l'ascension plus énergique de la secousse additionnelle (Summationszuckung) a été récemment constatée par Kronecker et Stanley Hall (*Archiv f. Physiologie* 1879, volume supplémentaire, p. 19 et suiv.). Malgré les conditions mécaniques complexes, manifestées lors de la superposition des courbes des secousses, on peut cependant, si l'on a le soin de recourir à la méthode d'application des poids, découvrir, que l'accroissement d'excitabilité se produit.

2. *Mechanik der Nerven* I, p. 109 et suiv.

Pour avoir une certaine mesure du rapport existant, à chaque instant de la période d'irritation, entre les effets excitateurs et les effets d'arrêt, on utilisera donc des irritants doués d'une énergie moyenne, se maintenant convenablement constants et à peu près également sensibles pour l'arrêt et l'excitation. Les expériences de ce genre montrent, que le processus d'irritation, développé après l'action d'un irritant momentané, par exemple d'une décharge électrique ou

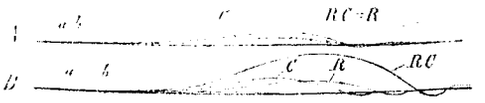


Fig. 70.

d'un ébranlement mécanique, offre le trajet suivant. Au moment du début de l'irritation et peu après cet instant, le nerf ne réagit point contre le faible irritant d'essai : que ce dernier agisse ou non, le processus se déroule sous la même forme (1). Si donc on applique un irritant *R* (fig. 70), ensuite un irritant *C*, et enfin les deux irritants *RC*, simultanément sur le même point ou en deux endroits du nerf pas trop éloignés, la secousse *R C*, dessinée dans le troisième cas, coïncide



Fig. 71.

exactement avec la secousse plus forte des deux secousses *R* ou *C* (dans notre exemple (fig. 70 *A*) elle coïncide avec *R*). On a le même résultat, si, entre les moments *a*, *b* de l'irritation, on laisse s'écouler un très-court intervalle de temps. Mais, si ce temps intermédiaire augmente légèrement, la secousse combinée dépasse les deux secousses simples. Et, avant que la différence de temps atteigne le temps ordinaire de l'irritation latente, la somme des deux secousses *R* et *C* peut facilement l'emporter sur *R C* ; surtout, si l'on choisit des irritants très-

1. *Mechanik der Nerven*, p. 63 et 100.

faibles et engendrant seulement des secousses minima (fig. 70 *B*). Cet accroissement de l'irritabilité augmente, jusqu'à un moment correspondant environ au point de hauteur de la secousse, et décroît de nouveau. Cependant, l'augmentation d'irritabilité peut encore être démontrée, longtemps après la fin de la secousse. La fig. 68 (p. 273) représente parfaitement la continuation de son parcours ; elle montre nettement, que la plus grande secousse, dûe à l'irritant d'essai, coïncide avec le maximum de la secousse *a'*. Par conséquent, le temps employé par le processus d'irritation comprend généralement trois stades: le stade d'*inexcitabilité*, *d'excitabilité croissante* et *d'excitabilité décroissante*.

Très-souvent, le dernier stade est interrompu par une courte période de temps, pendant laquelle, soudain l'irritabilité baisse fortement, pour remonter ensuite rapidement. Cette décroissance coïncide toujours avec la fin de la secousse. On la reconnaît à la rapidité, avec laquelle elle s'accomplit ; et on ne la rencontre régulièrement, que si les nerfs sont éminemment aptes à exercer leur fonction. Ce phénomène disparaît donc, si le nerf est fatigué. La fig. 71 indique en *A* un *arrêt passager* de ce genre, *après le déroulement de la secousse*. La secousse à gauche correspond au processus d'irritation cherché ; à droite, la secousse non dessinée appartient au simple effet de l'irritant d'essai ; *R C* est la secouse mise en jeu par ce dernier, sous l'influence de l'irritation précédente. En *A*, le nerf était à l'état frais et parfaitement apte à la conduction. En *B*, le même nerf fatigué a été exploré à diverses reprises, par plusieurs irritants (1).

Cette dépendance des arrêts passagers vis-à-vis de l'aptitude fonctionnelle des nerfs prouve simultanément, qu'il ne s'agit pas ici d'un phénomène déterminé par l'inertie de la substance musculaire. Si, au contraire, il en était ainsi, l'arrêt ne pourrait pas, dans un cas, apparaître après le déroulement de la secousse et manquer dans une autre circonstance, quoique rien ne soit essentiellement changé dans le trajet de la contraction musculaire, mise en jeu par l'irritation d'essai. Sans doute, le stade d'inexcitabilité, qui coïncide avec le début de l'irritation, se comporte différemment. Ce stade tient, en partie, à ce que le muscle, venant de recevoir l'irritation, emploie un certain temps, pour se contracter. Toutefois, le phénomène doit être encore partiellement attribué aux forces d'arrêt du nerf. La preuve de cela, c'est que

1. *Ibid.*, p. 86, 190, 200.

la durée de ce stade dépend essentiellement de la nature de l'irritant porté sur le nerf. Ce stade, par exemple, est d'ordinaire considérablement prolongé, lors de ce processus d'excitation, qui se déroule à côté de l'anode du courant constant.

Quant au rapport des effets excitateurs et d'arrêt, tout le cours des processus d'irritation, peut donc se représenter de la manière suivante. Avec le début de l'irritation, commençent simultanément dans le nerf les effets excitateurs et d'arrêt. D'abord, les derniers l'emportent notablement sur les autres. Dans la suite de leur parcours, ils croissent plus lentement, tandis que les effets excitateurs augmentent plus rapidement. Souvent, ceux-ci conservent la prépondérance, jusqu'à l'achèvement complet du phénomène tout entier. Bien que le nerf soit très

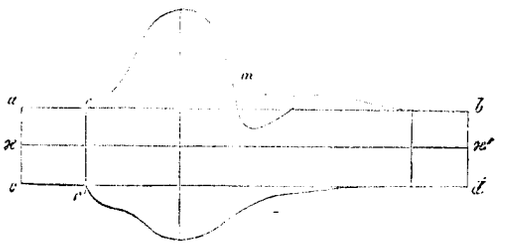


FIG. 72.

apte au travail, néanmoins, immédiatement après le déroulement de la secousse, les effets d'arrêt se manifestent encore. D'après les renseignements contenus dans ce dernier fait, le processus n'est pas parfaitement continu, et l'action rapide des effets excitateurs, produite lors de la secousse, entraîne toujours une réaction des effets d'arrêt. La mise en liberté de l'excitation ressemble à une décharge électrique subite, où les forces disponibles sont consommées si rapidement que, pendant un temps très-court, les effets des forces opposées ont la supériorité. La fig. 72 donne un dessin graphique de ce parcours du processus. En rr', se trouve le moment de l'irritation ; la courbe $a\ b$ représente la marche des effets excitateurs ; et la courbe $c\ d$, celle des effets d'arrêt. Nous supposons, qu'avant l'action de l'irritant, le nerf renferme des impulsions d'excitation et d'arrêt, qui sont en équilibre : elles seraient, selon nous, proportionnelles aux ordonnées $x\ a$ et $x\ c$. Au moment m, qui correspond à la fin de la secousse, la courbe d'excitation décrit une rapide inflexion au-dessous de la ligne d'abscisse (conformément à

l'arrêt passager) ; ou bien, elle poursuit la continuation de son trajet (comme l'indique la ligne ponctuée). La courbe d'arrêt se distingue par la chute rapide de son début. Ce que nous appelons *aptitude du nerf au travail* est, évidemment, une fonction simultanée de l'arrêt et de l'excitation. Plus un nerf a d'aptitude à fonctionner, et plus les forces d'arrêt et d'excitation sont augmentées chez lui. Si le nerf est épuisé, ces deux forces, spécialement celles d'arrêt, sont diminuées. Ici donc, l'irritabilité est plus considérable; les arrêts passagers, après le déroulement de la secousse, ne sont plus perceptibles ; le parcours tout entier de la secousse est plus étendu et celle-ci laisse, encore longtemps après elle, une augmentation d'irritabilité. Mais, l'abaissement des forces d'excitation se révèle par la moindre hauteur des secousses, consécutives aux irritants énergiques, et par le début plus lent de ces secousses. De même, le stade de l'irritation latente dure davantage. Il faut donc plus de temps au nerf, pour réunir les forces nécessaires à la production de la secousse musculaire (1). L'action du froid engendre des phénomènes, analogues à ceux qui se traduisent par la diminution de l'état des forces. Au contraire, l'influence d'une haute température se manifeste par des symptômes, semblables à l'état d'aptitude fonctionnelle parfaite. Il y a assurément cette différence, que le calorique apporté ne peut pas remplacer la provision de forces. Par conséquent, si le nerf est capable, grâce à la chaleur, de réaliser, pendant un temps très-court, des travaux importants, les forces internes de ce nerf sont consommées avec d'autant plus de rapidité (2).

L'irritation, occasionnée par le *courant galvanique constant* mérite une mention particulière. Généralement, ce courant — qu'il soit fermé ou ouvert — exerce sur le nerf un effet d'excitation. Dans les deux cas, le processus d'irritation est essentiellement différent dans le domaine de l'anode et celui du cathode. Au voisinage de ce dernier, et si les courants n'ont point une intensité trop considérable, les phénomènes, premièrement consécutifs à la fermeture, ont une nature analogue à ceux, que les irritants momentanés produisent dans toute la longueur du nerf. Il y a seulement une différence : les effets excitateurs et d'arrêt persistent à un degré modéré, durant la fermeture du courant ;

1. Pour désigner brièvement ces deux états du nerf, j'ai appelé *asthénique*, l'état, dans lequel la provision interne de forces est abaissée ; et *sthénique*, l'état opposé (*loc. cit.* p. 43 et 242).
2. *Mech. der Nerv.* p. 208.

car, simultanément l'excitation reste continuellement prépondérante. Il n'en est plus de même dans le voisinage de l'anode. Ici, les forces d'arrêt, en activité, déploient une énergie considérable ; si le courant est intense, elles croissent plus rapidement, que les effets d'excitation. C'est pourquoi, si les courants sont un peu plus forts et l'anode appliqué contre le muscle, l'arrêt, produit à l'anode, empêche l'excitation, commençant au cathode, de se propager au muscle. Par conséquent, si le courant ascendant est renforcé, la secousse de fermeture décroit bientôt très-rapidement et disparait enfin entièrement. Cet arrêt anodique commence à l'anode, au moment de la fermeture ; il s'étend alors lentement et décroit, à mesure qu'il s'éloigne davantage. D'après l'intensité du courant, cet arrêt parcourt seulement 80 à 500^{mm}. à la seconde ; il est bien inférieur au processus d'excitation, dont la vitesse est de 26 à 32 mètres. Si le courant est énergique, la vitesse de l'arrêt augmente notablement et s'étend même au cathode. Quand le courant est ouvert, les différences, existant pendant la fermeture, disparaissent avec plus ou moins de rapidité ; et, en même temps, les effets d'arrêt sont provisoirement prépondérants au cathode. L'irritation d'ouverture consiste dans ce processus de compensation. Elle émane spécialement de la région de l'anode, où l'arrêt, existant durant la fermeture, se convertit en excitation, oscillation qui s'accomplit d'autant plus rapidement, que le courant était plus intense. Par conséquent, les processus d'irritation, mis en jeu par le courant constant, présentent généralement le caractère suivant. Les effets excitateurs et d'arrêt qui, en présence d'autres irritations, se propagent uniformément aux nerfs, se séparent d'après la position des électrodes ; car, lors de la fermeture, les forces excitatrices sont prépondérantes dans la région du cathode et les forces d'arrêt, dans la région de l'anode ; mais, lors de l'ouverture, il s'opère une compensation qui produit, passagèrement, une répartition opposée des forces (1).

Avant d'étudier les conséquences théoriques, provenant des expériences précédemment communiquées, je vais exposer brièvement les méthodes, que j'ai employées dans ce but. Afin de dessiner les courbes des secousses, je me suis toujours servi du myographe pendulaire. Pour irriter le nerf, j'ai eu recours à la fermeture ou à l'ouverture des courants constants, tantôt aux décharges d'induction, tantôt enfin aux ébranlements mécaniques, développés par la chute

1. Voir dans mes *Untersuchungen* p. 233 et suiv. la description détaillée des résultats, obtenus à l'aide de l'irritation par le courant constant.

d'un marteau qui comprimait le nerf. L'irritant d'essai, employé dans tous les cas, était une décharge d'induction d'ouverture. La figure schématique 73 représente la disposition de l'expérience, où le processus d'irritation à examiner était l'excitation de fermeture produite par le courant constant. Le myographe pendulaire se compose d'un lourd pendule de fonte *p*. Celui-ci est suspendu à un solide poteau, et sa durée d'oscillation mesure environ $^1/_2$ seconde. Au pendule est fixée une plaque de verre *g*, noircie préalablement à la lampe. Sur cette plaque, le muscle inscrit ses secousses. A son extrémité inférieure, le pendule porte un petit levier *d*. Lors des oscillations du pendule, ce levier touche les petits interrupteurs de courant *s*, *s'*, et, de cette manière, met en jeu les irritations. *s* et *s'* reposent sur la table *t* du poteau du myographe. Les

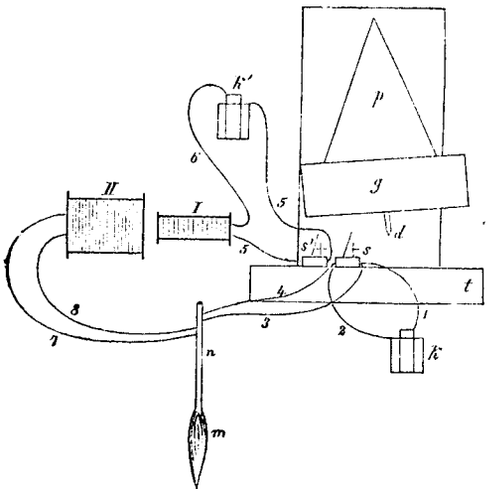


Fig. 73.

deux interrupteurs maintiennent le courant fermé ; car, un bâtonnet métallique, placé obliquement et soutenu par une plaque de platine presse, à l'aide d'un ressort, sur une tige de platine. Si le levier *d* renverse le batonnet métallique, ce contact est supprimé et le courant interrompu. *k* est la pile, dont la fermeture doit mettre en jeu dans le nerf le processus d'irritation, qu'il s'agit d'examiner. De cette pile partent les fils conducteurs 1, 2 allant à l'interrupteur *s* ; et, de ce dernier, les fils 3, 4 allant au nerf *n*. Tant que *s* est fermé, le contact du platine forme une conduction, dont la résistance, comparée à celle de la portion du nerf, est extrêmement faible : aussi, aucun courant perceptible ne traverse cette portion du nerf. Si la pression du levier *d* détruit le contact, le

plein courant passe dans le fil 1 et 3, va au nerf, et de celui-ci, il revient par les fils 4 et 2 à la pile *k*. *k'* est la pile, pour la décharge d'induction qui sert d'irritant d'essai. De cette pile, le fil 6 se rend directement à la bobine primaire d'induction *I*; le fil 5 conduit d'abord à l'interrupteur *s'* et, de là, à la bobine *I*. Les fils 7 et 8, unis aux extrémités de la bobine secondaire d'induction *II*, vont à une portion du nerf qui, dans la fig. 73, se trouve un peu au-dessous de la portion de ce nerf, irritée par la pile *k*. Quand la pile *k'* est fermée par le contact *s'*, le courant s'écoule à travers la bobine *I*; et, alors, aucun effet d'induction ne se produit sur la bobine *II*. Si ce contact est interrompu par la pression du levier *d*, le courant cesse subitement dans la bobine *I*; et il se développe dans la bobine *II* un courant d'induction d'ouverture, agissant comme irritant sur la portion de nerf, comprise entre 7 et 8. Au tendon du muscle *m* est attaché un levier (non figuré ici), muni d'une fine pointe. Grâce à ce levier, le muscle décrit lui-même sa secousse sur la plaque de verre *g*. La vitesse du pendule n'étant nullement uniforme, on comprend, que les espaces parcourus ne soient pas simplement proportionnels au temps employé. Mais, au moyen de la loi du pendule, on doit calculer les valeurs de temps, d'après l'espace parcouru. Avant chaque oscillation, on donne au pendule une déviation déterminée, et on dispose les interrupteurs *s* et *s'*, de façon que les courbes des secousses commencent, autant que possible, au milieu de l'arc d'oscillation. Pour toutes les secousses, que nous avons ici obtenues, cette déviation et, par conséquent, l'amplitude d'oscillation du pendule mesuraient un angle d'environ 10 degrés.

L'expérience s'exécute de la manière suivante. D'abord, on laisse le crayon, fixé au levier musculaire, dessiner une simple ligne d'abscisse. Cette première opération a lieu, si le pendule décrit une oscillation, les courants des deux piles *k* et *k'* étant ouverts. On détermine ensuite les deux points de la ligne d'abscisse, qui correspondent aux moments de l'irritation, effectuée par la pile *k* et par la décharge d'induction d'ouverture. Dans ce but, les courants des deux piles étant fermés, la main de l'expérimentateur amène lentement le pendule vers *s* et, ensuite, vers *s'* : si le contact *s* est détruit, le muscle, recevant l'excitation de fermeture, dessine un trait vertical ; si le contact n'existe plus en *s'*, le muscle, grâce à l'irritation produite par la décharge d'induction d'ouverture, marque un second trait vertical. Lors de chaque expérience d'oscillation, l'excitation *c*, engendrée par la fermeture du courant constant, est mise en jeu, sans être suivie de l'effet de l'irritant d'essai ; et la secousse *B*, produite par l'irritant d'essai, est mise en jeu, sans être précédée de l'excitation *C* ; ici, on laisse le pendule osciller, la pile *k'* étant ouverte, et la pile *k* fermée ; et, ensuite, *k* étant ouvert et *k'* fermé. Enfin, on arrive à la dernière expérience : *k* et *k'* sont fermés, et les excitations *C* et *B* sont produites successivement, durant la même oscillation. On peut varier de diverses manières ces expériences : 1° les interrupteurs *s* et *s'* sont placés dans les positions les plus différentes, depuis la distance zéro (irritation simultanée) jusqu'à l'éloignement le plus considérable ; 2° l'énergie du courant de la pile *k* peut être graduée par

un rhéostat et par l'augmentation d'éléments constants, unis à la pile ; 3° l'intensité de l'irritant d'essai est modifiée, si l'on fait varier la distance existant entre les bobines d'induction primaire et secondaire ; 4° l'irritabilité de divers points du nerf, situés en avant et en arrière du courant, est successivement interrogée par la décharge d'induction. Quant à la description détaillée des méthodes employées dans ces cas, comme lors des autres formes d'irritation (excitation d'ouverture par le courant constant, excitation par des secousses de courant, ébranlements mécaniques, modification thermique, etc.), je renvoie à mes *Untersuchungen zur Mechanik der Nerven* (1). J'ajouterai cependant, que les expériences avec le courant constant nécessitent des observations de contrôle particulier, à cause de l'influence modificatrice, qu'exerce la résistance des diverses parties du nerf. Comme le courant électrique transporte les liquides du nerf de l'électrode positif vers l'électrode négatif, l'excitation au cathode pourrait bien être déterminée par la diminution de résistance de la conduction ; et l'arrêt à l'anode, par l'accroissement de cette résistance. Les expériences, où les modifications de résistance sont compensées, montrent, que celles-ci ne jouent aucun rôle sensible dans les phénomènes, que nous avons décrits auparavant (2).

3. — Théorie de l'excitation nerveuse.

En étudiant précédemment l'état moléculaire vraisemblable du nerf, nous avons vu, que le travail moléculaire positif et le travail moléculaire négatif s'accomplissaient continuellement dans cet organe. Le travail moléculaire positif se traduirait par de la chaleur mise en liberté ou par du travail extérieur, une secousse musculaire par exemple. Le travail moléculaire négatif déterminerait une disparition de cette sorte de travail, la formation de la chaleur latente ou l'arrêt d'une irritation musculaire, en voie de se développer. L'équilibre entre le travail moléculaire positif et négatif implique l'état stationnaire du nerf, état, dans lequel la température de cet organe n'est pas changée et aucun travail extérieur ne se fait. Quand nous voyons apparaître, sous l'influence d'un irritant externe, un processus, qui engendre une secousse musculaire ou qui se manifeste, mais seulement en présence d'un irritant d'essai, par l'augmentation d'irritabilité, ceci indique évidemment l'accroissement du travail moléculaire *positif*. Au contraire, une secousse musculaire est arrêtée dans son développement ou la réaction contre un irritant d'essai diminue, parce que le travail moléculaire *négatif* est de-

1. *Untersuchungen*, p. 4, 21, 121, 160, 196.
2. *Ibid.*, p. 257 et suiv.

venu plus considérable. Nous établirons donc cette loi générale : *le choc ou l'impulsion (Anstoss) de l'irritant augmente le travail moléculaire positif et négatif du nerf.* D'après les développements exposés plus haut, nous nous représenterons, que l'impulsion de l'irritant presse les atomes des molécules chimiques complexes à se réunir, pour former des combinaisons plus stables, les fait également sortir de ces combinaisons et les pousse à reconstituer ces unions plus relâchées et complexes, dont se compose la substance nerveuse. Le rétablissement du nerf repose sur la révolution ou *restitution* de ces molécules complexes; son travail effectif provient de la combustion, qui amène ces molécules à opérer des combinaisons stables et plus difficiles à décomposer ; mais cette combustion produit aussi l'épuisement du nerf. L'irritant est capable d'engendrer le travail extérieur, la secousse musculaire ou l'excitation des cellules ganglionnaires. *parce qu'il accélère constamment le double travail moléculaire, mais bien plus fortement le travail positif.* Du travail moléculaire positif résultera alors ce travail d'excitation, qui, transmis à certains organes, aux muscles ou aux cellules ganglionnaires, peut encore se convertir en d'autres formes de travail. Simultanément, le travail moléculaire positif et le travail moléculaire négatif doivent se répartir au fur et à mesure, d'après le temps, qui est déterminé par le rapport ou proportion des effets excitateurs et d'arrêt. Donc, il s'opère d'abord, et cela correspond à la période d'inexcitabilité, une accumulation de travail de réserve, puisque l'impulsion de l'irritant sépare de nombreuses molécules de leurs combinaisons précédentes. Alors, commence une combustion, qui part des particules détachées et atteint ensuite les éléments facilement combustibles de la masse nerveuse ; aussi, une grande quantité de travail de réserve se convertit en travail réel. Si cette combustion est très-rapide, de nouveau, durant un temps très-court, le travail moléculaire négatif, la restitution des molécules complexes (arrêts passagers) devient prépondérante. Généralement, après le déroulement de la secousse, il reste, longtemps encore, un excès de travail moléculaire positif, lequel se manifeste, en renforçant l'action d'un second irritant qui vient d'être appliqué. Les mêmes courbes, qui nous servent à représenter les relations de l'excitation et de l'arrêt, s'appliquent donc encore au rapport du travail moléculaire positif avec le travail moléculaire négatif (fig. 69, p. 274). L'équilibre entre ces deux travaux (1) est indiqué

(1) Durant l'état de repos.

par l'égalité des ordonnées du début et de terminaison xa, xc et $x'b$, $x'd$. Ordinairement, l'état interne du nerf, après le déroulement du processus d'irritation, n'est plus exactement le même, qu'auparavant : à chaque instant de l'irritation, l'équilibre entre le travail positif et négatif est troublé; et, en somme, il y a plus de travail positif effectué, qu'il n'est obtenu de travail négatif, de réserve de travail. Ce fait nous est révélé, parce que la superficie, occupée par la courbe supérieure, est plus considérable, que celle de la courbe inférieure ; cette différence est d'autant plus importante, que le nerf s'épuise davantage. Avec le temps, le nerf devient moins capable d'opérer cette restitution de ses éléments complexes, dont dépend le rétablissement de son aptitude au travail. Le nerf, apte à fonctionner, se rétablit donc très-facilement ; et, plus il est déjà fatigué, plus de nouvelles irritations doivent l'épuiser.

Quant à la somme totale de travail moléculaire positif, que l'irritant rend libre dans le nerf, évidemment, une partie se transforme toujours en effets excitateurs ou bien (si l'on nous passe l'expression), en travail d'excitation ; une autre partie se convertit en chaleur, et une troisième devient, de nouveau, travail de réserve (négatif). De son côté, une fraction seulement du travail d'excitation est utilisée à mettre en jeu les effets extérieurs de l'irritant, la secousse musculaire ou l'irritation des cellules ganglionnaires ; car, pendant la secousse et après celle-ci, on constate toujours une augmentation d'irritabilité. Si l'on applique un nouvel irritant, celui-ci se trouve donc en présence d'un excédant de travail d'excitation. Si nulle impulsion nouvelle de l'irritant ne se produit, cet excédant de travail se convertit, très probablement, en chaleur. Après avoir pris naissance dans le point du nerf irrité, le travail d'excitation agit sur les parties voisines, où également le travail moléculaire existant se transforme partiellement en travail d'excitation ; et, ainsi de suite. Or, le processus, déchainé par l'irritant momentané, a toujours une durée plus considérable. Donc, pendant la mise en jeu du travail d'excitation, de nouvelles impulsions de l'irritant affluent au point du nerf en question ; elles viennent du voisinage de ce point. Ainsi s'explique ce *grossissement ou gonflement* (*Anschwellen*) *de l'excitation*, que nous avons constaté, en irritant diverses parties du nerf (p. 271).

L'irritation, dûe au courant constant, présente un caractère distinctif. Ici, les sommes de travail moléculaire positif et négatif ne sont point uniformément réparties ; et, pendant la fermeture du courant,

le travail moléculaire négatif est prépondérant dans la région de l'anode ; et le positif, dans celle du cathode. Cette opposition se comprend très-bien, si on réfléchit, qu'ici c'est l'*électrolyse*, qui produit les modifications internes du nerf. A l'électrode positif se trouvent déposés les éléments constituants électro-négatifs, et à l'électrode négatif, les éléments électro-positifs. Donc, dans ces deux endroits, le travail du courant électrique occasionne la dissociation. Par suite, le travail doit d'abord disparaître. Mais, si les molécules partielles détachées ont plus d'aptitude à former ensemble des combinaisons plus stables, que celles, où elles se trouvaient auparavant, le travail moléculaire positif peut augmenter ; en d'autres termes, une partie du travail disparu peut de nouveau être obtenue. Or, les phénomènes d'irritation nous amènent à cette conclusion : le premier travail a lieu régulièrement dans la région du cathode ; et le second, dans le voisinage de l'anode. Les processus chimiques intimes, qui se passent ici, nous sont encore inconnus ; mais, l'étude des phénomènes électrolytiques nous fournit de nombreux exemples d'un échange analogue de forces. Si l'on soumet le chlorure de zinc à l'électrolyse, au cathode se dépose le zinc, dans lequel le travail, employé à opérer sa séparation, persiste comme travail de réserve ; à l'anode, au contraire, apparait le chlore, qui se combine sur-le-champ avec le chlorure de zinc, pour former le chloride de zinc : c'est pourquoi, la chaleur devient libre. On constate de semblables résultats, toutes les fois que les produits de l'électrolyse exercent les uns sur les autres une action chimique. Lors de l'ouverture du courant, qui doit parcourir une portion du nerf, la polarisation de ce point engendre, dans une direction opposée au courant primitif, une décomposition électrolytique plus faible qui, combinée avec la compensation graduelle des différences chimiques, occasionne les phénomènes d'irritation d'ouverture.

En ce qui concerne la relation existant entre les processus, dont nous avons étudié ici leur mécanisme général, et les modifications électriques du nerf irrité, le fait suivant est digne de remarque. Selon les recherches de Bernstein (1), l'oscillation du courant du nerf, consécutive à une irritation momentanée de cet organe, se termine en moyenne 0,0006—0,0007 de seconde, après le début de l'irritant : par conséquent, elle coïncide entièrement avec le stade d'inexcitabilité du

1. *Archiv f. Physiologie*, de Pflüger, I, p. 190. *Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven-und Muskelsysteme*. Heidelberg 1871, p. 30.

nerf (1). Donc, l'oscillation se rattache probablement aux forces d'arrêt ou à la conversion du travail moléculaire positif en travail négatif. Le mode de cette connexion réclame d'autres explications plus précises ; car, il est actuellement impossible de songer à édifier une théorie des processus électriques.

4. — Influence des parties centrales sur les processus d'excitation.

Pour l'étude des processus, qui se déroulent dans la substance nerveuse centrale, notre point de départ est l'irritation du filet nerveux. Nous essayerons ensuite de découvrir, comment ce trajet de l'irritation se modifie, quand celle-ci doit traverser les cellules ganglionnaires. Cette expérience s'exécute de la façon la plus simple, si l'on examine les *excitations réflexes*. D'abord, une décharge de courant d'une énergie convenable irrite une racine nerveuse motrice, ayant conservé ses attaches à la moëlle épinière et aux muscles correspondants ; ensuite, le tronc central d'une racine sensible quelconque est irrité. Les deux secousses sont dessinées par le muscle ; et, simultanément, on dispose l'expérience de manière, que le moment de l'irritation corresponde au même point de la ligne d'abscisse des deux courbes de secousses. Les différences dans le début et le parcours des deux secousses nous donnent, alors, la mesure d'influence des cellules ganglionnaires intercalées.

On remarque d'abord, qu'il faut ici des irritants très-énergiques, pour obtenir une secousse provenant d'une racine sensible. Si l'on choisit des décharges de courant, autant que possible instantanées, par exemple des décharges d'induction, très-souvent on ne réussit point à produire des secousses réflexes; car, il faudrait recourir à des courants d'une telle énergie, qu'ils occasionneraient des dérivations sur la moëlle épinière (2). Si l'irritabilité réflexe est assez considérable,

1. L'oscillation du courant musculaire a une durée un peu plus considérable. Elle exize environ 0,004" (Bernstein, *Untersuchungen* p. 64) ; temps, qui se trouve également dans les limites du stade d'inexcitabilité.

2. Afin d'obtenir une excitabilité réflexe, suffisante pour des séries d'expériences assez longues, un excellent moyen consiste donc à empoisonner l'animal avec des doses minima de strychnine (0,002 à 0,04 m. g.). D'après mes expériences disposées de cette manière, je me suis convaincu, que des doses minima de poison ne modifiaient point la durée des secousses réflexes. Consult. mes *Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren*, II, p. 9 et suiv. Stuttgart 1876.

pour permettre d'exécuter l'expérience, les deux secousses présentent, mais d'une façon très-fortement accusée, ces mêmes différences, que nous avons rencontrées, en irritant deux portions du nerf moteur diversement éloignées du muscle (comp. fig. 67). La secousse réflexe a un début extraordinairement retardé, et elle dure beaucoup plus longtemps. Si on irrite, par exemple, une racine motrice et une racine sensible, naissant toutes deux à égale hauteur et du même côté de la moëlle épinière, et si on choisit les deux irritants, afin que les hauteurs des secousses soient égales, les deux courbes nous présentent les tracés dessinés dans la fig. 74. Seulement, il existe ici une différence

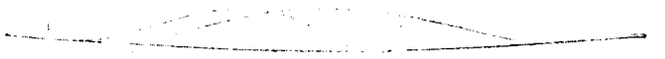


Fig. 74.

essentielle d'avec les secousses provenant des divers points du nerf moteur ; c'est que, pour donner à la secousse réflexe la hauteur égale, il faut employer un irritant plus fort, et non un irritant plus faible. Les différences dans le parcours de l'excitation sont ici très-insignifiantes: aussi, elles ne changent pas le caractère de cette dernière, quelle que soit l'intensité des irritants choisis. Si les irritants sont énergiques, la hauteur et même la durée des secousses augmentent, tandis que le temps de l'irritation latente diminue. Mais les secousses réflexes les plus faibles sont toujours caractérisées par une durée plus longue et, les plus énergiques, par un début plus tardif ; alors même que l'on compare les secousses les plus faibles avec les plus fortes, et celles-ci avec les secousses directes les plus faibles (1). Le temps, que met l'irritation à passer d'une racine sensible à une racine motrice, est évidemment fourni par la différence de temps existant entre le commencement des deux secousses, de la secousse directe et de la secousse réflexe ; et, comme les racines nerveuses sont très-courtes, une portion très-minime seulement de ce temps doit être mise sur le compte de la conduction périphérique. Nous appellerons donc simplement cette différence de temps le *temps réflexe*. Or, pour déterminer ce temps, nous sommes obligés, par suite de la dépendance des irritations latentes vis-

1. Seulement, dans des cas très-rares, l'excitation réflexe étant au maximum et l'irritation motrice au minimum, on constate une exception à cette règle (*Untersuchungen*, p. 21).

à-vis de l'énergie des irritants, de procéder, comme lors de la mensuration de la vitesse de propagation dans les nerfs périphériques; en d'autres termes, il nous faut de nouveau choisir les expériences, où la hauteur des deux secousses est également grande.

Ceci admis, le temps nécessaire à la production du réflexe peut être recherché dans diverses conditions. Le premier cas, et le plus simple, consiste dans la transmission, déjà opérée dans la fig. 74, par une racine sensible à une racine motrice appartenant au même tronc nerveux : nous l'appellerons l'*excitation réflexe du même côté*. Le second cas, qui se rattache au précédent, ou l'*excitation réflexe transversale*, est la propagation de l'irritation par une racine sensible à une racine motrice, qui naît à égale hauteur, mais sort du côté opposé de la moëlle épinière. Citons enfin, troisièmement, la propagation dans le sens de la hauteur de la moëlle épinière ou la *conduction en hauteur des réflexes*, par exemple la transmission effectuée par la racine sensible d'un nerf du bras à la racine motrice d'un nerf de la jambe. Dans chacun de ces trois cas,le temps réflexe ne dépend pas sensiblement de l'énergie des excitations. Il est (comme on devrait s'y attendre) relativement très-faible, lors de l'excitation réflexe du même côté, où il mesure, dans les circonstances normales 0,008 à 0,015 de seconde (1). Mais, lors de la conduction transversale, il est (ce qu'on n'aurait pas peut-être prévu) relativement plus considérable, que pour la conduction en hauteur. Si on compare le réflexe transversal avec le réflexe du même côté, le retard du premier, par rapport à ce dernier, mesure, en moyenne, 0,004 de seconde. En comparant, avec le réflexe du même côté, le réflexe engendré dans la jambe par l'irritation d'une racine nerveuse sensible du bras, ordinairement le retard est un peu inférieur à 0,004 de seconde (2). Comme, dans le second cas, l'irritation doit parcourir au moins six ou huit fois plus de chemin, que dans le premier cas, évidemment, le retard, lors de la conduction transversale, devra être plus considérable, qu'avec la conduction en hauteur. Ceci tient probablement, à ce que la conduction en hauteur est opérée, en majeure partie, par les filets médullaires à direction longitudinale ; tandis que la conduction transversale doit se faire, presque entièrement, à travers le réseau ganglionnaire de la substance grise. Ces expériences comparées confirment donc cette conclusion assez vraisemblable, tirée de la longue durée du

1. *Untersuchungen*, p. 14 et suiv.
2. *Ibid.*, p. 30, 37.

temps réflexe : les éléments centraux opposent au parcours des excitations des résistances, bien supérieures à celles des filets nerveux. La même conclusion résulte de cet autre fait, que, dans les ganglions spinaux de la grenouille, le retard de la conduction est, en moyenne, 0,003 de seconde. Elle est également fournie par l'observation suivante, qui se rattache à ce fait : les racines des nerfs sensibles sont plus irritables, que les filets nerveux situés au-dessous des ganglions spinaux. Il y a aussi à signaler cette circonstance très-remarquable, que les expansions des nerfs sensibles dans le tégument cutané sont plus facilement excitables, que leurs rameaux nerveux qui avoisinent la peau. Dans les ganglions spinaux existent des arrangements ou dispositions, qui diminuent l'irritabilité des nerfs pénétrant à l'intérieur de ces organes ; de même, le tégument cutané doit présenter des dispositions ou arrangements, qui possèdent des propriétés opposées. Peut-être ici, faut-il prendre en considération ces cellules ganglionnaires périphériques, qui sont situées presque à l'extrémité de tous les nerfs sensoriels. Par suite, l'irritabilité des troncs nerveux et de leurs ramifications est un minimum, propriété, éminemment apte à protéger les organes centraux contre l'affluence des excitations sensorielles, sans but, dépourvues de finalité (1).

Le temps, employé par la conduction réflexe, nous suggère l'idée, que les éléments centraux opposent de grandes résistances aux excitations, qui leur sont transmises, et qu'ils sont également en état de développer une somme considérable de force accumulée à leur intérieur. Cette idée est confirmée par d'autres phénomènes très-nombreux. Nous citerons à ce propos le fait suivant. Presque dans tous les cas, où l'excitabilité de la moëlle épinière n'est pas augmentée par des moyens artificiels (2), une impulsion momentanée de l'irritant n'engendre aucune secousse réflexe ; mais, si l'application d'irritants répétés est nécessaire pour obtenir cet effet, la contraction revêt ordinairement un caractère tétanique (3). Voici un autre phénomène

1. *Untersuchungen*, p. 45 et suiv.
2. Comparer page 255, note 2 de ce livre.
3. Kronecker et Stirling, *Berichte der k. sächs. Ges. der Wissensch. zu Leipzig, math. — phys. Cl.* 1874, p. 372. Dans un nouveau mémoire (*Archiv f. Physiologie.* 1878, p. 23), Kronecker et Stirling rapportent, que les contractions, considérées par eux comme des secousses additionnelles, sont, à mes yeux, des secousses simples. Ceci tient à un malentendu. Je ne doute pas, que ces observateurs aient vu, dans leurs expériences, uniquement des secousses additionnelles. J'affirme seulement, que les secousses réflexes, obtenues par moi à l'aide d'un procédé expérimental tout différent, concordent absolument dans leur trajet avec d'autres secousses musculaires simples. Je fais ici abstraction de leur longue durée qui, selon la juste

qui montre très-nettement les différences d'irritabilité, existant entre la substance nerveuse périphérique et la substance nerveuse centrale. Si on irrite le nerf moteur par des décharges d'induction, qui se succèdent à des intervalles pas trop rapprochés, le muscle correspondant présente, comme Helmholtz l'a démontré le premier (1), des vibrations d'une fréquence égale. Ces vibrations sont perçues comme son, ou bien, elles peuvent se dessiner, grâce à un mécanisme approprié, sur un cylindre qui tourne avec une vitesse uniforme. Irritez de la même manière la moëlle épinière, le muscle entre également en vibration, mais la fréquence des vibrations est notablement ralentie. La fig. 75 montre deux courbes de vibration d'un muscle de lapin, obtenues de cette manière par Kronecker et Hall. Lors de l'application de quarante-deux irritants à la seconde, le muscle, dont le nerf moteur avait été irrité. dessinait la ligne d'onde supérieure; et la ligne inférieure, si l'on irri-

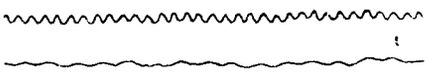


Fig. 75.

tait la moëlle épinière, sectionnée au-dessous de la moëlle allongée (2). L'observation suivante de Baxt se rattache étroitement à ce fait. D'après cet auteur, les mouvements volontaires, les plus simples possibles, durent bien plus longtemps, que de simples secousses, provoquées par l'irritation d'un nerf moteur. Ainsi, Baxt a remarqué, que l'indicateur de sa main droite, irrité par un courant d'induction, exécutait un mouvement en 0,166″; tandis que, pour produire ce mouvement, l'innervation volontaire exige 0,296″ (3).

L'action plus énergique, que l'application répétée des irritants exerce sur la moëlle épinière, tient, évidemment, à ce que chaque irritation laisse après elle une *augmentation de l'excitabilité réflexe*. Cependant, la substance centrale présente à cet égard, seulement d'une façon

remarque de Kronecker, n'est nullement par cela même le critérium d'une contraction tétanique, tant qu'on n'a pas démontré le caractère de discontinuité du processus d'excitation. D'ailleurs cette question: lors de la secousse simple, le processus n'est-il pas déjà discontinu? mérite d'autant plus un examen approfondi, qu'il existe des cas, où l'irritant momentané, appliqué même sur le nerf moteur, engendre un véritable tétanos.

1. Helmholtz, *Monatsberichte der Berliner Akademie* 1864, p. 307.

2 Kronecker et Stanley Hall, in *Archiv f. Physiol.* 1879, volume supplémentaire, p. 12.

3. Kronecker et Stanley Hall, *Ibid.*, p. 17.

plus accusée, les phénomènes, que nous a déjà révélés l'étude du nerf périphérique. Par contre, la substance nerveuse centrale paraît être accessible à certains effets *chimiques*, qui engendrent, par un mode encore inconnu, une modification analogue de l'irritabilité. Ces effets sont dûs aux *poisons réflexes*. La strychnine, grâce à la sûreté, avec laquelle elle produit ces modifications, occupe la première place parmi ces poisons. Cette propriété de la strychnine provient, probablement, de ce que son action se borne, presque absolument, aux cellules ganglionnaires de la moëlle épinière ; tandis que d'autres poisons nerveux, agissant sur les centres nerveux supérieurs ou sur les nerfs périphériques, suppriment, entièrement ou partiellement, l'influence de la moëlle épinière (1).

Voici les effets généraux d'un empoisonnement de ce genre. 1° Des irritants beaucoup plus faibles suffisent à provoquer la secousse réflexe; bientôt même, est atteinte la limite, où l'irritabilité réflexe est supérieure à l'irritabilité du nerf moteur. 2° Avec les irritants les plus faibles, qui excitent à peine la secousse, celle-ci est plus élevée et dure surtout plus longtemps, qu'à l'état normal ; si l'effet toxique s'accroît, cette secousse se convertit très-vite en contraction tétanique.

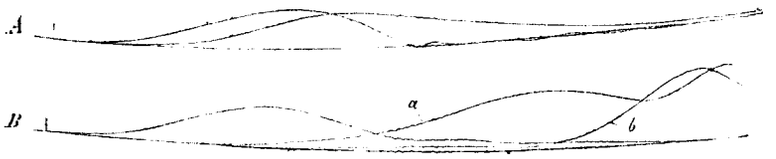


Fig. 76.

3° Le début de la secousse est toujours plus retardé ; aussi, le temps de l'irritation latente peut être le double de sa durée ordinaire. Simultanément, les différences, concernant le temps de l'irritation latente, s'accroissent énormément, que les irritants soient forts ou faibles : au summum de l'effet toxique, le tétanos réflexe ne montre guère, que des différences de degré, aurait-on choisi les irritants les plus forts ou les plus faibles ; et, avec ces derniers, le début de ce tétanos est extrêmement retardé. La fig. 76 nous donne un exemple de

1. *Untersuchungen zur Mechanik der Nerven*, II, p. 64.

ces modifications. La courbe *A* a été dessinée au début de l'effet toxique, et les courbes *B*, quand cet effet avait atteint son summum d'intensité ; la courbe *a* a été engendrée par un irritant momentané plus énergique, et, la courbe *b*, par un irritant momentané plus faible ; dans les deux cas, une secousse directe a été de nouveau représentée, afin d'établir la comparaison. Ce prolongement de l'irritation latente se rattache, sans doute, étroitement à l'augmentation d'irritabilité. Dans la cellule ganglionnaire modifiée par le poison, l'irritant peut évidemment exercer longtemps un effet consécutif, et, après avoir surmonté l'arrêt primitif, mettre finalement en jeu l'excitation. Il existe ici une certaine analogie avec ce qui a lieu, lors des irritations additionnelles ; seulement, la répétition de l'irritant extérieur est supprimée. Nous admettrons donc, que l'irritant produit, dans la cellule ganglionnaire modifiée, une foule d'irritations successives, qui s'additionnent et finissent par engendrer l'excitation. Ceci nous amène à formuler la pensée suivante. Par suite de la modification, les forces d'arrêt n'ont pas été sensiblement altérées ; et les forces excitatrices ne sont pas de nouveau, comme à l'état normal, unies, liées entièrement ou en grande partie, aussitôt après leur mise en liberté ; mais elles s'emmagasinent graduellement. Il est très-remarquable, que des effets analogues, seulement plus faibles, sont provoqués par l'action du froid sur la moëlle épinière (1).

Par opposition à ces effets, qui augmentent l'excitabilité des éléments centraux, il en est d'autres, les effets d'*arrêt*, qui ont été étudiés dans le chapitre précédent. Nous avons déjà vu (p. 188) les arrêts des réflexes se manifester, quand d'autres parties sensorielles étaient excitées. Le premier fait, qui avait dirigé l'attention vers les effets d'arrêt, était cette augmentation, connue depuis longtemps, de l'excitabilité réflexe de la moëlle épinière, augmentation consécutive à l'ablation du cerveau. Prenant ce fait pour point de départ, Setschenow a trouvé, que l'irritation de certaines parties cérébrales, du thalamus, des tubercules bijumeaux et de la moëlle allongée supprime ou retarde, chez la grenouille, le début des réflexes (2). Il était donc enclin à supposer, que la fonction de l'arrêt est limitée à des régions centrales déterminées. Or, comme d'après les données de l'expérimentation, l'irritation d'autres nerfs sensibles ou celle des cordons sensoriels de la

1. *Untersuchungen*, p. 56 et suiv.
2. Setschenow, *Physiol. Stud. über die Hemmungsmech. f. die Reflexthätigkeit des Rückenmarks*. Berlin 1863. — Setschenow et Paschutin, *Neue Versuche am Hirn und Rückenmark des Frosches*. Berlin 1865.

moëlle épinière produisent le même effet (1), les partisans de cette hypothèse furent obligés de répartir des centres réflexes de ce genre, dans presque tout l'organe cérébro-spinal. Puisque chaque excitation sensorielle peut être arrêtée par l'irritation d'un autre élément sensoriel quelconque, le domaine de l'arrêt, selon la juste remarque de Goltz (2), a une étendue aussi vaste, que celui de l'excitation sensorielle ; et, par-là, l'hypothèse des centres spécifiques d'arrêt est d'elle-même écartée. On était donc naturellement amené, à rattacher l'interprétation des phénomènes d'arrêt à cette expérience si connue, qu'une douleur violente est adoucie ou amoindrie, quand une autre partie du corps est également atteinte par une impression douloureuse. Selon Herzen et Schiff, cette corrélation de diverses excitations sensibles était un phénomène de fatigue ; et le renforcement des réflexes, après la suppression du cerveau, serait une conséquence du refoulement de l'excitation dans un domaine central plus limité (3). Mais de nombreux phénomènes contredisent cette explication. Ainsi, les phénomènes d'arrêt se montrent d'autant plus énergiques, que les animaux sont plus aptes à exercer leurs fonctions ; et, au contraire, la fatigue entraîne de plus en plus leur diminution, car une excitation, qui au début arrêterait un réflexe, est capable plus tard, quand la fatigue survient, de renforcer ce réflexe (4). En outre, l'ablation du

1. Herzen, *Sur les centres modérateurs de l'action réflexe.* Turin 1864. p. 32. — Setschenow, *Ueber die elektris. u. chemis. Reizung d. sensibeln Rückm-nerv.* Graz 1868, p. 40.

2. Goltz, *Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches.* Berlin 1869, p. 44, 50. D'autres parties cérébrales, différentes de celles désignées par Setschenow, arrêtent les réflexes. C'est ce que Goltz a démontré par son *expérience sur le coassement :* chez les grenouilles, il enlève les lobes cérébraux, touche légèrement la peau du dos, et le coassement se produit avec une sûreté, presque mécanique ; ce résultat fait souvent défaut chez les animaux non décapités. Les lobes cérébraux semblent donc capables d'exercer un effet d'arrêt sur les réflexes. Goltz, *loc. cit.* p. 41.) D'après les expériences de Langendorff (*Archiv* de du Bois-Reymond 1877, p. 133) et de Böttcher (*Ueber Reflexhemmung,* in *Sammlung physiol. Abhandl.* 2me série, 3e fascicule) le même effet se produit chez les animaux, qu'on a aveuglés ; par conséquent, lors de la suppression des lobes cérébraux, la section simultanée des nerfs optiques aurait, probablement, une influence décisive.

3. *Untersuchungen zur Meckanik der Nerven,* II, p. 87.

4. Goltz, in *Archiv* de Pflüger, vol. XX, p. 3. — Consult. Freusberg, *ibid.* vol. IX, p. 358 et suiv. — Goltz, comparant la conduite tenue par les animaux, au moment même de la lésion et longtemps après ce traumatisme, distingue généralement des *phénomènes d'arrêt* et des *phénomènes de dégénérescence.* Toutes ces modifications ou altérations qui, selon nous, dérivent du principe de la fonction vicariante, il incline à les ramener à des phénomènes d'arrêt, existant dès le début et disparaissant ensuite graduellement. Cette distinction des symptômes fonctionnels mérite, sans doute, toute considération. Mais, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, la tentative de Goltz, qui est connexe à cette question, son essai de restaurer la

cerveau renforce instantanément les réflexes, seulement chez les animaux à sang froid; mais, chez les chiens, toute section de l'organe central exerce d'abord un effet d'arrêt, qui disparaît longtemps après. Il convient d'attribuer cet arrêt à une irritation déterminée par la lésion, irritation qui laisse apparaître, après l'établissement de la guérison, les pures conséquences de la solution de continuité.

Si toute irritation sensorielle — qu'elle atteigne d'autres nerfs sensibles ou des parties centrales sensibles — est capable d'arrêter une excitation réflexe, en voie de se dérouler, il n'en est nullement ainsi dans toutes les circonstances. Mais, l'irritation nouvelle ou surajoutée *renforce* au contraire le réflexe, comme cela a toujours lieu, quand deux excitations se rencontrent dans un filet moteur ou dans un domaine central moteur. Appelons, d'une manière générale, *interférence des irritations* la rencontre de deux irritations dans le même domaine central, le résultat de cette interférence des irritations sensorielles doit avoir pour origines : 1° La *période*, dans laquelle se trouve une excitation, lorsqu'une autre excitation commence. Quand la secousse musculaire, engendrée par la première excitation, est en voie de se développer ou est même achevée, il se produit ordinairement un renforcement des irritations ; si, au contraire, une irritation existait depuis longtemps, la seconde irritation surajoutée est plus facilement arrêtée. 2° L'*intensité* des irritants. D'énergiques irritants d'interférence sont plus capables, que les faibles, d'arrêter une excitation réflexe ; et des irritants énergiques exercent, parfois, un arrêt sur la même excitation, qui est renforcée par de faibles irritants. 3° La *situation respective des filets nerveux irrités*. Les filets sensibles, placés à hauteur égale et du même côté de la moëlle épinière, appartenant donc primitivement à un même tronc nerveux, engendrent un arrêt beaucoup plus faible, occasionnent une excitation renforcée, relativement avec plus de facilité, que ne le font les filets, naissant de divers côtés ou à des hauteurs différentes de la moëlle épinière. 4° Enfin, l'*état de l'organe central* exerce une influence essentielle. Plus l'aptitude fonctionnelle normale est maintenue, et plus sûrement on doit s'attendre, toutes conditions égales d'ailleurs, à l'arrêt des réflexes. Si le froid, la strychnine et d'autres poisons augmentant les réflexes, ou si

doctrine de Flourens, conduit, si Goltz ne veut pas être contredit par des faits anatomiques et pathologiques solidement établis, à une application beaucoup trop vaste du principe de la suppléance. Nous ne pouvons donc pas accorder, que Goltz, en s'engageant dans cette voie, ait réussi à écarter ce principe.

une diminution de forces du système nerveux amenée par la fatigue, le défaut de nutrition, etc., manifestent davantage leur action, l'arrêt est d'autant plus faible ; et, à la place de l'arrêt, on voit apparaître le renforcement réciproque des irritations. Cet abaissement de l'arrêt se révèle de la manière suivante. Il n'est produit, que par des irritants énergiques et longtemps soutenus ; et il disparaît toujours, quand les filets nerveux, appartenant à la même racine, sont irrités. Mais, ordinairement on n'observe plus aucun arrêt, si le nerf est en état d'accomplir parfaitement son travail, ou si l'action du froid ou de la strychnine est augmentée (1).

On pourrait être tenté de considérer les effets d'arrêt, comme une interférence de mouvements irritatifs *oscillatoires*, interférence analogue à celle des vibrations lumineuses ou sonores, où les ondes, irritatives, qui se rencontrent, s'annulent entièrement ou partiellement (2). Or, cette hypothèse, qui serait incapable d'expliquer la simple extinction de l'irritation, effectuée par exemple dans les cellules ganglionnaires antérieures de la moëlle épinière, relativement aux irritations motrices, ne trouve aucun appui dans les faits révélés par le trajet de l'excitation. Les résultats variables de l'interférence des irritants démontrent au contraire, que, lors de l'irritation des éléments centraux, les effets excitateurs et d'arrêt se produisent simultanément. En outre, il est évident, qu'ici les phénomènes d'arrêt sont beaucoup plus accusés, que dans le filet nerveux périphérique. D'après les conditions particulières, où apparaissent ces deux sortes d'effets de l'irritation centrale, très-facilement l'effet externe d'arrêt prend naissance, quand les irritants sont transmis, de manière à se rencontrer dans un même domaine central *sensoriel*. Au contraire, l'addition des irritations semble toujours se produire, quand l'excitation, provenant de divers domaines centraux sensoriels simultanément irrités, se propage aux mêmes éléments *moteurs*. Généralement, ces *deux* effets se manifesteront en même temps, lors de chaque irritation simultanée de divers éléments sensibles; et des conditions spéciales détermineront, quel est celui d'entre eux, qui possède l'énergie prépondérante.

1. *Untersuchungen*, II, p. 84, 106 et suiv.
2. Prenant ces idées pour base, E. Cyon a établi une théorie des arrêts centraux. (*Bulletin de l'acad. de Saint-Pétersbourg*, VII, décembre 1870.) — Heidenhain a, d'ailleurs, battu en brèche les fondements de cette théorie, qui concernent l'innervation vaso-motrice. (*Archiv f. Physiologie* de Pflüger, IV p. 531.)

5. Théorie de l'innervation centrale.

Les phénomènes de l'innervation centrale témoignent d'effets moléculaires opposés les uns aux autres, semblables à ceux que nous a présentés le processus d'excitation, déroulé dans le filet nerveux. Nous prendrons ici pour base les vues générales, qui ont été développées, au sujet de ce dernier processus. Nous admettons donc pour la cellule ganglionnaire un état stationnaire, analogue à celui qui avait été supposé pour le nerf, un état, où les travaux moléculaires positif et négatif réalisés sont en équilibre. L'application d'un irritant augmente de nouveau les deux quantités de travail. Or, tout cela démontre, qu'ici l'accroissement du travail moléculaire négatif est notamment prépondérant; par conséquent, une impulsion momentanée de l'irritant ne provoque généralement aucune excitation. Cependant, si les irritants se répètent, les irritants suivants diminuent graduellement le travail moléculaire négatif, par rapport au travail positif, jusqu'à ce que enfin ce dernier augmente dans une telle étendue, que l'excitation apparaît.

Nous pouvons donc nous représenter que, dans la cellule ganglionnaire irritée, il se manifeste régulièrement un processus analogue à celui qui se développe dans le nerf, à l'anode, par suite de la fermeture du courant constant. Sous l'action de l'irritant, se produisent, d'une façon très-caractéristique, ces processus, qui consistent à convertir les combinaisons fixes en combinaisons plus relâchées, à accumuler par conséquent le travail de réserve. Comme, par l'effet du courant sur le nerf, l'action électrolytique amène probablement ces sortes de dissociations, qui n'ont pas lieu normalement dans le nerf, nous ferons alors la supposition suivante. L'irritation de la cellule ganglionnaire augmente seulement l'énergie de ce dernier organe, qui a spécialement pour but de constituer des molécules chimiques complexes, en d'autres termes, d'emmagasiner du travail de réserve. Ceci nous amène à démontrer une différence essentielle entre le filet nerveux et les cellules centrales, différence, qu'indiquent encore d'autres considérations physiologiques. Les cellules ganglionnaires sont les laboratoires, proprement dits, de ces matières, qui composent la masse nerveuse. Dans les

filets nerveux, ces matières sont, par suite de la fonction physiologique, consommées en grande partie ; et, évidemment, elles ne peuvent pas être formées dans ces organes, si nous faisons abstraction de cette restitution insuffisante et partielle qui, lors de chaque irritation, accompagne la dissociation. Car, séparés de leurs cellules d'origine, les filets perdent leurs éléments nerveux constituants ; et le renouvellement de ces derniers doit provenir des points centraux (1). Même, quand la fonction est à l'état de repos, aucun équilibre parfait entre l'échange de matières et de forces n'existe dans la cellule ganglionnaire. Or, la déviation s'opère ici dans un sens opposé, comme dans le filet nerveux. Chez ce dernier, la formation des produits définitifs de combustion, formation qui donne lieu à la production du travail positif, a la prépondérance. Dans la cellule, la production des combinaisons complexes, dans lesquelles s'emmagasine le travail de réserve, est prépondérante. Puisque, véritablement, dans le corps de l'animal, la production du travail positif, par conséquent la combustion des combinaisons organiques complexes, l'emporte généralement, c'est émettre une idée fausse de considérer, comme unique et exclusif, ce mode d'alternance d'échange de matériaux et de forces. Incidemment, il se fait toujours beaucoup plus de réductions, de décompositions de combinaisons fixes en combinaisons relâchées ; c'est pourquoi, le travail négatif est réalisé; en d'autres termes, la réserve de travail s'emmagasine. Le système nerveux est justement le réceptacle important de cet emmagasinement du travail de réserve. A la formation de la substance nerveuse coopèrent des combinaisons, partiellement plus complexes, que les matériaux de nutrition, dont elles proviennent. Ces combinaisons ont un pouvoir comburant élevé ; elles recèlent donc une grande quantité de travail de réserve (2). Les cellules ganglionnaires, qui sont les artisans de ces combinaisons, ressemblent en un certain sens aux cellules végétales. Elles recueillent le travail de réserve ; et celui-ci, après être resté latent pendant un temps quelconque, peut se convertir de nouveau en travail réel. Ainsi, les cellules ganglionnaires sont les entrepôts des travaux, qui seront ultérieurement utilisés. Les lieux principaux de consommation du travail, emmagasiné par ces cellules, sont les nerfs périphériques et leurs organes terminaux.

La manière différente, dont les cellules se comportent en présence

1. Voir page 109 et suiv.
2. Voir p. 39 et suiv.

des irritants, nous indique, qu'il y a en chacune d'elles deux régions. Par sa conduite vis-à-vis des irritants, l'une de ces régions est analogue à la substance nerveuse périphérique ; l'autre région s'en distingue considérablement. Nous nommerons la première, la région *périphérique* de la cellule ganglionnaire, et la seconde, sa région *centrale ;* toutefois, ces dénominations n'ont pas la prétention de déterminer la situation ou position respective des deux régions. D'après nos suppositions, la région centrale est spécialement le laboratoire de ces combinaisons complexes, qui forment la substance nerveuse : le lieu d'emmagasinement du travail de réserve. Un mouvement d'irritation, communiqué à cette région centrale, accélère seulement les processus moléculaires, dans la direction qui leur a été une fois assignée, et disparaît, par conséquent, sans effet extérieur. Il n'en est pas de même dans la région périphérique. Celle-ci prend encore part à la transformation du travail réel en travail de réserve. En outre, il se fait déjà, chez elle, une consommation plus active de matériaux avec production de travail ; aussi, une partie des matériaux de consommation lui viennent de la région centrale. Si elle est touchée par un irritant, ici, le travail moléculaire négatif dépasse notablement en étendue le travail moléculaire positif. Mais, quand le travail moléculaire négatif descend de nouveau à son point ordinaire, le travail positif persiste davantage et peut, par conséquent, après de longs intervalles de latence ou si, du moins, de nouvelles impulsions de l'irritant ont eu lieu, engendrer l'excitation. D'ailleurs, ici, comme dans le nerf, une partie seulement du travail moléculaire positif se transformera toujours en travail d'excitation ; de nouveau, une portion de ce dernier travail se changera en effets extérieurs d'excitation ; une autre partie du travail moléculaire positif redeviendra travail négatif ; et le travail d'excitation peut, entièrement ou partiellement, être converti en d'autres formes de mouvement moléculaire. En outre, dès que l'excitation a apparu, le travail d'excitation, accumulé, est consommé d'une façon relativement rapide et se comporte, comme une décomposition explosive. Conformément à l'arrêt énergique, une grande somme de travail d'excitation a pu cependant s'accumuler ; et, naturellement, l'effet de l'irritant, qui se déploie, est plus intense, que lors de l'irritation du nerf. La région irritable de la cellule ganglionnaire et la substance nerveuse périphérique se conduisent à cet égard, comme deux chaudières à vapeur, dont l'une est munie d'une soupape difficile à mouvoir et l'autre, d'une soupape très-mobile. Dans le premier cas, la force de tension de

la vapeur s'élève à une grandeur importante ; alors, la soupape se soulève et la vapeur s'échappe avec une force considérable. D'ailleurs, la région périphérique de la cellule a une conduite, probablement différente, selon les cas ; car, parfois celle-ci se rapproche plus ou moins de la manière d'agir de la substance nerveuse périphérique. Par exemple, les excitations sensibles, transmises en haut par les cellules ganglionnaires des cornes postérieures, sont évidemment moins modifiées, que les excitations réflexes, effectuées par les cellules ganglionnaires des cornes antérieures. Ces différences sont, peut-être, déterminées par le nombre des cellules centrales, que l'irritation doit traverser. On pourrait imaginer, qu'entre ces régions centrales et périphériques de la cellule ganglionnaire il s'établit un passage graduel, et que certains filets nerveux se terminent dans les régions moyennes, où l'arrêt est, sans doute, incomplet, mais où la propagation de l'irritation est entravée.

Voici, comment on peut interpréter cette augmentation particulière de l'irritabilité réflexe, provoquée par les irritants répétés ou par les substances toxiques. Grâce à l'influence de ces agents, le travail moléculaire positif, une fois mis en jeu, n'est plus capable, comme d'ordinaire, de se transformer de nouveau en travail négatif, ou bien, il opère plus incomplètement cette conversion. Par conséquent, il s'emmagasine, jusqu'à ce que l'excitation prenne naissance. Les effets de ces agents empêchent donc la restitution de la substance ganglionnaire ; ils permettent ainsi à des impulsions extérieures, relativement faibles d'engendrer une décomposition si rapide, que les forces de réserve sont épuisées en très-peu de temps.

Les phénomènes, concernant l'arrêt *alternatif* de ces excitations parvenues de divers côtés aux mêmes cellules ganglionnaires, et ce fait, que, par certaines cellules l'irritation se propage absolument dans *une seule* direction, mais est arrêtée dans la direction opposée, nous obligent à formuler encore les hypothèses suivantes. *Les irritations, qui atteignent la région centrale d'une cellule ganglionnaire, propagent les processus moléculaires, ici développés, à la région périphérique. De même, les irritations, qui aboutissent à la région périphérique, déterminent la forme du mouvement moléculaire, provoqué en ce point, à s'étendre à la région centrale.* La probabilité intrinsèque de cette proposition est mise en lumière, par ce fait généralement connu : tous les processus chimiques, dont l'état d'équilibre des molécules complexes a été

troublé, ont, pour ainsi dire, une tendance à se répandre au dehors. L'explosion de quantités très-minimes d'azotide de chlore suffit à décomposer plusieurs livres de cette substance ; et un seul éclat brûlant peut réduire en cendres tout le bois d'une forêt. Toutefois, dans le cas présent, il y aurait peut-être une difficulté, c'est que les processus moléculaires *opposés* se propagent, chaque fois et selon la direction, à une même masse. Mais nous devons considérer, que ces processus existent toujours simultanément dans chaque région de la cellule, et que, d'après les conditions nécessitées par l'échange continuel de matières, un passage incessant et graduel a lieu entre les deux régions. Nous rappellerons ici l'exemple du nerf modifié par le courant constant. Les processus moléculaires d'arrêt sont prépondérants dans le domaine de l'anode, et les processus moléculaires excitateurs, dans celui du cathode. Les irritants d'essai d'une énergie différente démontrent, que l'arrêt et même l'excitation sont augmentés à l'anode, et que le processus d'arrêt, si l'énergie du courant est accrue, se transmet au cathode et le dépasse même (comp. p. 279 et suiv.).

D'une manière analogue, les processus moléculaires se propageraient dans la cellule ganglionnaire. Donc, si un irritant, amené à la région centrale, met ici en jeu le travail moléculaire négatif renforcé, ce processus gagne aussi la région périphérique. Au contraire, si dans la région périphérique l'irritant élève le travail moléculaire positif, au point d'engendrer l'excitation, celle-ci atteint même par sympathie la région centrale. La fig. 77 nous représentera, par exemple, la conduite des cellules ganglionnaires des cornes antérieures et postérieures de la moëlle épinière, vis-à-vis de leurs filets afférents et efférents. *M* est une cellule de la corne antérieure, *S* de la corne postérieure ; *c* et *c'* sont les régions centrales, *p* et *p'* les régions périphériques de ces cellules. Dans la moitié antérieure de la moëlle, l'irritation se propage seulement de *m'* vers *m* ; dans la moitié intérieure, de *s* vers *s'* ; et l'irritant, provenant de *m* ou *s'*, est au contraire arrêté en *c*, *c'*. Une transmission de l'irritation entre *S* et *M* s'opère seulement dans une direction, de *S* vers *M*, mais non dans l'autre sens, car l'irritant, agissant en *m*, s'éteint en *c*. L'irritant agissant en *m'* peut être transmis

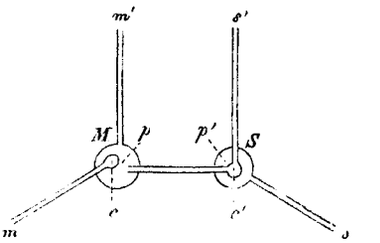


FIG. 77.

jusqu'en *c'*, où il doit se terminer, puisque, selon nos suppositions, la région centrale d'une cellule ne peut devenir le théâtre d'un mouvement moléculaire de l'excitation, qu'à partir de sa région périphérique. Enfin, l'excitation réflexe, émanant de *s*, est arrêtée par l'irritation déployée en *s'*, puisque le mouvement moléculaire de l'arrêt, né en *c'*, tend à se propager à la région périphérique ; aussi, l'excitation, qui commence ici, est entièrement ou partiellement supprimée.

Les résultats de l'irritation des ganglions périphériques, comme des ganglions du cœur, des vaisseaux sanguins, de l'intestin rentrent, sans effort, dans le cadre de cette hypothèse. Le mode d'union des nerfs avec les cellules ganglionnaires décidera également, si l'irritation des nerfs, aboutissant à ces ganglions périphériques, entraîne l'excitation ou l'arrêt. Les filets d'arrêt du cœur se termineront, par exemple, dans la région centrale des cellules ganglionnaires cardiaques, et les filets d'accélération, dans la région périphérique de ces cellules ; il n'est pas besoin d'admettre des appareils différents pour ces deux processus. Le résultat de l'irritation est modifié, car ces ganglions se trouvent simultanément dans une irritation automatique incessante ; aussi, les nerfs, provenant du dehors, exerçent seulement une action régulatrice sur les mouvements. D'ailleurs, ici, les cellules ganglionnaires jouissent de la faculté d'emmagasiner et d'*additionner* les irritations. L'énergique excitation des nerfs d'arrêt du cœur amène, après très-peu de temps, la cessation des battements de cet organe. Si les irritations sont plus faibles, cette cessation se produit, quand le cœur a exécuté plusieurs pulsations. Ce phénomène se manifeste encore plus nettement avec les nerfs d'accélération, toutes les fois qu'après le début de l'irritation, plusieurs secondes s'écoulent régulièrement, avant qu'une accélération notable apparaisse. D'autre part, l'irritant exerce son effet, longtemps après la cessation de son application, puisque le cœur revient graduellement à battre, comme auparavant.

Dans ces parties centrales périphériques, les rapports sont évidemment beaucoup plus simples. Cela tient aux deux raisons suivantes : 1° les cellules ganglionnaires forment entre elles des combinaisons moins compliquées ; 2° la simplicité de la structure entraîne la suppression d'une certaine variabilité des propriétés fonctionnelles, qui se manifeste dans le cerveau et la moëlle épinière. Selon les circonstances, les conditions de transmission peuvent varier extraordinairement dans ces organes centraux, ainsi que le témoignent les phénomènes de la

fonction vicariante et de l'exercice. Quand la voie principale est interrompue dans certaines parties de l'organe central, une autre voie de transmission, jusqu'alors subordonnée ou secondaire, devient capable de jouer le rôle de voie principale (1). De même, les influences de l'exercice nous apprennent, que les mouvements combinés, dont la première exécution était difficile, et possible seulement sous le contrôle continu de la volonté, s'opèrent graduellement avec plus de facilité, et, finalement, d'une façon parfaitement involontaire. Il s'agit, dans tous ces cas, de conductions effectuées partiellement par les cellules ganglionnaires, qui sont intercalées dans le trajet des filets nerveux. Ces phénomènes prouvent donc, *que si un processus d'excitation est souvent transmis dans une direction déterminée par une cellule ganglionnaire, cette direction sera alors spécialement disposée à transmettre les irritations futures, qui atteindront cette même cellule.* Si nous traduisons cette proposition dans les termes de l'hypothèse émise précédemment, cela signifie, que la conduction, souvent répétée dans une direction déterminée, par la voie correspondant à cette dernière, confère de plus en plus à la substance centrale la composition ou nature particulière de la région périphérique. Or, une transformation de ce genre concorde absolument avec les lois générales de l'irritation. Si un irritant répété atteint le nerf périphérique, les forces d'arrêt de cette organe diminuent de plus en plus : tant que l'aptitude du nerf au travail n'est point épuisée, son irritabilité augmente, si l'irritation se répète souvent. Donc, cette irritation entraîne ordinairement avec elle une modification de la substance nerveuse ; aussi, cette dernière est lésée dans sa propriété d'exercer cet effet d'arrêt, lié à la restitution des forces internes, effet qui appartient spécialement aux éléments des parties centrales. Ceci nous fournit la meilleure explication du *principe de l'exercice*, qui a été déjà mentionné (2). Ce principe implique en même temps les deux principes les plus importants des fonctions centrales : la loi de la localisation et la loi de la suppléance. Par conséquent, les propriétés mécaniques de la substance nerveuse, que nous venons d'examiner, servent de base fondamentale à notre connaissance des diverses fonctions et des phénomènes des organes centraux.

1. Comp. p. 115, 175.
2. Comp. p. 252.

Notre étude avait pris pour point de départ ce fait, que les manifestations biologiques psychiques sont, depuis la différenciation la plus primitive des fonctions, liées aux travaux physiologiques effectués par le système nerveux. La mécanique des éléments nerveux nous a donné l'explication générale de cette loi. Le corps de l'animal emmagasine, spécialement dans les cellules ganglionnaires, le travail de réserve, qui est tout prêt à être utilisé ultérieurement. La richesse de cette provision et la forme de son accumulation sont déterminées par le développement primitif du système nerveux, l'hérédité des parents, soit par le mode d'action des irritants sensoriels qui, venus du dehors, fondent sur ce système. Ces irritants sensoriels peuvent rester latents dans les parties centrales, en mettant uniquement en jeu les processus internes, ou bien, ils se transforment directement en travail extérieur, excitation des nerfs et des muscles, processus qui, de leur côté, à l'exemple des irritants sensoriels, réagissent à l'intérieur. Ainsi, ce lieu central des fonctions physiologiques est sous l'influence constante et modificatrice des agents, provenant de l'extérieur. Or, voici les deux propriétés fondamentales du système nerveux. Il reçoit les impressions extérieures, qui ont pour effet d'agir sur sa disposition proprement dite; et, grâce à l'influence directe ou continue des impressions extérieures, il transforme en mouvements la réserve de travail emmagasiné. Ces deux propriétés se ramènent aux deux grandes et importantes fonctions psychologiques, à la représentation sensorielle et au mouvement spontané, qui seront l'objet d'un examen détaillé, dans les sections suivantes de ce livre.

DEUXIÈME SECTION

DES SENSATIONS

CHAPITRE VII

ORIGINE ET PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DE LA SENSATION

1. — Concept de sensation.

Dans la description suivante, nous donnerons le nom de *sensations* à ces états de notre conscience, qu'il est impossible de décomposer en éléments plus simples. Et nous appellerons *représentations* (Vorstellungen), les formations, plus ou moins complexes, que constituent les sensations, en se combinant continuellement dans notre conscience.

Ce sont uniquement les besoins de l'analyse psychologique, qui ont amené à prendre dans cette signification le concept de sensation. La sensation simple ne nous est jamais donnée isolée ; elle est le résultat d'une abstraction, que nous sommes obligés de faire, à cause de la nature complexe de toutes les expériences internes. Avant d'examiner les combinaisons, la chimie étudie d'abord les éléments des corps ; de même, la psychologie, qui analyse tous les phénomènes psychiques, doit préalablement connaître les sensations. Or, il existe une différence essentielle dans les deux cas. La plupart des éléments chimiques se montrent à l'état isolé ; ils se présentent donc directement à l'observation. Mais les sensations élémentaires nous sont uniquement révélées d'après les combinaisons, qu'elles forment entre elles. Pour ce motif, la question suivante : quels sont les éléments de la perception interne,

qui peuvent être considérés, comme réellement indécomposables, est en quelque sorte insoluble. Chaque sensation a certaines propriétés ; et, par ce moyen, elle se différencie d'autres sensations. Des sensations différentes se distinguent par leur *qualité ;* ou bien, si celle-ci est analogue, leur *intensité* peut ne pas être la même. La pensée ne conçoit pas ces deux propriétés, séparées l'une de l'autre. Pour être sensible, c'est-à-dire perçue, la qualité doit posséder une certaine intensité ; et l'intensité, se rapporter à une qualité quelconque.

On est moins fixé sur une troisième propriété de la sensation, nommée le *ton de sentiment* (Gefühlston) de la sensation. Incontestablement, de nombreuses sensations nous excitent agréablement ou désagréablement. Il y a donc des *sentiments de plaisir* et des *sentiments de déplaisir* de la sensation. Parfois, on met en doute, que toutes les sensations soient accompagnées de sentiments ; et tantôt on conteste, au contraire, que chaque sentiment se trouve lié à une sensation. Dans le premier cas, on parle de *sensations dépourvues de sentiments*; et, dans le second, on suppose des *sentiments dépourvus de sensations*. Plus tard, nous examinerons ces points controversés ; provisoirement, nous nous bornerons aux remarques suivantes. L'existence de sensations, dépourvues de sentiments, n'empêche pas, évidemment, d'admettre le ton de sentiment, comme une propriété régulière de la sensation. Car, il s'agit de faire cette simple réflexion : le plaisir et le déplaisir sont des états opposés ; l'énergie de chacun d'eux va s'affaiblissant graduellement, et ils se transforment l'un dans l'autre, en traversant le point d'indifférence. Ce rapport régulier implique ce fait, que le ton de sentiment, est, selon les circonstances, nul ou infiniment petit. L'hypothèse de sentiments, dépourvus de sensations, ne pourrait reposer, que sur une définition modifiée des concepts de sensation et de sentiment ; elle n'aurait donc aucune importance en fait. Avec cette hypothèse, on transporte directement dans le sentiment la qualité et l'énergie de la sensation. La différence consiste uniquement à appeler, ici, non pas sensations, mais sentiments, les sensations douées d'un sentiment énergique. Par contre, la distinction de ces trois propriétés oblige de supposer, que ces propriétés sont incapables de se présenter jamais à l'état d'isolement, et que leur séparation est une abstraction, nécessitée par le changement des sensations.

Il existe encore une quatrième propriété, essentiellement caractéristique, qu'on a parfois attribuée à la sensation : *sa relation locale*. Elle est l'élément constant et régulier des sensations tactiles et visuelles.

elle ne s'unit aux autres sensations sensorielles, que si celles-ci sont mêlées à des représentations tactiles ou visuelles. Mais, dans les sensations tactiles et visuelles, la relation locale permet, évidemment, de relier simultanément un plus grand nombre de sensations. C'est pourquoi, cette relation locale, de même que l'ordre des sensations dans le temps, sera examinée, quand nous étudierons la formation des représentations. En effet, nous verrons, qu'une grande partie des processus de cette formation se compose véritablement de ces liaisons, que les sensations opèrent dans le temps et dans l'espace. La *qualité*, *l'intensité* et le *ton de sentiment* sont donc les seuls éléments constituants de la *sensation pure*. Quel est le rapport réciproque de ces trois éléments constituants ? Nous répondrons à cette question, quand nous aurons terminé l'étude spéciale des sensations.

2. — Conditions physiques de la sensation.

Nous appelons *irritants de sensation* les conditions *physiques* de cette dernière. Ce sont des phénomènes extérieurs, agissant sur les organes sensoriels tournés vers le monde extérieur, ou bien, des changements d'états, ayant pris naissance dans l'organisme lui-même. Il y a donc des irritants de sensation, *externes* et *internes*. Mais, dans les organes sensoriels, il peut se développer des irritants internes, qui ont pour origine les conditions de structure ou les modifications, survenues dans l'état des organes. Ces sortes d'irritants internes, qui se forment par exemple dans l'œil et l'oreille, par suite de la pression à laquelle sont soumises les surfaces sentantes ; dans la peau, consécutivement à l'apport variable du sang et aux changements de température, qu'entraîne cette dernière circonstance, ont par conséquent, ici, une importance secondaire. D'autres organes sont, au contraire, exclusivement accessibles aux irritants internes. A ce groupe appartiennent généralement toutes ces parties du corps, que leur situation soustrait à l'influence directe des agents extérieurs. Ordinairement, ces organes internes ont une irritabilité plus émoussée. Des sensations nettes ne s'y produisent, que dans des conditions anormales, par suite des irritants pathologiques ; ou bien, les sensations, qui y prennent naissance, lors de l'état normal, sont extrêmement faibles, et alors elles échappent d'autant plus facilement à l'observation, qu'elles

diffèrent peu de qualité et d'intensité. Toutes ces sensations des parties internes sont résumées par le terme de *sensations générales* (Gemeinempfindungen), parce que de ces sensations dépend principalement la manière d'être subjective, déterminée sensoriellement, que ressent l'individu ou le *sentiment général*, la *sensibilité générale* du corps (Gemeingefühl).

Parmi les sensations originaires de l'irritation interne, celles, qui proviennent des *organes nerveux centraux*, occupent un rang important. Elles ne sont pas localisées aux endroits, où est née l'irritation; mais, constamment, elles sont rapportées à ces organes périphériques, qui sont unis par la conduction nerveuse avec les parties centrales en question. A cette classe appartiennent des sensations très-hétérogènes, que nous séparerons en *trois* groupes. Le *premier* groupe comprend les sensations, servant de régulateur à certaines fonctions végétatives, par exemple le sentiment du besoin de respirer à ses divers degrés, le sentiment de la faim et de la soif. Ces sensations constituent un élément essentiel de la sensibilité générale. Avec ces sensations, localisées à la périphérie et originaires de l'irritation centrale, s'unissent ordinairement ces sensations, qui résultent de l'excitation des organes périphériques eux-mêmes. Le *second* groupe est celui des sensations, qui sont liées aux mouvements des muscles soumis à la volonté : les *sensations de mouvement*. Le rôle important, qu'elles jouent dans la formation des représentations effectuées par les sens externes, les met en relation étroite avec les impressions sensorielles, proprement dites. Leur origine est mixte ; car, les sensations, qui sont dûes à l'état de contraction des muscles, se combinent avec les sensations d'innervation centrale. Le *troisième* groupe est celui des sensations centrales. Ce sont des sensations, provenant de l'irritation de ces surfaces sensorielles centrales, qui commandent aux domaines périphériques des organes sensoriels externes. Ces sensations prennent naissance de deux manières : elles sont les éléments constituants des représentations reproduites, grâce aux lois générales de la corrélation des représentations ou bien, elles sont les éléments constituants des hallucinations et des représentations du rêve, grâce à l'excitation physiologique directe des parties centrales, qu'ont déterminée les irritants automatiques étudiés au chapitre V, p. 202. Ces deux formes de sensations sont très-voisines et passent, parfois, de l'une à l'autre. Elles se rapprochent intimement des impressions sensorielles, proprement dites, et souvent ne peuvent en être distinguées : aussi nous les appellerons *impressions sensorielles*

centrales. Elles dépendent de l'irritation directe de ces surfaces sensorielles centrales, où rayonnent finalement les filets des nerfs sensoriels (1).

Les processus extérieurs qui, agissant comme irritants sur nos organes sensoriels, engendrent *l'impression sensorielle*, sont des *mouvements*. Cependant, certains processus de mouvement possèdent la propriété des irritants sensoriels et, parmi ceux-ci, il en est quelques-uns qui excitent simplement des organes sensoriels déterminés. Il y a donc des irritants sensoriels *généraux* et *particuliers*. D'après l'état actuel de la science, *quatre* espèces de mouvements obligent, dans des circonstances appropriées, chaque organe sensoriel à produire la sensation. Ce sont 1° la pression mécanique ou le choc (l'impulsion), 2° l'électricité, 3° les variations du calorique, et 4° les effets chimiques. Chacun de ces mouvements doit posséder une certaine intensité et une certaine vitesse, pour jouer le rôle d'irritant. Très-probablement, ces sortes de mouvements jouissent de cette propriété, parce qu'ils mettent directement en jeu, dans le filet nerveux lui-même, les processus d'irritation ; or, il excitent, comme irritants, non seulement les organes sensoriels, mais les nerfs sensoriels et, même, tous les nerfs, moteurs ou sécréteurs. Les irritants sensoriels *particuliers* ou *spécifiques* se distinguent des autres, puisque chacun d'eux prend pour point d'attaque un organe sensoriel particulier, qui présente des appendices terminaux, doués d'une structure spéciale. Parmi les cinq organes sensoriels, quatre d'entre eux seulement ont des irritants sensoriels spécifiques. L'organe auditif a pour irritant de ce genre le son ; l'œil, la lumière ; les organes gustatif et olfactif, les actions chimiques, qui émanent, pour le premier, des liquides, et pour le second, des matières gazéiformes. L'action chimique appartient bien aux irritants nerveux généraux ; mais, elle a besoin de se trouver en présence d'organes terminaux particuliers, pour agir avec une intensité aussi faible, que sur les

1. D'après leur origine physique, toutes les sensations peuvent être classées de la manière suivante :

Sensations originaires de l'irritation périphérique.		Sensations originaires de l'irritation centrale.	
Impressions sensorielles périphériques.	Sensations organiques.	Sensations d'innervations et sensations générales centrales.	Impressions sensorielles centrales.
		Sensations générales.	

muqueuses gustative et olfactive. Dans ces conditions spéciales, elle est donc un irritant sensoriel spécifique. Les irritants nerveux généraux engendrent, d'ailleurs, des sensations, qui égalent celles mises en jeu par les irritants sensoriels spécifiques. Ainsi, lors de l'irritation mécanique ou électrique des nerfs optique et auditif, on observe la sensation de lumière et celle de son. Relativement à l'irritation chimique et thermique, ces organes n'ont pas été explorés, à cause des difficultés inhérentes au mode d'application des irritants, dans cette circonstance; la démonstration correspondante n'a pas été faite sur les nerfs gustatif et olfactif. En admettant, comme très-probable, que la réaction, exercée contre chaque irritant, tient à la qualité sensorielle spéciale au nerf, on adjuge à chacun de ces nerfs et organes sensoriels une *énergie sensorielle spécifique*. Cette dernière expression signifie, que l'excitation de l'un des quatre organes désignés ou des filets nerveux, qui leur sont connexes, produit, après l'application d'un irritant quelconque, une espèce de sensation spéciale, propre seulement à l'organe en question et nullement comparable à la sensation d'un autre organe. Prise dans cette acception, la loi de l'énergie spécifique exprime un fait incontestable d'expérience. Il n'en est pas de même, si l'on entend par ces mots, que la différence de sensation est occasionnée par des propriétés physiologiques spécifiquement différentes, appartenant aux nerfs sensoriels, hypothèse, qui est le produit de la théorie des énergies spécifiques, principalement développée par J. Müller (1). Parmi les cinq surfaces sensorielles du corps, l'une d'elles, la plus étendue, le tégument cutané ou l'organe tactile, occupe un rang à part, car il n'existe pas pour lui d'irritants sensoriels spécifiques. A la vérité, l'organe du tact est spécialement sensible à deux des irritants nerveux généraux, aux variations de pression et de calorique ; et cette disposition ou aptitude tient à la situation plus libre des ramifications terminales, qui présentent, en beaucoup d'endroits, des mécanismes particuliers, plus accessibles aux irritants par pression. Les sensations de pression et de chaleur du tégument cutané sont, d'ailleurs, analogues aux sensations organiques. Celles-ci ont le caractère des sensations indéterminées de pression et de chaleur ; et, si leur intensité est plus considérable, elles ressemblent aux sensations douloureuses de l'organe tactile. A cause de ces relations, les sensations tactiles et générales portent ordinairement le nom de *sens du sentiment* ou *sens général de*

1. Voir chap. V, p. 239 et suiv. et, plus loin, rubrique 4 du chapitre VII.

la sensibilité (Gefühlssinns) (1), expression, qui indique encore l'intensité du ton de sentiment de ces sensations.

Dans les irritants sensoriels, nous distinguons, comme dans tout processus de mouvement, la *forme* et l'*énergie* des mouvements. La *qualité* de la sensation dépend de la forme du mouvement; et son *intensité*, de l'énergie des mouvements. Mais le *ton de sentiment* est déterminé par la qualité et l'intensité de la sensation; il est donc indirectement occasionné par la forme et l'énergie des irritants. Aux grandes différences existant dans la forme de l'irritation correspondent des sensations *hétérogènes* ou *disparates*; et aux faibles différences, des sensations *homogènes* ou de *même nature*. Généralement, les sensations disparates sont celles, qui ne présentent aucun passage ou transition continue de l'une à l'autre; il nous est impossible de les comparer entre elles. Les sensations des divers sens, celles de lumière, de son, des saveurs sont, par conséquent, disparates. Au contraire, les sensations d'un sens particulier sont, la plupart du temps, homogènes, de même nature; car, en graduant continuellement l'irritation, on peut arriver, par une transition continue, d'une sensation quelconque à tout autre sensation. Il n'y a que le sens général, le sens du sentiment (la sensibilité), qui possède deux qualités de sensation hétérogènes: les sensations de pression et de température. On peut donc le décomposer de nouveau en *sens de pression* et *sens de température*. La condition extérieure de ces rapports réside dans la composition des irritants sensoriels et la structure si diverse des organes sensoriels. Parmi les formes si multiples de mouvements de la nature extérieure, un petit nombre seulement est capable d'agir sur nos organes sensoriels. Les irritants de chaque sens constituent une série continue: ils remplissent la condition requise pour l'homogénéité des sensations. Entre les formes des irritants des divers sens, il n'existe généralement nulle espèce de passage continu, mais il y a des formes de mouvement intermédiaires, qui n'excitent point nos organes sensoriels.

Ces rapports se révèlent avec la plus grande netteté, à l'occasion de ces irritations sensorielles, qui consistent en *mouvements vibratoires*. Dans chaque mouvement vibratoire, nous distinguons l'*amplitude* et la *forme* des vibrations. L'*amplitude* est la distance, que parcourt un corps mobile, en s'éloignant, à chaque vibration, de la position d'équilibre, qu'il occupait dans l'espace. La *forme de vibration* est la

1. J. Müller, *Handbuch der Physiologie*, vol. II, p. 275. Coblenz 1840.

courbe, qu'il décrit, durant un temps donné. Elle sera *périodique* ou *non périodique*. Le mouvement périodique se répète toujours et exactement de la même manière, à des intervalles isochrones; dans le cas contraire, le mouvement est non périodique. Par exemple, *A* (fig. 78) est une vibration non périodique; *B*, *C* et *D* sont des vibrations périodiques. Deux formes de vibrations périodiques peuvent se distinguer l'une de l'autre; car, malgré l'analogie de configuration de la courbe vibratoire, la vitesse des vibrations est différente; ou bien, la vitesse est la même et la configuration de la courbe diffère;

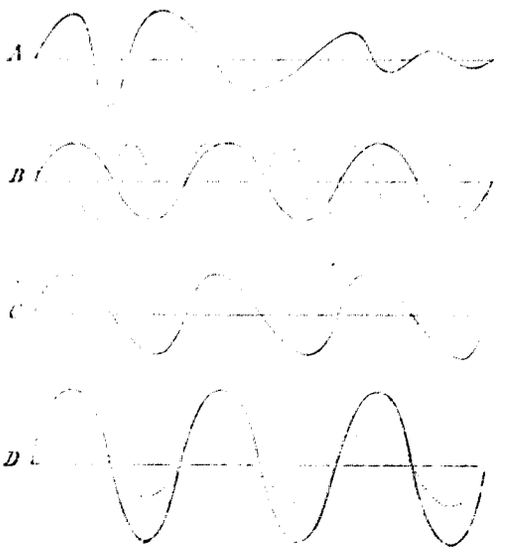


FIG. 78.

ou, enfin, la vitesse des périodes et le tracé de la courbe ne sont plus les mêmes. *B*, *C* et *D* représentent ces divers cas. Les formes des deux courbes concordent en *B*; mais, les périodes de la ligne ponctuée se répètent deux fois plus vite, que celles de la ligne pleine. Quant à la vitesse des périodes, la courbe *C* correspond à la ligne pleine *B*; mais, la forme n'est pas la même et *C* diffère, à ces deux points de vue, de la ligne ponctuée *B*. Enfin, le tracé *D* reproduit encore le rapport de l'amplitude et de la forme de vibration. Les deux courbes concordent, quant à la vitesse et à la forme des périodes;

mais la courbe ponctuée a une amplitude moindre. L'amplitude répond à l'intensité, et la forme de vibration, à la qualité de la sensation. Les différences les plus importantes de la forme des vibrations consistent dans la *vitesse diverse ou la longueur d'onde des vibrations*. Des longueurs d'onde dépendent en même temps les variétés principales de la qualité de la sensation. Nous percevons, comme tons, les vibrations de 16 à 36,000 à la seconde ; et comme lumière ou couleur, celles de 450 à 785 billions. Entre ces deux vibrations extrêmes s'intercalent les sensations de température. Elles dépassent encore la limite inférieure des sensations de lumière, mais elles commencent bien au-dessus de la limite supérieure des vibrations sonores.

Les formes de mouvement extérieur, que nous appelons les *irritants sensoriels physiques*, excitent la sensation, par l'intermédiaire d'un mouvement interne, que produit dans les appareils sensoriels l'*irritation sensorielle physiologique*. Les seuls mouvements extérieurs, qui soient des irritants sensoriels, sont ceux auxquels correspondent, dans un organe sensoriel quelconque, des mécanismes qui permettent une transmision du mouvement, une conversion de l'irritant physique en irritant physiologique. Grâce à cette conversion, une transformation plus ou moins importante des mouvements peut avoir lieu. Nous sommes relativement peu renseignés sur les processus de l'irritation sensorielle physiologique, auxquels appartiennent, pris au sens large, les processus d'excitation déroulés dans les nerfs sensoriels et dans les organes centraux sensoriels ; aussi, nous ne sommes pas encore en état de connaître, d'une manière précise, le mode de cette transformation. Nous pouvons seulement tirer quelques conclusions à postériori de la durée du parcours des excitations ; ainsi, nous admettons, que dans les cas, où la durée de ce trajet coïncide approximativement avec celle de la transmission des irritations physiques externes, la transformation sera moindre, que dans les circonstances, où une concordance de ce genre n'existe pas. Sous ce rapport, toutes les impressions sensorielles constituent *deux classes principales* :

1° Les sensations des *sens mécaniques*. Ce sont le *sens de pression* et le *sens de l'ouïe*, où l'excitation physiologique est, par la durée de son parcours, une image assez fidèle du mouvement mécanique extérieur, qui agit sur les appareils terminaux des organes sensoriels.

2° Les sensations des *sens chimiques*. Nous donnons ce nom aux *sens de température, de l'odorat, de la gustation, de la vue*, où l'on n'aperçoit nulle espèce de correspondance entre la forme physique et

physiologique de l'irritant, et où s'accomplit donc, probablement, une transformation chimique très-profonde.

Malgré ces désignations, il ne faudrait point croire, que des processus chimiques ne participent pas, même dans les sens mécaniques, à l'irritation physiologique. Les termes de « mécanique » et de « chimique » ne marquent pas, sans doute, une différence radicale ; car, les processus chimiques doivent être finalement regardés, comme des processus de mouvement. Particulièrement les processus d'irritation, qui se manifestent dans les nerfs sensoriels et les centres sensoriels, sont, très-probablement (comme nous l'avons vu au chap. VI), des processus absolument chimiques. Cette distinction indique seulement, jusqu'à quel point les propriétés mécaniques, que présente la forme extérieure de l'irritation, sont ou non encore conservées, lors de l'irritation physiologique. Mais la structure de divers organes sensoriels, surtout de l'oreille et de l'œil, démontre que, dans les sens mécaniques, l'appareil sensoriel extérieur transmet aux nerfs sensoriels le mouvement physique, sans en modifier la forme, autant que possible; tandis que, pour les sens chimiques, il s'opère déjà dans les épithéliums sensoriels une transformation en mouvements moléculaires chimiques. Ces désignations sont donc principalement empruntées aux différences des organes sensoriels externes. Et, en les prenant pour base, nous admettons que, dans les sens mécaniques, l'organe sensoriel externe accomplit un travail mécanique et, dans les sens chimiques, un travail chimique.

3. — Développement des fonctions sensorielles.

Nos connaissances des fonctions sensorielles, dans le règne animal, s'appuyent spécialement sur la comparaison anatomique des appareils sensoriels externes, et, seulement en très-faible partie, sur les observations, que nous révèle la conduite des animaux, mis en présence des irritants sensoriels. D'après cette comparaison, il est indubitable, que les sensations des organismes supérieurs résultent d'une différenciation des excitations sensorielles, qui étaient primitivement uniformes. Les fonctions du *sens du sentiment* (de la sensibilité), les sensations de tact, de température et les sensations générales sont donc, ici, le point de départ commun du développement. Nous avons déjà remarqué que, chez ces êtres inférieurs, dont la masse du corps se com-

pose de protoplasma, évidemment, cette substance contractile est aussi le siège des sensations (p. 27, fig. 2). Si le protoplasma est homogène, les sensations seront probablement très-uniformes ; et nous devrons admettre, que ces irritations externes, qui excitent les mouvements du protoplasma, jouent simultanément le rôle d'irritations sensorielles. Dans les conditions normales de la vie des protozoaires, ces irritations sont exclusivement celles de pression et de température. Les unes et les autres agissent non seulement sur la surface tactile de l'animal, mais sur toute la masse corporelle de l'individu ; les sensations tactiles et générales semblent donc encore confondues ; au contraire, la pression et la température, par suite de la grande variété de mouvements, qu'elles occasionnent dans le protoplasma, pourraient donner lieu chez ces animaux à des sensations disparates. Comme l'irritation thermique est visiblement liée à une modification chimique plus profonde de la substance contractile, que l'irritation mécanique, cette double irritabilité du protaplasma sera naturellement la base fondamentale, d'où émane le développement des sens mécaniques et des sens chimiques. Les irritants chimiques et électriques agissent même sur les mouvements du protoplasma. Cependant, ils n'appartiennent pas, dans tous les cas, aux irritants biologiques ordinaires ; et il est douteux, qu'ils occasionnent d'autres sensations, que celles de pression et de température. Tout au plus pourrait-on supposer, que des altérations chimiques du liquide ambiant, qui modifient les conditions de diffusion à travers les couches superficielles de la substance contractile, sont senties ou perçues d'une façon spéciale ; et, en cela, elles seraient une sorte d'équivalent primitif du développement ultérieur des sensations gustatives et olfactives. Probablement, chez les protozoaires les plus infimes, la lumière agit seulement comme chaleur. On est néanmoins obligé d'admettre, que les taches pigmentaires, répandues à la surface du corps de nombreux infusoires, sont des appareils destinés à absorber la lumière et rendre le protoplasma environnant plus sensible à cet agent. De cette manière, ces taches pigmentaires doivent être les organes visuels les plus simples.

D'après les observations, faites sur les organismes les plus inférieurs, toutes les impressions sensorielles ont pour base fondamentale le sens général du sentiment (la sensibilité). L'*histoire de l'évolution des organes sensoriels* confirme cette explication ; et, elle nous apprend, que les appareils sensoriels spécifiques, depuis les organismes les plus inférieurs en remontant jusqu'à l'homme, sortent du revêtement externe

du corps de l'animal. Or, ce développement se compose de deux sortes de phénomènes, qui sont : 1° le perfectionnement de l'organe général du tact, effectué par la formation d'appareils tactiles particuliers ; et 2° l'apparition d'organes sensoriels spécifiques. Le premier de ces développements rend diverses parties de l'organe tactile plus sensibles aux irritants tactiles généraux. Le second fait éprouver à ces parties une métamorphose ; et, par suite de cette métamorphose, des irritants sensoriels particuliers, le son, la lumière, les matières gustatives et olfactives, sont capables d'exciter les terminaisons des nerfs sensibles.

Le *développement des appareils tactiles* commence avec la différenciation la plus primitive des substratum organiques, et marche de pair avec la formation d'organes moteurs particuliers. Nous avons déjà considéré le revêtement ciliaire des infusoires (fig. 3, p. 27), comme une transformation protoplasmatique, qui contribue simultanément à la locomotion et à la sensation tactile. Deux facteurs permettent donc aux cils de jouer le rôle d'organes tactiles : 1° le vaste développement de la surface tactile, et 2° la propriété, qu'ont ces éléments, d'être des instruments destinés à étendre, pour ainsi dire, la sensibilité du corps. Ces circonstances ont, évidemment, favorisé dans toute la série des invertébrés le développement de ces appareils tactiles, qui, en qualité de bourgeons, d'excroissances du revêtement externe corporel, permettent une certaine action à distance. Quand le système nerveux est complètement formé, ces appareils tactiles résident toujours dans des endroits très-riches en nerfs. Nous citerons ici les fils préhenseurs spéciaux, les tentacules, les suçoirs des polypes, des méduses et des échinodermes ; les palpes existant en divers points du corps et, surtout, à l'extrémité de la tête, chez les vers vivant en liberté et les mollusques ; enfin, les bâtonnets tactiles situés aux extrémités des membres et des antennes des arthropodes. Les cils des protozoaires et, en partie, même les antennules ou barbillons des cœlentérés exercent simultanément la fonction d'organes tactiles et moteurs. Mais, les annexes corporelles analogues des invertébrés supérieurs jouent seulement le rôle d'appareils tactiles : ceux-ci ont une sensibilité exquise, car des nerfs sensibles se trouvent spécialement répandus à leur base. Ainsi, les tentacules des mollusques et des arthropodes sont ordinairement pourvus de nerfs considérables. Les bâtonnets tactiles des insectes reposent sur les cellules terminales spéciales des nerfs sensibles (fig. 79). Ici, ces cellules sont probablement les seules parties

sensibles, et les bâtonnets tactiles, des prolongements insensibles, mais dont les mouvements se communiquent à leur base sensible. De cette manière s'opère, déjà, la transition aux organes tactiles supérieurement développés, où les parties les plus sensibles n'apparaissent point, comme des prolongements immédiatement en contact avec les objets

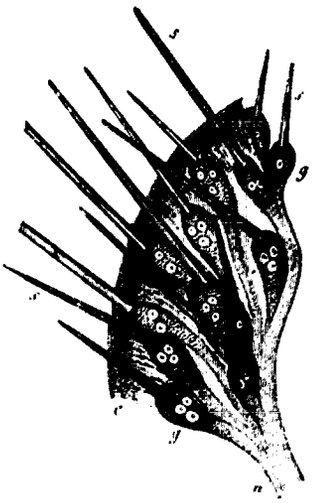


Fig. 79. Terminaisons nerveuses et bâtonnets tactiles de la trompe d'une mouche; d'après Leydig. *n* Nerf tactile ; *g* ses cellules terminales. *s* Bâtonnets tactiles. *c* Poils fins de la cuticula.



Fig. 80. Organes de forme utriculaire, appartenant à la muqueuse palatine de la tanche: d'après F. E. Schultze. *n* Faisceaux nerveux. *b* Utricules.

extérieurs, mais se cachent sous la surface de la peau, en revêtant la forme des cellules épithéliales sensorielles particulières, dans ou entre lesquelles se terminent les nerfs tactiles. Si des besoins spéciaux exigent des prolongements de l'organe tactile, semblables à des palpes, ces prolongements eux-mêmes sont alors insensibles, mais ils se trouvent unis à des terminaisons nerveuses sensibles. Nous citerons par exemple les tissus, qui sont absolument analogues à ces bâtonnets tactiles des arthropodes : les dents, les poils, les ongles et d'autres excroissances cornées de l'épiderme des animaux supérieurs. Ces tissus, sorte de prolongements de l'organe tactile, remplissent à peu près la même fonction, que les antennules des invertébrés, qui servent à protéger efficacement l'organe sensoriel lui-même. Quand un certain nombre

de formations, connexes avec l'organe tactile, se présentent chez les animaux, on peut d'ailleurs hésiter à déclarer, si elles appartiennent à la catégorie des organes tactiles ordinaires, ou si elles engendrent les sensations sensorielles spéciales, que comportent les conditions biologiques particulières des animaux, dotés de ces appareils. C'est pourquoi, on a été amené à croire, que les formations utriculaires, découvertes dans la peau des poissons, seraient les organes d'un *sixième* sens (fig. 80) (1). Très-probablement, ces appareils, auxquels semblent correspondre des organes analogues dans la peau de plusieurs vers, sont des espèces d'organes tactiles ou gustatifs. Lorsque ces appareils existent chez les animaux aquatiques, ils sont capables d'effectuer des sensations, qui se modifient selon les courants de l'eau ou la composition chimique de ce liquide.

Parmi les *organes sensoriels spécifiques*, les *appareils gustatifs* et *olfactifs* sont ceux, dont le développement morphologique se rattacherait le plus intimement à celui des appareils tactiles. A partir des invertébrés jusqu'aux arthropodes et aux mollusques, on n'a pas trouvé d'organes affectés exclusivement à la sensation gustative et à la sensation olfactive. Ce résultat négatif de l'investigation tient, peut-être, à ce que certains organes tactiles, plus sensibles, sont simultanément excités d'une manière spéciale par les impressions gustatives et olfactives. La large propagation des sensations correspondantes, même parmi les invertébrés, n'est point douteuse, si l'on a égard à la conduite physiologique des animaux. Le choix pour les matériaux de nutrition s'opère évidemment, dans la plupart des cas, sous la direction du sens gustatif: et le sens olfactif intervient, généralement, pour aider l'animal à reconnaître de loin les aliments, qui lui conviennent. Aussi, on considère, comme organes olfactifs, plusieurs cellules tactiles ciliées des invertébrés ou certains poils tactiles, qui contribuent spécialement à la recherche des aliments. Ces poils siègent dans le voisinage des organes respiratoires des mollusques supérieurs et sur les antennes des insectes. Là, où il n'a pas encore été possible de démontrer le commencement d'une différenciation de ce genre, les antennules ou palpes, douées d'une exquise sensibilité, chez les invertébrés inférieurs, pourraient être en même temps plus accessibles, que d'autres points

1. Leydig, *Handbuch der Histologie des Menschen und der Thiere*. Francfort-sur-Mein 1857, p. 196 et suiv. — Schultze, *Archiv f. mikrosk. Anatom.* VI, p. 11 et suiv.

de l'épiderme, aux effets chimiques et fonctionner de cette manière, comme organes olfactifs et gustatifs. Une séparation très-nette de ces deux organes, analogues dans leur fonction, s'accomplit déjà chez les vertébrés. Malgré leur forme la plus développée, ces organes conservent même une certaine parenté avec les appareils tactiles. Les terminaisons du nerf olfactif correspondent à cette évolution inférieure d'un organe tactile, toutes les fois que ce dernier, ressemblant à des palpes vibratiles ou à des bâtonnets, est tourné vers les objets extérieurs : des cellules allongées, revêtues de cils ou de bâtonnets, reçoivent les terminaisons des filets des nerfs sensoriels et constituent, si l'on remonte la série animale jusqu'à l'homme, l'appareil essentiel de la surface olfactive (voir plus loin fig. 94). Au contraire, l'organe gustatif suit l'évolution de ces appareils tactiles supérieurement développés, qui se cachent sous l'épiderme : les cellules, où pénètrent les terminaisons du nerf gustatif, résident dans des dépressions utriculaires, qui ont une certaine analogie avec les organes latéraux particuliers, déjà mentionnés chez les poissons (voir plus loin, fig. 95 et 96).

Parmi les appareils sensoriels supérieurs, les *organes auditifs* semblent généralement résulter d'une transformation des parties du tégument cutané, qui sont pourvues de cils vibratiles. Puisque de fortes excitations sonores font vibrer facilement les cils, le son exercera l'effet d'un irritant tactile chez les protozoaires, revêtus de ces appendices; et, même au degré le plus inférieur de l'évolution, la sensation de son des animaux se rapproche beaucoup, par sa qualité, de la sensation tactile. Voici le mode de cette transformation. Une série de cellules, portant des cils vibratiles, est renfermée dans une capsule, située profondément sous le tégument cutané; et, à l'intérieur de la capsule, existe une concrétion calcaire stratifiée, l'otolithe, que les vibrations des cils mettent en mouvement (fig. 81). Les organes auditifs de presque tous les invertébrés et de certains vertébrés inférieurs présentent cette forme. Plus rarement apparaissent des vésicules, dépourvues de cils vibratiles, mais renfermant néanmoins un otolithe; ce sont incontestablement les organes auditifs de nombreux mollusques, des vers et de certains poissons (des cyclostomes) (1). L'otolithe a pro-

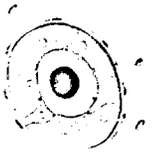


Fig. 81. Organe auditif d'un mollusque testacé (cyclas) : d'après Leydig. *c* Capsule auditive. *c'* Cellules à cils vibratiles. Otolithe.

1. Cette présomption, que, dans plusieurs de ces circonstances, il existerait

bablement la fonction suivante : si les impressions sonores sont énergiques, l'otolithe vibre directement; si elles sont faibles, les mouvements des cils lui font exécuter des vibrations, qui se communiquent aux parois de l'otocyste et, par-là, aux extrémités nerveuses. L'otolithe est ainsi le type simple de ces corps en partie très-développés, qui gênent en quelque sorte (Beschwerungsapparate) la fonction, et, que nous rencontrerons dans les organes auditifs des animaux supérieurs.

Une simple vésicule auditive de ce genre serait capable, seulement à un très-faible degré, de distinguer diverses impressions de son. Un progrès important de l'évolution consiste donc, en ce que les cils vi-

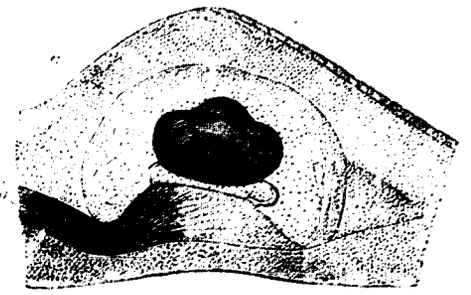


Fig. 82. Organe auditif d'une écrevisse (Mysis); d'après Hensen. *a* Sac de l'otolithe, contenant un otolithe stratifié. *b* Nerf auditif. Quant à la couronne de poils, qui supportent l'otolithe, un plus grand nombre de poils est dessiné à droite, et un plus petit, à gauche.

bratiles sont remplacés par de forts prolongements piliformes, qui diffèrent considérablement les uns des autres en longueur et en volume. Tous les ordres des arthropodes présentent des dispositions de ce genre. Très-souvent, on voit aussi, à la place d'un otolithe unique, des amas sablonneux, formés par de petites concrétions, qui surchargent les poils auditifs. Les différences, qu'offrent les dimensions de ces poils, indiquent un commencement d'adaptation à des sons d'une hauteur différente (fig. 82). En effet, d'après les observations de Hensen, divers tons mettent en vibration divers poils auditifs (1). Les organes auditifs de beaucoup d'insectes ont une structure différente, parce qu'ils man-

des cellules épithéliales sensorielles, revêtues de cils, est d'ailleurs pleinement justifiée. Dernièrement, ces cellules ont été démontrées chez les méduses, auxquelles on attribuait primitivement des otocystes, dépourvus de cils vibratiles. Consulter R. et O. Hertwig, *Das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen*. Leipzig 1878.

1. Hensen, *Zeitschr. f. wiss. Zoologie*, XIII, p. 374.

quent d'otolithes ; mais, en revanche, ils présentent des terminaisons nerveuses plus fortes, sous forme de bâtonnets auditifs, qui sont probablement, d'après la variété de leurs dimensions, diversement accordés. Ces bâtonnets auditifs sont revêtus d'une membrane fixe, sorte de membrane tympanique, située à la surface du corps et servant à la transmission du son. Déjà, ces différences, qui existent chez des animaux, très-voisins d'ailleurs les uns des autres, ne permettent pas de croire, que le développement des appareils auditifs résulte d'une évolution commune. Même, dans ces cas où l'organe a la forme ordinaire de l'otocyste, cette hypothèse — abstraction faite de l'évolution des animaux d'espèce très-rapprochée — est anéantie par cette observation, que les organes auditifs se montrent en des endroits du corps extrêmement variables. Ils siègent au bord de l'ombrelle des méduses, au pied de beaucoup de mollusques, à la tête d'autres mollusques, à l'article de la base des antennes des crustacés ; ou dans d'autres parties du corps, au thorax des insectes, au devant des pattes antérieures, etc.. D'après cela, le nombre des organes auditifs varie. Si l'on tient compte de ces rapports, il est incontestable, que plusieurs évolutions, indépendantes les unes des autres, ont amené le développement des appareils auditifs. Il en est de même de l'œil ; car, nous verrons ultérieurement, que la situation de cet organe est extrêmement variée chez les invertébrés. Comme, dans ces cas, la structure des organes sensoriels est uniforme à un haut degré, on doit conclure, que cela tient à l'uniformité des causes, qui ont produit la différenciation des organes.

Chez les vertébrés, la connexion génétique des organes auditifs apparaît avec beaucoup de netteté. Leur vésicule auditive, paire et ressemblant absolument, à son degré le plus primitif, à l'otocyste des invertébrés, se sépare toujours au même point de l'ectoderme ; mais, ses transformations ultérieures constituent une série de développement, dont toutes les parties sont connexes entre elles. Une moitié de la vésicule auditive se divise très-souvent, grâce à un étranglement, et donne naissance chez les poissons aux canaux semi-circulaires, qui ont une configuration essentiellement analogue dans toutes les classes des vertébrés. L'autre moitié engendre le limaçon, qui acquiert sa forme définitive chez les mammifères (fig. 83). Par ce moyen, les appareils terminaux, adaptés directement aux filets du nerf auditif, atteignent en même temps ce développement, qui permet un grand nombre de sensations différentes, et que nous décrirons spécialement, en étudiant la structure des organes sensoriels complets. (Voir n° 4).

L'apparition des *organes visuels* dans le règne animal est, constamment, liée au dépôt du pigment qui absorbe la lumière. L'on a été ainsi amené à supposer, que les « taches oculaires » du protoplasma des protozoaires étaient la forme la plus primitive d'un organe visuel. Des taches oculaires analogues existent encore chez les vers et les échinodermes; ici, elles sont fréquemment situées dans le voisinage des

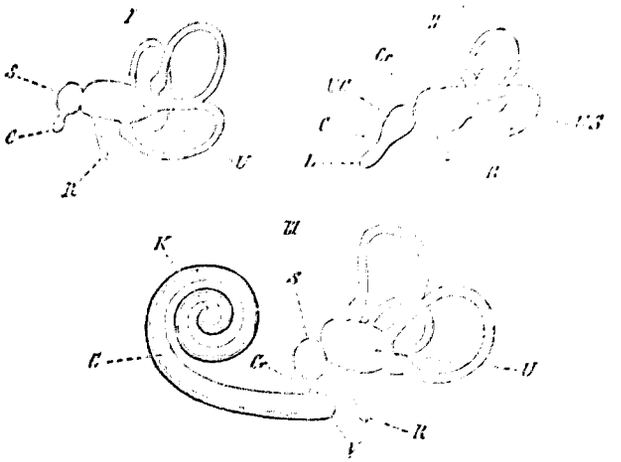


FIG. 83. Schéma de développement du labyrinthe auditif chez les vertébrés ; d'après Waldeyer. *I* Labyrinthe de poisson ; *II* d'oiseau; *III* de mammifère. *SU* Vestibule. *U* Segment vestibulaire des canaux semi-circulaires (utricule). *S* Segment vestibulaire du limaçon (saccule). *Cr* Canal qui les réunit tous deux. *C* Limaçon ; *L* sa dépression ou fossette chez l'oiseau (lagena). *K* Dome du limaçon. *R* Dépression ou fossette du vestibule (recessus labyrinthi).

ganglions centraux et reçoivent, probablement, des filets nerveux provenant de ces derniers; mais l'existence de ces filets n'a pu toujours être constatée. A un degré plus avancé de développement, réalisé chez de nombreux vers plats, les rayonnés et les astéries, les nerfs se terminent dans des cellules spécialement modifiées, nommés *bâtonnets rétiniens* ou *bâtonnets cristallins*, qui sont entourées de pigment. Lorsque ces bâtonnets s'agglomèrent, ils sont la première ébauche d'un œil composé. S'ils se présentent isolément, ils constituent un troisième degré de développement ; car, au devant de ces organes se place un corps transparent, ayant la courbure d'une lentille, qui est le premier indice d'un milieu réfringent. Chez les méduses, ces sortes d'yeux sont

accumulés dans les vésicules marginales des disques et dans le voisinage direct des organes auditifs primitifs (fig. 84 et 85).

L'œil simple de plusieurs arthropodes, comme des araignées, se rattache directement à ces formes inférieures de développement de l'organe visuel. Ici même, de nombreux bâtonnets rétiniens sont situés derrière un corps transparent lenticulaire. Mais une autre différenciation se manifeste : ces bâtonnets se divisent en deux segments, dont le postérieur est caractérisé par des cloisons ou gaines pigmentaires ; et, vers le point de passage dans les filets du nerf optique, on observe une couche remarquable de cellules ganglionnaires (fig. 86). Les yeux de ces animaux sont totalement dépourvus des mécanismes, capables de modifier l'état de réfraction de la lentille. Aussi, nous admettrons, que les corps réfringents de ces organes ont encore essentiellement pour fonction de concentrer les rayons lumineux, afin de renforcer les sensations ; et, d'après nos présomptions, les gaines pigmentaires, qui enveloppent l'extrémité inférieure des bâtonnets rétiniens, commencent à opérer la séparation des sensations dans l'espace.

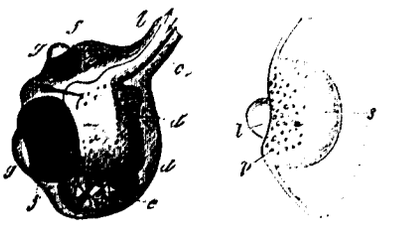


Fig. 84. Corps marginaux d'une méduse : d'après Gegenbaur. *b* Pédicule. *c* Canal, à l'intérieur de ce pédicule. *d* Ampoule. *e* Organe auditif avec des otolithes. *f* Pigment oculaire. *g* Cristallin.

Fig. 85. Organe visuel d'une méduse (Lizzia Kollikeri); d'après O. et R. Hertwig. *l* Cristallin. *p* Pigment. *s* Bâtonnets rétiniens.

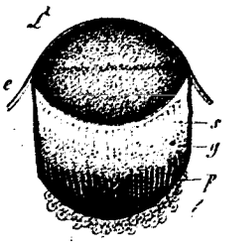


Fig. 86. Œil d'une araignée: d'après Leydig. *L* Cristallin formé par la couche chitineuse (*c*) de l'integumentum. *s* Partie antérieure des bâtonnets rétiniens; *p* partie postérieure avec le pigment. *g* Cellules ganglionnaires.

Sous ce rapport, les *yeux composés* des crustacés et des insectes présentent un perfectionnement important. Provenant, probablement, d'un grand nombre d'yeux simples, séparés primitivement, chaque œil composé a autant de corps réfringents, tournés vers le monde extérieur, qu'il possède de bâtonnets rétiniens. La réunion ou fusion de tous ces corps donne lieu à une *cornée à facettes* (fig. 87). D'une façon bien plus nette, que dans l'œil simple, chaque bâtonnet rétinien se divise ici en *deux* parties : l'une antérieure transparente ou *bâtonnet cristallin* ; l'autre opaque, tournée en arrière, entourée de couches plus épaisses de pigment, le *bâtonnet*

rétinien proprement dit. Ces deux parties passent de l'une à l'autre en *r* (fig. 87). On remarque très-souvent à la partie postérieure, qui se détache facilement de l'antérieure, une fibrille nerveuse axillaire, découverte par M. Schultze (1). Donc, le segment antérieur, le bâtonnet cristallin, a, très-probablement, pour fonction de réfracter la lumière ; et le segment postérieur, le bâtonnet rétinien proprement dit, est le point, où s'opère la transformation en excitation du nerf optique. Les gaines pigmentaires, enveloppant les bâtonnets, empêchent le mélange des rayons lumineux transmis aux bâtonnets cristallins voisins ; cette disposition a évidemment pour but un développement plus parfait de la vision extensive. Ces gaines renferment en outre des fibres musculaires, dont la contraction change l'état de réfraction des cônes (Kegel) cristallins. Chez les insectes, les facettes de la cornée, ayant une courbure lenticulaire, peuvent déjà, par l'intermédiaire d'un seul cône cristallin, projeter l'image d'un objet étendu dans l'espace; et on a conclu de là, que chaque facette correspond à un œil indépendant et que l'œil composé de ces animaux résulte de l'union de plusieurs yeux isolés (2). Cependant, cette conclusion est réfutée par les deux faits suivants : 1° à chaque cône cristallin répond seulement *un* élément rétinien ; et 2° chez les écrevisses, les facettes cornéennes sont ordinairement aplaties (3). J. Müller (4) énonça le premier, que l'œil composé effectue une vision *en mosaique*; et cette présomption est la plus vraisemblable. Si celle-ci est juste, la séparation des impressions dans l'espace se produira, puisque tous les cônes cristallins sont tournés vers diverses directions ; et, d'ailleurs, les mouvements des yeux, qui sont ordinairement munis

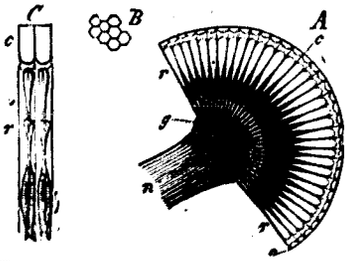


FIG. 87. *A* Coupe transversale schématique de l'œil composé d'un arthropode. *n* Nerf optique ; *g* son renflement ganglionnaire *r* Bâtonnets rétiniens *c* Cornée à facettes. *B* Facettes cornéennes, vues de face. *C* Deux bâtonnets rétiniens avec leurs cristallins cornéens *c*.

1. M. Schultze, *Untersuchungen über die zusammengesetzten Augen der Krebse und Insekten*. Bonn 1868.
2. Gottsche, *Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1852, p. 483. — Leydig, *Das Auge der Gliederthiere* Tübingen 1864.
3. Leuckart, *Organologie des Auges*, in *Handbuch der Augenheilkunde* de Graefe et Sœmisch, II, 1er fasci. p. 295.
4. *Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns*. Leipzig 1826. p. 337.

dans ce but d'un pédicule, ne contribueront pas peu à favoriser cette séparation.

L'œil en mosaïque est certes bien supérieur à l'œil simple des arachnides et des invertébrés inférieurs; néanmoins, l'organe visuel le plus parfait a, évidemment, pour origine cette dernière forme. Déjà, la classe des vers et ses divisions particulières nous présentent les formes de développement les plus diverses de l'organe visuel, jusqu'à l'absence absolue de cet appareil. L'œil simple des alciopides, animaux marins, a une structure complexe. Il réfracte la lumière et sépare, grâce à un mécanisme auxiliaire, que nous rencontrons chez l'homme, les rayons provenant de diverses directions (fig. 88). Le tégument cutané, au

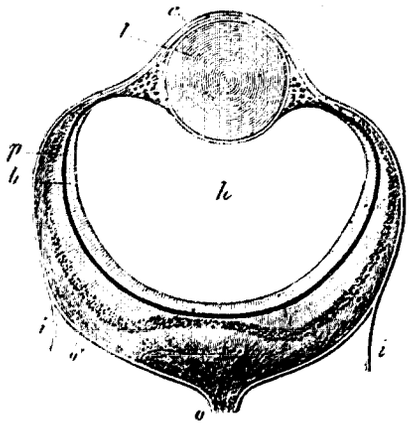


Fig. 88. Œil d'une alciopide ; d'après Greeff. *i* Integumentum recouvrant la face antérieure *c* de l'œil. *l* Cristallin. *h* Corps vitré. *o* Nerf optique ; *o'* son expansion. *p* Couche pigmentaire. *b* Couche des bâtonnets.

point où il recouvre l'œil, devient transparent : il constitue ainsi une cornée simple (*c*), derrière laquelle se trouve une lentille stratifiée (*l*). Entre cette lentille et les bâtonnets rétiniens existe un corps vitré transparent (*h*). Les bâtonnets rétiniens (*b*), qui tapissent la couche pigmentaire (*p*), se divisent ici et forment deux segments : les cônes cristallins tournés en avant et les bâtonnets rétiniens proprement dits, situés derrière la couche pigmentaire. Dans la classe des invertébrés, l'œil le plus parfait, celui des céphalopodes, se distingue essentiellement de ce développement; car, sa lentille, en s'éloignant de la cornée, donne naissance à une chambre antérieure; et pour faciliter la

mobilité, que la lentille obtient de cette manière, un appareil d'accommodation, très-nettement accusé, entoure ce dernier organe. Tous ces mécanismes ressemblent déjà parfaitement à ceux de l'œil des vertébrés. Seulement, sous *un* rapport, c'est-à-dire dans l'arrangement des éléments rétiniens, l'œil des vertébrés éprouve encore une métamorphose essentielle. Chez tous les invertébrés, ces éléments rétiniens, étant tournés en avant, reçoivent à leur partie postérieure les filets du nerf optique. Mais, chez les vertébrés, les filets nerveux constituent la couche rétinienne la plus antérieure, avoisinant le corps vitré, et les autres éléments rétiniens occupent une situation tout-à-fait inverse; car, d'avant en arrrière, on rencontre, après les filets du nerf optique, d'abord une couche ganglionnaire et, ensuite, la couche des bâtonnets rétiniens. Alors, chez ces derniers animaux, l'article interne correspond au bâtonnet rétinien proprement dit, et l'externe, au bâtonnet cristallin de l'œil des invertébrés. Enfin, le pigment se dépose en couche continue sur la surface externe de la rétine. Plus loin, nous étudierons le rôle physiologique de ces modifications.

4. — Structure et fonction des organes sensoriels complètement développés.

Nous venons de suivre l'évolution graduelle des organes de sensation. Il nous reste à jeter un regard sur la structure des appareils sensoriels complets de l'homme et des animaux supérieurs, à examiner, comment les conditions de structure nous renseignent sur les processus physiologiques de l'excitation sensorielle et nous dévoilent, indirectement de cette manière, la naissance des sensations. Quant à la formation des appareils auxiliaires multiples, qui contribuent surtout au fonctionnement des organes sensoriels supérieurs, de l'œil et de l'oreille, je renvoie le lecteur aux *Traités d'anatomie descriptive*; car, nous nous bornons, ici, à étudier les éléments, qui participent immédiatement à l'acte de la sensation.

Si nous commençons par le sens général, le *sens du sentiment* (sensibilité), nous découvrons une double terminaison des nerfs sensibles, qui effectuent les sensations tactiles et générales : 1° une simple terminaison des divers filets nerveux dans ou entre les cellules de l'épiderme et des autres tissus; 2° une terminaison dans des appareils

sensoriels spéciaux, d'une composition plus ou moins complexe.

Probablement, la forme de terminaison simple s'applique à la pluralité des nerfs sensibles. Car, les appareils terminaux spécifiques sont répandus en petit nombre, sur de larges étendues du tégument cutané, et ils sont bien plus rares dans les organes internes, qui produisent les sensations générales. Les anatomistes ne sont pas encore d'accord sur le mode de terminaison simple des nerfs. Hensen a vu les fibrilles primitives, provenant de la division des filets, pénétrer dans les cellules épidermiques de la grenouille (1). Et, selon d'autres observations (dont un grand nombre concerne la cornée), les dernières fibrilles primitives se terminent librement entre les cellules de l'épiderme (fig. 89) (2).

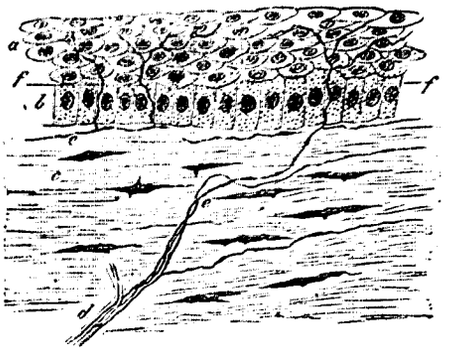


Fig. 89. Terminaison des nerfs sensibles dans la cornée du lapin ; d'après Frey. *a* Cellules épithéliales anciennes de la face antérieure ; *b* cellules plus jeunes. *c* Tissu de la cornée. *d* Nerf. *e* Fibrilles primitives ; *f* leur expansion dans l'épithélium.

Quelle que soit, à cet égard, la conduite de ces fibrilles, il n'est pas probable, qu'ici le mode de terminaison ultime joue un rôle essentiel dans la perception des impressions sensorielles. Mais nous admettrons plutôt, d'après la manière dont se propagent généralement les filets terminaux, que les fibrilles primitives elles-mêmes sont les points d'attaque des irritants extérieurs.

Il en est autrement dans les appareils terminaux spéciaux, qui sont

1. Hensen, *Archiv f. mikrosk. Anat.* IV, p. 116.

2. Cohnheim, in *Archiv* de Virchow, vol. 38, p. 343. — Engelmann, *Die Hornhaut des Auges*. Leipzig 1867, p. 15. — Izquierdo, *Beiträge zur Kenntniss der Endigung der sensibeln Nerven*. Strasbourg 1879. Suivant ce dernier observateur, les fibrilles primitives, qui se terminent dans le tissu proprement dit de la cornée (*c* fig. 89), passent dans les prolongements protoplasmatiques des cellules de cette dernière membrane. (*loc. cit.* p. 25).

évidemment destinés à recevoir et transmettre les irritants aux filets nerveux. Ces appareils existent dans la peau, les muqueuses sensibles, par exemple de la conjonctive oculaire, enfin dans divers organes internes, tels que les capsules articulaires et le mésentère de nombreux animaux. Les deux formes les plus simples sont les *sphères* ou *globes tactiles* (cellules ou renflements tactiles) et, d'autre part, les *renflements terminaux*. Les sphères tactiles se composent de deux ou plusieurs cellules capsulées, des *cellules de revêtement* (Deczellen), entre lesquelles on rencontre des tissus discoïdes, les *disques tactiles*. Ordinairement, ces derniers sont placés parallèlement à la surface de la

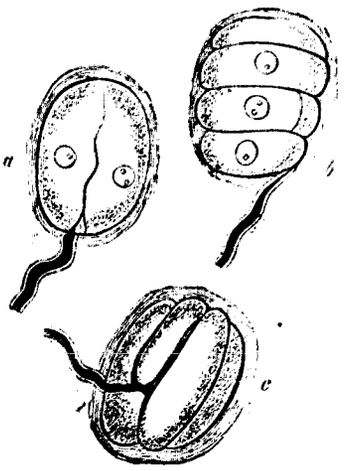


Fig. 90. Sphères tactiles : *a* de la membrane céroïde du bec du canard; *b* et *c* de ses papilles linguales. (D'après Frey).

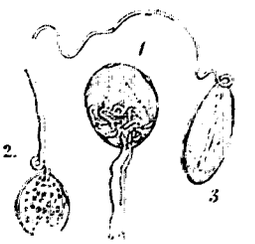


Fig. 91. Trois renflements terminaux de la conjonctive de l'homme : d'après Kolliker. *1* Deux filets nerveux agglomérés à l'intérieur du renflement terminal ; *2* corpuscules graisseux à son intérieur ; *3* un filet nerveux s'y terminant par une extrémité claviforme.

peau. D'après Merkel, l'auteur de cette découverte, les filets terminaux pénètrent dans les cellules; selon la plupart des autres observateurs, ces filets se terminent dans les disques tactiles, qui, d'ailleurs, doivent être probablement considérés, comme des cellules transformées (fig. 90) (1). Les renflements terminaux de W. Krause sont également constitués par une capsule, où se rendent un ou plusieurs filets nerveux. Mais ceux-ci s'y terminent librement; et, très-souvent, ils

1. Merkel, *Archiv f. mikrosk. Anat.* XI, p. 636 ; XV, p. 415. — Hesse, in *Archiv.* de His et Braune, 1878, p. 288.

ressemblent alors à des espèces de bourgeons ou boutons situés au milieu du liquide épaissi de la capsule, liquide constitué par le protoplasma des cellules, qui se sont fusionnées entre elles (fig. 91). Ces deux appareils terminaux simples éprouveraient, ce semble, une différenciation croissante. On devrait considérer, comme des sphères tactiles compliquées, les *corpuscules tactiles* qui, à l'exemple de ces sphères, se rencontrent principalement sur la surface tactile du tégument cutané de l'homme, et sont très-nombreux, surtout à l'extrémité des doigts. Ils se composent d'une capsule contenant plusieurs cellules ; celles-ci paraissent comprimées, agglutinées ; on peut cependant distinguer nettement leurs noyaux. De nombreux filets nerveux à myéline pénètrent à l'intérieur du renflement tactile (fig. 92). Le corpus-

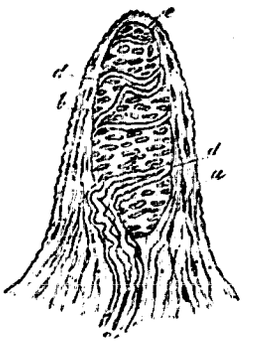


Fig. 92. Papille cutanée et corpuscule tactile de l'homme; d'après Kolliker. Coupe longitudinale. *a* Couche corticale de la papille, composée de substance conjonctive avec des filets élastiques délicats. *b* Corpuscule tactile, muni de noyaux transversaux. *c* Itamuscules nerveux afférents. *d* Filets nerveux, entrelaçant le corpuscule ; *e* leur extrémité apparente.

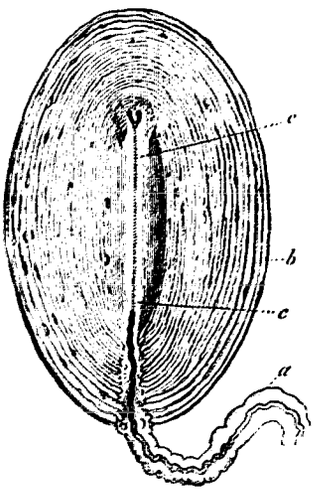


Fig. 93. Corpuscule de Vater du mésentère du chat; d'après Frey. *a* Nerf avec son enveloppe. *b* Système capsulaire du corpuscule. *c* Canal de l'axe, où se termine le filet nerveux.

cule du tact provient de la sphère tactile ; et la dernière forme de ces sortes d'appareils terminaux, des *corpuscules de Vater* (ou de *Pacini*) aurait pour origine un renflement terminal. Ces corpuscules, qui représentent la forme la plus volumineuse des appareils sensibles, forme dépassant souvent dans sa longueur 2 millimètres, se trouvent spécialement dans les parties profondément situées, sous la peau, dans

le mésentère et les capsules articulaires. Chacun d'eux est un système capsulaire composé de plusieurs couches; et, à leur intérieur, existe un canal parcouru par un filet nerveux. Ce dernier se divise enfin en plusieurs filets, souvent en nombreuses fibrilles, qui vont aboutir à des bourgeons terminaux (fig. 93) (1).

Nos présomptions sur le rôle physiologique de ces tissus terminaux se bornent absolument aux conclusions, que nous suggèrent leur structure et leur mode d'expansion. Relativement à ces expansions, on est amené à penser, que les sphères et corpuscules du tact seraient les organes du sens tactile, proprement dit; les renflements terminaux et les corpuscules de Vater, ceux de la sensibilité générale. Cependant, il ne faut pas inférer de là, que ces deux formes de développement ont une fonction spécifiquement différente. Car, 1° probablement les sensations générales elles-mêmes ne diffèrent pas spécifiquement des sensations de pression et de température (p. 311); 2° ces sortes de surfaces, telles que la conjonctive, où l'on rencontre seulement des renflements terminaux, ne sont point dépourvues de sensibilité tactile; 3° les formes principales des appareils terminaux ne diffèrent pas généralement, quant à leur structure, de manière à laisser croire, que les irritants extérieurs subissent chez eux des transformations, entièrement différentes. Mais, il est plutôt plausible, que ces formes ont, toutes, essentiellement pour but d'entourer d'une capsule protectrice les terminaisons libres des nerfs sensibles. Naturellement, il est encore moins possible de penser à assigner, aux diverses formes de ces appareils terminaux, les qualités diverses du sens tactile. Si cette présomption était fondée, les tissus terminaux différents ne devraient pas, ainsi que cela a lieu effectivement, être répartis dans diverses parties du corps; mais, ils seraient réunis en chaque point, puisque nous sentons partout les irritants de pression et de température. Or, ce qui témoigne le plus contre des interprétations de ce genre, c'est le fait suivant, déjà signalé : de larges portions de l'organe tactile, comme le dos, le cou, le bras, la jambe, etc., sont presque totalement dépourvues d'appareils terminaux spécifiques. C'est pourquoi, si ces appareils étaient capables d'effectuer uniquement des sensations de pression et de température, notre peau devrait être, sur de larges surfaces, insensible à toutes les les impressions, excepté aux irritants douloureux, qui la pénètrent

1. Quant aux variétés multiples de la forme de cette terminaison, consulter les dessins de Axel Key et Retzius, *Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes*. Stockholm 1876, II, planche XXVIII.

plus profondément. Par conséquent, tous ces organes terminaux seront seulement des appareils auxiliaires, capables sans doute d'influencer la transmission des irritants sensoriels, mais non la composition des processus d'excitation, que ces irritants mettent en jeu dans les nerfs sensibles. Cette présomption est essentiellement étayée par ce fait, que dans beaucoup de ces appareils terminaux les filets nerveux n'aboutissent pas à des cellules sensorielles particulières, mais *se terminent librement*. Il faut donc admettre, que tous ces tissus terminaux augmentent la sensibilité des parties pour les irritants modérés; car, ils enveloppent les nerfs à l'aide de capsules élastiques, fortement ten-

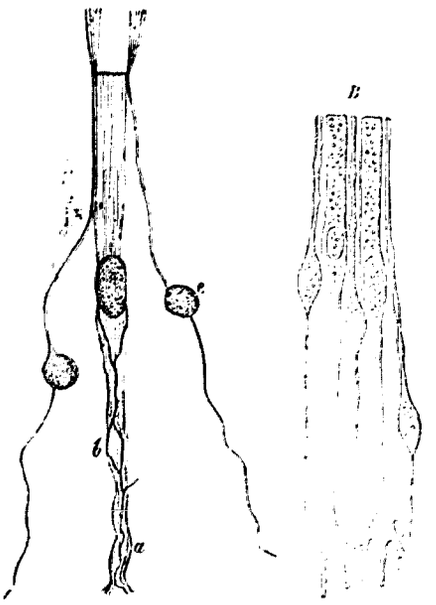


Fig. 94. *A* Cellule épithéliale et deux cellules olfactives du protée ; d'après Babuchin. *a* Cellule épithéliale à gros noyau ovale ; son extrémité postérieure (en *b*) munie de fins prolongements fibrillaires. *c* Cellule olfactive. *B* Cellules épithéliales et olfactives de l'homme ; d'après M. Schultze.

dues, qui propagent facilement à leur contenu de faibles mouvements de pression et affaiblissent, au contraire, l'intensité des agents énergiques. A part ces mécanismes protecteurs, spécialement développés dans les renflements terminaux et les corpuscules de Vater, les sphères tactiles et les corpuscules du tact ont encore en partage la couche

matelassée des cellules, qui constituent le contenu de la capsule. L'existence de cette couche au-dessous de l'expansion terminale des nerfs contribue, notablement, à renforcer l'efficacité des irritants de pression.

Les fibrilles terminales des nerfs sensoriels aboutissent finalement à des espèces de tissus cellulaires, qui ont l'importance morphologique des cellules épithéliales métamorphosées. Cette disposition est commune aux *quatre organes sensoriels spéciaux*. La transformation, qu'opèrent les cellules de revêtement, primitivement homogènes, de l'ectoderme, en devenant ces cellules épithéliales sensorielles, est généralement considérée, comme une adaptation à des formes déterminées du mouvement irritatif externe ; et ceci répond à la différenciation des sens spéciaux d'avec le sens général de la sensibilité, différenciation révélée par l'histoire de l'évolution. Dans les organes olfactif et gustatif, les cellules terminales ont très-nettement conservé leur caractère épithélial. Situées à la surface de la muqueuse de ces appareils, elles sont mêlées à des

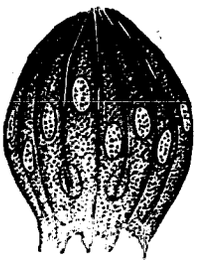


Fig. 95. Utricules gustatifs appartenant à l'organe latéral gustatif du lapin : d'après Engelmann.



Fig. 96. *a* Cellules gustatives ; *b* une cellule gustative et deux cellules de revêtement isolées, appartenant à l'organe latéral gustatif du lapin. (D'après Engelmann.)

cellules épithéliales proprement dites, qui ne sont nullement connexes à des nerfs. Dans la *muqueuse nasale*, les cellules olfactives sont placées entre des cellules épithéliales de configuration cylindrique (fig. 94). Elles possèdent généralement un corpuscule cellulaire ovale. Celui-ci reçoit, en arrière, un mince filet nerveux et, en avant, un prolongement semblable à un bâtonnet, qui, à la surface de la muqueuse, se termine par une extrémité émoussée (chez les mammifères) ou se convertit en un faisceau de longs cils (chez les amphibies et les

oiseaux) (1). Les organes terminaux du *sens gustatif* ont une conduite différente, parce qu'ils sont bornés à des points nettement limités de la muqueuse linguale. Chez les mammifères, les cellules gustatives résident dans des dépressions utriculaires de la muqueuse, qui sont tapissées par un prolongement spécialement conformé de l'épithélium. Les cellules épithéliales ou cellules de revêtement, situées dans ces dépressions, nommées coupes gustatives ou bourgeons gustatifs (fig. 95), ont une configuration fusiforme (fig. 96, *b*). Dans l'espace creux, qu'elles circonscrivent, on rencontre les cellules gustatives proprement dites (fig. 96, *a*). Celles-ci sont également fusiformes ; mais elles ont un gros noyau, et leurs deux extrémités se convertissent en prolongements fortement amincis. Le prolongement, dirigé vers l'intérieur, semble de nouveau se changer directement en un filet nerveux très-grêle ; le prolongement, dirigé en dehors, se termine par un bâtonnet ou poil tourné vers la surface. Avant de se réunir, pour former des nerfs plus considérables, les filets nerveux constituent un réseau, où des cellules ganglionnaires sont intercalées (2). Par conséquent, les cellules olfactives et gustatives sont, évidemment, des organes terminaux d'une composition très-analogue. Chez toutes deux, les irritants sensoriels agissent d'abord sur les prolongements de la cellule, qui ressemblent à des bâtonnets ou à des cils. Ces sortes de prolongements sont, ordinairement, mis facilement en mouvement par les agents extérieurs ; et les irritants *chimiques*, que les sens olfactif et gustatif ont pour mission de percevoir, sont surtout les excitateurs les plus énergiques des mouvements des cils (3).

La terminaison directe des filets nerveux de *l'appareil auditif* nous

1. Schultze, *Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut*. Halle 1862. — Babuchin, in *Gewebelehre* de Stricker, p. 964. Selon Exner, il existe des formes intermédiaires entre les deux sortes de cellules ; et même, d'après cet auteur, on peut parfois démontrer la conversion des cellules épithéliales, proprement dites, en une fibrille primitive. Ces deux formes seraient donc des cellules olfactives ; mais les données d'Exner ont été contestées par de nombreux observateurs. Voir relativement à cette controverse Exner, *Sitzungsber. der Wiener Akad.* vol. 63, 65 et 76 (3e fascicule) et les comptes rendus, concernant les travaux récents qui ont trait à cette question, in *Jahresbericht für Anatomie* de Hoffmann et Schwalbe, 1875, p. 282; 1876, p. 352; 1877, p. 318 ; et 1878, p. 338.

2. Les organes gustatifs des amphibies se comportent d'une manière un peu différente. Chez les animaux, ils constituent des groupes épithéliaux discoïdes, sur lesquels reposent, entre des cellules épithéliales cylindriques, les cellules gustatives proprement dites. Ici, ces cellules, qui ressemblent aussi à des fuseaux, sont supportées par un filet nerveux ; et, en avant, elles se convertissent en un prolongement bifurqué. Consulter Th. W. Engelmann, in *Gewebelehre* de Stricker, p. 822 et suiv. ; Schwalbe, in *Archiv f. mikr. Anat.* III p. 504; IV. p. 36 et 154 ; Hönigschmied, *Zeitschr. f. wiss. Zoologie*, vol. 29. p. 255.

3. Engelmann, *Die Flimmerbewegung*. Leipzig 1868. p. 33. 143.

offre des rapports analogues. Dans les ampoules des canaux semi-circulaires, ces filets se convertissent en cellules fusiformes. Chacune de celles-ci est entourée de cellules d'épithélium cylindrique ordinaire, et pourvue, à son extrémité libre, d'un prolongement filiforme raide (fig. 97). Ce prolongement serait directement uni au noyau de la cel-

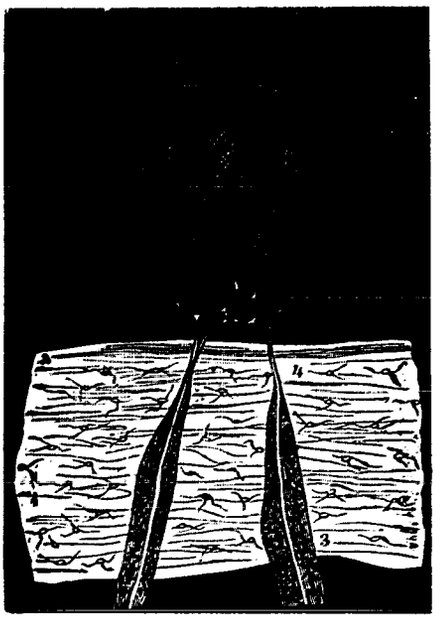


FIG. 97. Schéma de la terminaison des nerfs dans les ampoules ; d'après Rüdinger. *1* Cartilage de la paroi ampullaire ; *2* sa frange située à la base et dépourvue de structure. *3* Filet nerveux; *4* son cylindre-axe traversant la frange de la base. *5* Union, sous forme de réseau, des filets nerveux. *6* Cellules auditives. *7* Cellules de soutien. *8* Poils auditifs.

lule fusiforme, et l'autre extrémité de ce noyau recevrait la continuation d'un filet nerveux (1). Dans le limaçon, les filets du nerf auditif se relient à des cellules, qui portent chacune un faisceau de prolongements, semblables à des piquants ; ici-même, ces cellules sont environnées de cellules épithéliales cylindriques ordinaires. Ce qui caractérise la terminaison du nerf auditif, ce ne sont pas tant ces tissus

1. M. Schultze, in *Archiv* de Müller, 1858, p. 343. — Rüdinger, in *Gewebelehre* de Stricker, p. 898.

terminaux, mais bien les appareils auxiliaires, qui leur sont adjoints et contribuent, surtout, à faire du limaçon un organe d'une configuration extraordinairement compliquée. Déjà, les ampoules nous révèlent des dispositions ou mécanismes, qui ont certainement pour but d'offrir un appui solide aux tissus terminaux proprement dits. Les cellules des

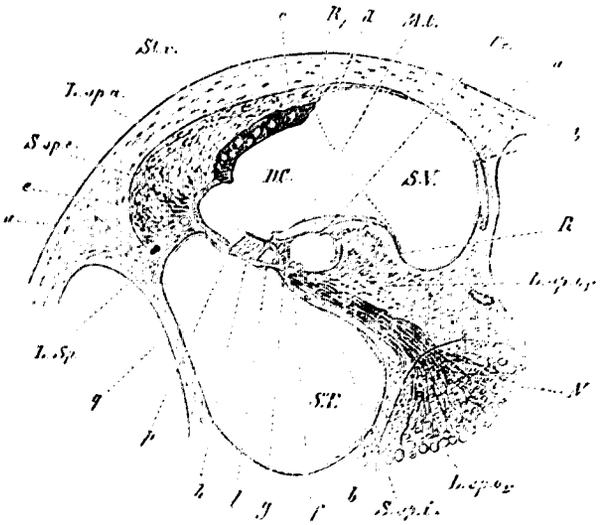


FIG. 98. Section perpendiculaire de la deuxième spire du limaçon de la chauve-souris. (Grossissement de 100, d'après Waldeyer.) — *S. V.* Rampe du vestibule. — *S. T.* Rampe du tympan. — *D. C.* Canal membraneux du limaçon. *a* Paroi osseuse du limaçon. *b* Périoste. *c* Coussin de tissu conjonctif, en dedans du périoste : *d* son point de passage dans le périoste. *St. v.* Partie très vasculaire et la plus interne du coussin du tissu conjonctif (stria vascularis). — *L. sp.* Éminence de tissu conjonctif, qui se rend à l'organe de Corti (ligamentum spirale). Au-dessus existe une éminence analogue, mais plus courte (*L. sp. a* lig. spirale accessorium). — RR_1 Membrane de Reissner, indiquée seulement par une ligne ponctuée. — *N* Nerf du limaçon, parcourant les spires de ce dernier et connexe à droite avec des globules ou sphères ganglionnaires. — *R-Cr* Crista spiralis ; *Cr* sa partie saillante (dents auditives). — *L. sp.* o_1, *L. sp.* o_2 Lamina spiralis ossea : *L. sp.* o_1 lamelle vestibulaire, *L. sp.* o_2 lamelle tympanique. — *S. sp. i.* Sulcus spiralis internus situé entre la crista et la lamina spiralis. — *S. sp. e.* Sulcus spiralis externus, entre les deux ligamenta spiralia. — *M. t.* Membrana tectoria. — *L. sp.* — *f.* Membrane basilaire. — *p* — *f* Organe de Corti. — *l* Point le plus mince de la membrane basilaire avec les arcs de Corti au-dessus. — *h* Cellules piliformes extérieures. — *g* Région des cellules piliformes internes.

extrémités nerveuses reposent, ici, sur la plaque cartilagineuse de la paroi ampullaire, que le passage de fins filets nerveux a perforée, comme un crible. Le filet terminal libre des cellules s'élève dans l'eau du labyrinthe ; il doit recevoir directement la transmission des mouve-

ments de ce liquide. Mais le sable des otolithes, contenu à l'intérieur des ampoules occasionne, probablement, un rapide amortissement des vibrations. Nous avons déjà vu que, dans les organes auditifs de nombreux animaux inférieurs, les poils des cellules auditives présentent, d'ailleurs, des différences de grandeur ; ceci indique, que ces poils sont accordés pour des tons de diverse hauteur (fig. 82, p. 320). Chez les animaux supérieurs et l'homme, ces différences de grandeur n'ont pas été démontrées ; ici, la fonction, destinée à distinguer les tons, semble avoir été absolument dévolue au *limaçon*, à cette partie du labyrinthe qui est arrivée à son développement complet, chez les vertébrés.

Dans le limaçon, les tissus terminaux occupent un espace, délimité par deux membranes tendues entre les parois osseuses de cet organe (fig. 98). La membrane *interne* (si le limaçon est dans sa situation naturelle), ou bien (si le sommet de ce dernier organe est tourné en haut), l'*inférieure* de ces membranes, la membrane *basilaire* (*f — L Sp*), est fixée à une crête osseuse ou crête spirale (*R — Cr*), qui suit les replis du canal du limaçon et fait saillie dans ce canal, à partir des spires de cet organe. Le bord libre de la crête est denté ; il constitue de cette manière les *dents auditives* (*Cr*). La membrane basilaire et l'*extérieure*, ou (si la pointe du limaçon est tournée en haut) la *supérieure* de ces membranes, la membrane vestibulaire (ou de Reissner *R — R*$_1$), entourent ensemble le canal membraneux du limaçon (*D. C.*). Celui-ci suit les replis du limaçon osseux, et oblige ce dernier à se diviser et former deux segments : un conduit externe, relativement supérieur, la rampe vestibulaire (*S. V.*), et un conduit interne, relativement inférieur, la rampe tympanique (*S. T.*). Ces deux rampes sont complètement séparées jusqu'au sommet du limaçon, où elles communiquent entre elles par une petite ouverture. La rampe vestibulaire débouche directement dans le vestibule. L'eau du labyrinthe, qu'elle contient, reçoit donc immédiatement les oscillations de pression, nées dans le liquide du vestibule, quand la membrane de la fenêtre vestibulaire, qui est unie à la base de l'étrier, est mise en mouvement par les osselets de l'ouïe. La rampe tympanique, au contraire, est fermée à son extrémité externe par une membrane particulière, la membrane tympanique secondaire, qui la sépare complètement de la cavité tympanique. Si les osselets de l'ouïe impriment un mouvement à l'eau du labyrinthe du vestibule, ce mouvement se communique au limaçon membraneux et, par ce dernier, à l'eau du labyrinthe de la rampe

tympanique. Politzer a pu se convaincre de la réalité de ce fait, en plaçant un manomètre dans la fenêtre ronde. L'eau s'élève dans cet instrument, si l'on produit sur la membrane tympanique un fort courant d'air, qui chasse l'étrier dans la fenêtre ovale (1). De cette manière, des secousses mécaniques, transmises par les osselets de l'ouïe,

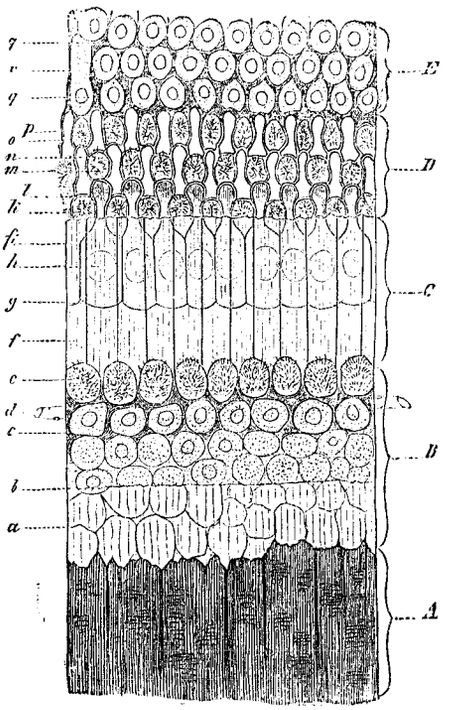


FIG. 99. Organe de Corti du chien, vu par sa face vestibulaire et grossi 700 fois, d'après Waldeyer. *A* Crista spiralis. — *B* Epithélium du sulcus spiralis internus (*S. sp. i.* fig. 98). — *a* Cellules vues par transparence à travers les dents auditives. *b* Ligne limite extérieure des dents auditives. *c*, *d* Cellules épithéliales, situées en dedans de la crista spiralis, avec le tissu cuticulaire à mailles, qui les contient. *e* Cellules piliformes internes. — *C* Arcs de Corti. *f* Piliers internes. *h* Têtes des piliers externes ; ces derniers vus par transparence (*c* fig. 100) à travers les plaques céphaliques (*f i*) des piliers internes. *D* Cellules piliformes externes avec les parties de la membrane réticulaire qui les sépare. *k*, *m*, *o* Première, deuxième et troisième séries des cellules piliformes externes. *l* Plaques céphaliques des arcs de Corti externes, sur lesquelles repose la première série des cellules piliformes. *n*, *p* Prolongements, analogues à des phalanges, de ces plaques céphaliques, sur lesquels sont déposées la seconde et la troisième séries des cellules piliformes. *E* Epithélium externe de la membrane basilaire, s'avançant jusque dans le sulcus spiralis externus (*S. sp. e.* fig. 98). *r* Cellules épithéliales. *q* Tissu cutilaire à mailles, séparant ces dernières cellules.

1. Politzer, *Sitzungsberichte der Wiener Akademie* 1861, p. 427.

soit par l'air de la fenêtre ronde provenant de la cavité tympanique, mettent facilement en mouvement les tissus, situés dans le canal membraneux du limaçon (1). Les parties, comprises entre les membranes vestibulaire et basilaire, contiennent les terminaisons du nerf auditif, portent toutes le nom d'*organe de Corti* (*f — p* fig. 98) et sont des formes épithéliales, plus ou moins modifiées. D'abord, sur la portion interne de la membrane basilaire (*L. sp.*), fixée aux spires du limaçon (*f*), comme sur la portion externe adhérant à la circonférence du canal du limaçon, quelques séries de cellules épithéliales ordinaires sont dé-

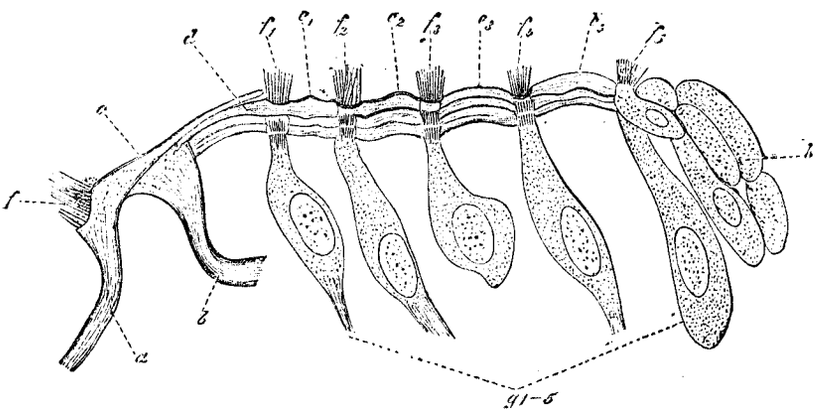


FIG. 100. Fragment de la membrane réticulée avec les cellules piliformes, qui s'y rattachent et les arcs de Corti d'un enfant nouveau-né. Vue de profil; grossie 800 fois, d'après Waldeyer. *a* Pilier interne, *b* externe d'un arc de Corti. *c* Plaque céphalique du pilier interne, *d* du pilier externe. c_1—c_4 Prolongements, sous forme de phalanges, de la plaque céphalique du pilier externe. *f* Bouquet de poils d'une cellule piliforme interne (cette dernière n'a pas été conservée). g_1—g_5 Cellules externes à poils ; f_1—f_5 leurs bouquets de poils. *h* Epithélium externe de la membrane basilaire.

posées (*B* et *E* fig. 99). Ensuite, viennent les *arcs* ou *piliers de Corti* (*l* fig. 98, *C* fig. 99), tissus particuliers, occupant presque le milieu de la membrane basilaire. Entre ces arcs et la membrane basilaire existe une voûte libre. On distingue une série d'arcs internes (tournés vers les spires du limaçon) et une série d'arcs externes (*a* et *b* fig. 100), qui,

1. L'étude approfondie des appareils de l'organe auditif, qui transmettent le son, et de leur rôle physiologique nous détournerait du but, que nous poursuivons actuellement. Je renvoie le lecteur, désireux de connaître ces questions, à l'ouvrage d'Helmholtz, *Lehre von den Tonempfindungen*, 3e édit. p. 198, au travail de Hensen inséré, in *Handbuch der Physiologie*, de Hermann, III, p. 21, et à mon *Lehrbuch der Physiologie*, 4e édit. p. 707, 712.

tous deux, sont très-solidement unis par leurs têtes. Le nombre des piliers internes est bien plus considérable, que celui des piliers externes ; aussi, l'un de ces derniers est toujours enclavé entre les têtes d'au moins deux piliers internes. Ces arcs de Corti, composés d'une substance dure, osseuse servent de support aux cellules piliformes, qui sont connexes avec les filets du nerf auditif. La *série interne simple* de ces cellules repose sur les prolongements des piliers internes, nommés leurs plaques céphaliques (*e* fig. 99, *c* fig. 100) ; *plusieurs séries externes* sont placées sur les piliers externes. Ces derniers ont, également dans ce but, des prolongements ou plaques céphaliques, divisés en plusieurs articles, comme les phalanges des doigts; chacun de ces articles correspond à une série de cellules piliformes (*k* — *o* fig. 99 *d* — e_4 et f_1 — f_5 fig. 100). Les cellules piliformes externes n'existent, d'ailleurs, que dans le limaçon des mammifères ; on en compte quatre ou cinq séries, chez l'homme (fig. 100), et trois, chez les autres mammifères (fig. 99).

Tous ces tissus épithéliaux, dont nous venons de parler, cellules épithéliales proprement dites, arcs de Corti et cellules à poils, sont revêtus de quelques membranes, qui doivent être, probablement, les produits d'excrétion des cellules épithéliales. D'abord, ces dernières sont tapissées par la lamina reticularis, dont les orifices, semblables à ceux d'un crible, reçoivent les têtes des cellules piliformes ; de sorte que les cils, seulement, traversent ces ouvertures et les dépassent (*c* et *q* fig. 99, e_1 — e_4 fig. 100). Au-dessus existe une membrane délicate, la *membrane de revêtement*, qui recouvre toutes les autres parties. Les filets du nerf auditif pénètrent premièrement dans les spires du limaçon, traversent en cet endroit de petites cellules ganglionnaires (*N* fig. 98), ensuite les trous de la crista spiralis régulièrement juxtaposés et vont à l'organe de Corti. Entre ces trous de la crête existent les *petites dents auditives*, déjà mentionnées. La fig. 98 nous montre une coupe transversale (*Cr*) de ces dents ; la fig. 99 (*A*) les fait voir de face. Directement, après leur émergence de la crista spiralis, les filets nerveux parcourent une couche de petites cellules rondes, qui jouent, peut-être, le rôle de cellules ganglionnaires. Leurs derniers prolongements, qu'il est facile de suivre, sont connexes à la série des cellules internes à poils. D'ailleurs, l'union analogue de ces filets avec les cellules piliformes externes est probable ; car, on rencontre de véritables prolongements nerveux, qui pénètrent dans ces cellules ; et les anato-

mistes ont découvert plusieurs filets nerveux, même dans leur voisinage (1).

Nos présomptions sur le rôle physiologique des parties, constituant l'organe de Corti sont étayées par ce fait psychologique, que l'ouïe est un sens *analyseur*. Dans notre sensation, nous décomposons une masse de sons, directement en ses divers éléments, à condition qu'elle ne soit pas trop complexe. On conclut de là, que chacun de ces éléments excite dans l'ouïe un organe terminal particulier ; c'est pourquoi, nous percevons une excitation complexe, comme étant une certaine somme d'excitations simples. Selon Helmholtz, cette faculté remarquable de notre sens auditif dérive de la mécanique de l'association des tons (2). Quand nous chantons devant la table d'harmonie d'un piano, les étouffoirs étant soulevés, les cordes, qui entrent en vibration sympathique, sont celles, dont les tons sont contenus, comme éléments, dans les sons de notre chant. Si, par la pensée, chaque corde percevait le son, le piano exécuterait une analyse du son, semblable à celle effectuée par notre oreille. On suppose par conséquent, que les appareils terminaux, adhérant aux divers filets du nerf auditif, sont différemment accordés ; de façon que chaque ton simple met toujours en excitation seulement des filets nerveux déterminés. Autrefois, on croyait, que les arcs de Corti étaient ces sortes d'appareils terminaux, accordés dans ce but (3). Cette opinion est insoutenable ; car, il est démontré, que les arcs de Corti ne s'unissent point directement aux filets nerveux, et qu'ils manquent absolument dans le limaçon des oiseaux et des amphibies (4). Le volume si minime des cellules à poils, ces véritables appareils terminaux des filets du nerf auditif, ne permet pas de penser, qu'elles soient seulement excitées par des tons déterminés. Si des vibrations sonores agitent l'eau du labyrinthe, les cils suivront plutôt ce mouvement. Par conséquent, si un ton simple parvient à l'oreille, tous les cils vibreront sympathiquement, et une masse de sons composés les mettra également en vibration. L'irritation auditive, au cas, où elle est produite uniquement par les cellules à poils, peut donc, en présence

1. Consulter W. Waldeyer, *Hörnerv und Schnecke*, in *Gewebelehre* de Stricker p. 913, et p. 961 l'index bibliographique.
2. Helmholtz, *Lehre von den Tonempfindungen*, 3e édit. p. 219 et suiv.
3. Helmholtz, *Lehre von den Tonempfindungen*, première et deuxième éditions Dans la troisième édition (p. 229), cet auteur a adopté l'hypothèse suivante de Hensen : d'après la largeur diverse de ses segments, la membrane basilaire est accordée pour différents tons. — Voir plus loin.
4. Hasse, *Zeitschr. f. wiss. Zoologie* XVII. p. 56, 461 ; XVIII, p. 72, 359.

de divers sons, effectuer des sensations qualitativement différentes ; mais rien ne prouve, qu'elle puisse les analyser, les décomposer en leurs éléments simples. Cette analyse n'est donc pas opérée par les terminaisons nerveuses, mais seulement par les parties, qui sont dans leur voisinage. Ces parties présentent, uniquement dans le limaçon, une composition, qui autorise à admettre la possibilité d'une adaptation à des tons de diverse hauteur ; et, à ce sujet, la pensée doit se porter, ici, vers la membrane basilaire. Celle-ci, ainsi que Hensen (1) l'avait remarqué le premier, possède, en divers points, une largeur suffisamment différente, pour laisser croire, qu'elle est graduellement accordée pour toutes les hauteurs de son, qui sont accessibles à l'oreille humaine. Comme la largeur du canal du limaçon se rapetisse toujours davantage, de la base vers son sommet, le diamètre transversal de la membrane basilaire diminue simultanément. Les diverses parties de cette membrane, puisque sa tension dans le sens de la longueur semble de plus en plus faible, par rapport à sa tension transversale, doivent donc se comporter, comme des cordes de différente longueur ; car, les parties les plus larges sont accordées pour des tons plus graves, et les plus étroites, pour des tons plus hauts. On est moins renseigné sur le rôle des arcs de Corti. Probablement, ces arcs seraient destinés, à la façon des otolithes, contenus dans les saccules du vestibule, à amortir les vibrations ; leur fixité remarquable les rend particulièrement propres à jouer ce rôle (2). Une circonstance milite en faveur de cette allégation : on a trouvé des otolithes dans le limaçon des oiseaux, animaux qui sont dépourvus d'arcs de Corti. Mais, il est hors de doute, que l'oreille renferme des appareils d'amortissement très-efficaces ; car, la sensation de son a une durée un peu supérieure à celle du son objectif. Les vibrations de la membrane basilaire doivent agir directement sur les filets du nerf auditif, au point, où ces derniers émergent des divers orifices de la crista spiralis, pour se rendre à cette membrane. Donc, le mécanisme de l'irritation du nerf auditif serait, probablement, le suivant. Les mouvements sonores, communiqués à l'eau du labyrinthe, impriment aux cils des cellules à poils des vibrations, qui sont d'une nature généralement complexe et, peut-être, semblables à celles qu'ef-

1. Hensen, *Zeitschr. f. wiss. Zool.* XIII, p. 481.
2. Waldeyer, *loc. cit.* p. 952. — Helmholtz a émis une autre assertion. Selon lui, les arcs de Corti, sorte de tissus relativement fixes, sont destinés à transmettre les vibrations de la membrane basilaire aux districts, étroitement délimités, du bourrelet du nerf. (*Tonempfindungen*, 3e édit. p. 229.)

fectuent les poils auditifs dans les ampoules. La portion de la membrane basilaire, accordée pour un certain ton, exécute, par suite de ses poils auditifs, des vibrations associées perceptibles, quand le ton propre du segment de la membrane est un élément constituant du son entendu. Grâce aux parties de la membrane basilaire, douées d'une vibration énergique, les filets du nerf auditif, qui reposent sur elles, peuvent directement être irrités ; et, alors, ils reçoivent, dans l'unité de temps, un nombre de secousses correspondant au nombre des vibrations du ton en question. L'effet de chaque impression sonore est donc probablement complexe. D'abord, la masse totale des tissus terminaux nerveux opère un mouvement, qui correspond à la forme non séparée, entière de l'impression extérieure. Ensuite, des mouvements d'une forme plus simple se communiquent aux filets nerveux de l'auditif ; car, les parties accordées de la membrane basilaire isolent d'un mouvement sonore complexe divers éléments simples et les transmettent directement aux filets nerveux. Par conséquent, cette comparaison de l'oreille avec un piano, dont les différentes cordes seraient munies de filets nerveux, n'est pas absolument exacte. Un irritant composé communique aux divers tissus terminaux de l'organe auditif, aux cellules à poils, une excitation complexe, qui se propage aux filets nerveux unis à ces cellules ; et, secondairement, la membrane basilaire accordée sépare de ce mouvement composé diverses vibrations simples et les renforce. Probablement, la *sensation de bruit* tient à l'énergie dominante de cette excitation complexe et propagée à tous les organes terminaux, même à ceux des ampoules ; et les *sensations sonores* prennent naissance, quand les excitations partielles des diverses parties accordées ont une force ou puissance prépondérante.

Les organes des sens spéciaux, étudiés jusqu'ici, offrent, malgré leurs différences de structure, une certaine analogie ; car, les tissus terminaux des nerfs sont des cellules épithéliales plus ou moins modifiées, munies d'appendices sous forme de bâtonnets ou de poils, qui semblent particulièrement aptes à servir de points d'attaque aux mouvements extérieurs. Dans l'*œil*, la terminaison des nerfs se comporte tout autrement. Ici, les organes terminaux des filets nerveux, les cônes et les bâtonnets rétiniens, sont, très-probablement, des cellules épithéliales métamorphosées ; mais la composition, la forme de ces cellules et leur mode de connexion avec les filets du nerf optique sont absolument caractéristiques. Les filets de ce nerf, qui, déjà, dans le tronc

optique, sont dépouillés de la gaîne primitive de Schwann, s'épanouissent, dès le point d'entrée de ce nerf dans l'œil et s'irradient sur toute la surface interne de la rétine. Alors, les filets du nerf optique

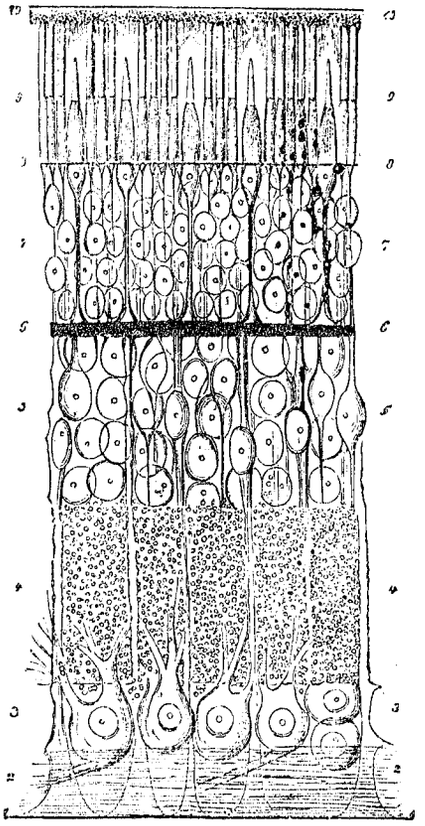


Fig. 101. Vue d'ensemble des couches de la rétine humaine, grossie 400 fois d'après M. Schultze. *1* Membrane limitante interne, dépourvue de structure, *2* Couches des filets du nerf optique ; *3* des cellules ganglionnaires ; *4* interne granulée ; *5* interne des noyaux ; *6* externe granulée ou granulée intermédiaire ; *7* externe des noyaux avec les filets des cônes et des bâtonnets qui la parcourent. *8* Membrane limitante externe de tissu conjonctif, perforée comme un crible par les bâtonnets et les cônes. *9* Couche des bâtonnets et des cônes. *10* Couche pigmentaire.

s'infléchissent en tous points vers l'extérieur et pénètrent dans de grandes cellules ganglionnaires, qui constituent la seconde couche principale de la rétine, si l'on compte de dedans en dehors (*3* fig. 101).

Chacune de ces cellules ganglionnaires envoie vers l'extérieur plusieurs prolongements, qui se divisent et font saillie dans une troisième couche assez large, composée en majeure partie de fins nucléoles (4). Ensuite, l'on remarque une couche de petites cellules (5), et, encore, une bordure ou frange délicate de très-petits nucléoles (6). Dans cette frange, on aperçoit de nouveau la connexion des filets, qui était devenue très-souvent invisible, à partir de la couche ganglionnaire jusqu'à ce point: ainsi, des cellules ou des noyaux interrompent (7), à une hauteur différente, des filets fins ou plus larges qui, de l'autre côté, passent dans les cônes et bâtonnets, ces tissus terminaux situés au pourtour extérieur de la rétine (9). Les noyaux, connexes aux cônes, reposent directement sur ces tissus terminaux et forment, de cette manière, la bordure extérieure de toute la couche nucléaire (8). Les noyaux des bâtonnets, au contraire, sont séparés de ces derniers par un filet intermédiaire, délicat, d'une longueur variable ; les noyaux des bâtonnets occupent donc la partie interne la plus considérable de la couche nucléaire (7). Dirigé en dedans vers la couche du nerf optique, le prolongement des noyaux des cônes est large et se compose d'un grand nombre de filets. Le prolongement des noyaux des bâtonnets est très-délicat et n'est constitué, probablement, que par une seule fibrille primitive. La connexion totale du nerf optique avec ses appareils terminaux serait donc la suivante: les filets du nerf optique (2) entrent d'abord dans des cellules ganglionnaires (3); de celles-ci émergent vers l'extérieur de nouveaux filets, qui sont interrompus par les cellules de la couche nucléaire interne (5) et ensuite par les cellules de la couche nucléaire externe (7), d'où ils se terminent dans les bâtonnets et les cônes (6). Ces derniers constituent de cette manière un épithélium nerveux compliqué, tandis que les autres parties de la rétine ressemblent évidemment par leur structure à la substance grise du cerveau. Au dehors, cet épithélium nerveux est tapissé par la couche pigmentaire, dont les cellules, dépourvues de membrane, contiennent de la *fuscine*, substance brune excrétée en cristaux solides (1).

D'après les faits physiologiques, la lumière excite seulement les bâtonnets et les cônes, mais non les filets du nerf optique ou les cellules ganglionnaires de la rétine. Le point d'entrée du nerf optique, endroit dépourvu de bâtonnets et de cônes, est inexcitable à la lumière : c'est

1. Schultze, *Archiv f. mikrosk. Anat.* II—VII et, in *Gewebelehre* de Stricker, p. 977 et suiv.

la *tache aveugle* ou *de Mariotte* (1). En outre, l'emploi d'un éclairage convenable, surtout oblique par rapport à l'œil, nous fait percevoir l'ombre de nos vaisseaux rétiniens, sous la figure de ces derniers transportés au dehors. Cela prouve, que les parties irritables à la lumière résident dans les couches profondes de la rétine (2). On se pose encore la question suivante. Les diverses parties de l'épithélium nerveux participent-elles d'une manière différente à la transformation de l'irritation lumineuse en excitation nerveuse ? Seuls, les rapports de structure des bâtonnets et des cônes nous donnent sur ce point quelques renseignements. Ces deux éléments ont une composition analogue : ils consistent en un article interne et un article externe, séparés l'un de l'autre par une ligne transversale. Les articles interne et ex-

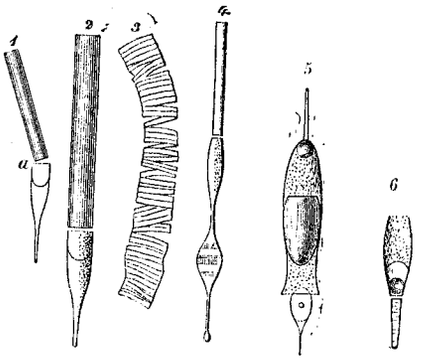


Fig. 102. Histologie des bâtonnets et des cônes ; d'après M. Schultze. Bâtonnets, *1* de poulet, *2* de grenouille, tous deux avec l'ellipsoïde (*a*) ; *3* article externe se dissociant en disques transversaux ; *4* bâtonnets de cabiai avec noyau. *5* Cônes de grenouille avec sphère colorée et ellipsoïde ; *6* de lézard (lacerta agilis), l'ellipsoïde et la sphère séparés l'un de l'autre.

terne des bâtonnets ont, tous deux, une configuration cylindrique. L'article interne large des cônes ressemble à un fuseau ; l'article externe, plus court et plus grêle, est sphérique. Les articles externes, réfractant plus fortement la lumière, montrent, parfois à l'état frais et toujours à l'état de macération, une striation transversale nette ; aussi, chacun d'eux paraît constitué par une série de petites plaques très-minces (fig. 102, *3*). Les éléments de la rétine d'un œil vivant

1. Voir chapit. XIII (les représentations visuelles).
2. H. Müller, *Ueber die entoptische Wahrnehmung der Netzhautgefässe*, in *Verhandlungen der Würzburger physi. — med. Ges.* V, 1854, p. 411. Mémoire reproduit, in *Schriften zur Anatomie und Physiologie des Auges*, du même auteur. Leipzig 1872, p. 27 et suiv.

offrent-ils cette structure en plaques? nous l'ignorons; car, souvent on remarque une division opposée, sous forme d'une fine striation longitudinale (fig. 102, *1* et *2*). Tant qu'ils sont soustraits à l'action de la lumière, les articles externes des bâtonnets prennent dans la rétine vivante une teinte rouge pourpre, provenant du *pourpre visuel*, substance colorante qui est dissoute dans ces organes. Le pourpre visuel se conserve dans la rétine morte, que l'on a privée de lumière; mais, sous l'action de ce dernier agent, il devient très-rapidement jaune et, ensuite, blanc (1). Boll a découvert dans quelques bâtonnets de la grenouille une matière verte, qui pâlissait lentement à la lumière. Les bâtonnets cristallins des invertébrés et les articles externes des cônes sont dépourvus de ces matières colorantes. Cependant, chez les oiseaux, les articles internes des cônes recèlent des pigments rouges, jaunes et jaune-verdâtres qui diffèrent, d'ailleurs, essentiellement du pourpre visuel, parce qu'ils ne se décomposent pas à la lumière. La forme des articles internes des bâtonnets et des cônes présente des variétés caractéristiques. L'article interne des bâtonnets s'amincit à son extrémité interne: c'est alors un fil, qui se rend dans une cellule de la couche nucléée externe, dans le « *noyau* ou *grain de bâtonnet* » (fig. 101 et 102, *4*); à son extrémité externe, il contient un corps plan-convexe, très-réfringent, l'*ellipsoïde du bâtonnet* (fig. 102, *a*), qui a sa base plane tournée vers l'article externe. L'article interne des cônes passe directement, à la limite de la couche granulée, dans une cellule de celle-ci, dans le *grain de cône;* son extrémité externe présente souvent une fine striation longitudinale (fig. 101). On y remarque encore, un corps ellipsoïdal, dirigé vers l'article externe et ayant plus d'étendue, que dans les bâtonnets. Chez les oiseaux et les reptiles, il existe dans ces cônes ou bien, en dehors d'eux (chez plusieurs reptiles) un corps lenticulaire, séparé par un espace intermédiaire; c'est lui qui renferme les matières colorantes réfractaires à la lumière (2).

1. Boll, *Monatsber der Berliner Akademie*, 12 nov. 1876; 11 janv. et 15 fév. 1877; *Archiv f. Physiol.* 1877, p. 4 et suiv. — Kühne, *Untersuchungen aus dem physiol. Institut zu Heidelberg*, I, p. 1, 105, 225.

2 Consulter M. Schultze, in *Archiv f. mikr. Anat.* II, p. 165, 175; III, p. 215, 404; V, p. 1, 379; VII, p. 244 et in *Gewebelehre* de Stricker, p. 977. — Schwalbe, in *Handbuch der Augenheilkunde* de Græfe et Sœmisch, I, 1er fasc. p. 354 et la bibliographie indiquée p. 451. — Merkel, *Archiv f. Ophthalmol.* XXII, p. 1. — Quelques observateurs ont vu, dans les articles internes des bâtonnets et même des cônes, des filets délicats, que l'on a considérés, comme des fibrilles primitives nerveuses. Mais ces fibrilles n'ayant fait leur apparition, qu'après l'application des réactifs, très-probablement, l'on se trouve ici en présence de produits artificiels. Voir Schwalbe *loc. cit.* p. 413.

Tant qu'elle n'est pas séparée dans l'espace, notre sensation lumineuse est constamment indivise, sous le rapport de la qualité. Nous sommes en état de décider, si diverses impressions lumineuses sont plus ou moins *analogues*, mais non, si les sensations sont *simples*, quant à leur qualité ou *composées*. Par conséquent, l'œil n'est pas capable, comme l'oreille, de faire une analyse de l'irritant. On ne peut donc supposer, que l'œil soit doté, à l'exemple de l'oreille, de mécanismes diversement situés et destinés à percevoir les différentes qualités simples de la sensation. Mais, nous admettrons, que chaque élément rétinien sera le théâtre de processus hétérogènes d'irritation physiologique, conformément aux diverses qualités de la sensation lumineuse. Or, d'après les phénomènes, que nous apprendrons à connaître plus loin, on est amené à cette conclusion : chaque modification de l'irritant extérieur n'entraîne pas une altération correspondante des processus internes d'irritation ; car, des impressions lumineuses, objectivement hétérogènes, peuvent occasionner des sensations qualitativement égales. Il résulte de ce fait, que les éléments rétiniens sont le siège d'une transformation de la lumière en une sorte de mouvement, qui, dans certaines limites encore mal déterminées, varie avec la vitesse des vibrations lumineuses, mais n'est pas, comme la sensation de son, en relation constante avec le processus objectif d'irritation. Etant reconnu, que certaines combinaisons chimiques sont facilement décomposées par la lumière, on est naturellement amené à invoquer, ici, une action photochimique. En faveur de cette présomption — abstraction faite de l'absence signalée d'un rapport quelconque entre la vitesse d'oscillation et la qualité de la sensation lumineuse, — militent encore quelques autres propriétés de cette dernière. Nous citerons surtout cette longue persistance de l'irritation, qui distingue également l'œil de l'oreille, s'accorde très-bien avec l'hypothèse d'un processus chimique et presque avec celle d'un processus passager d'oscillation. Il existe encore le fait suivant : lors de cette persistance de l'irritation, dans « l'image consécutive », la qualité et l'intensité de la sensation lumineuse se modifient graduellement ; car, chaque couleur se convertit en sa couleur complémentaire, et le blanc en noir ou le noir en blanc. (1) Une série de phénomènes, qui ont été constatés sur la rétine des ver-

1. Voir ailleurs chap. IX. — Déjà, lors de la première édition de ce livre (1873) je m'étais appuyé sur les phénomènes subjectifs, cités précédemment ; et, bien qu'à cette époque les faits objectifs, mentionnés plus loin, fussent encore inconnus, j'avais appelé « photochimique » le processus de l'irritation lumineuse.

tébrés par suite de l'irritation lumineuse, donnent la plus grande vraisemblance à l'hypothèse photochimique, qui nous est déjà suggérée de cette manière par les conditions subjectives de la vision. Ces phénomènes se rapportent totalement aux matières colorantes existant dans la rétine, et justifient réellement ce résultat fourni par l'histoire de l'évolution : la première trace des organes visuels consiste dans les dépôts pigmentaires, et le pigment représente le principe le plus constant des éléments qui perçoivent la lumière. Toutefois, nous sommes bien loin de connaître exactement les processus, qui accompagnent dans la rétine l'irritation lumineuse ; aussi, la théorie des sensations lumineuses doit principalement s'étayer, jusqu'à présent, sur les conditions subjectives de la sensation (1).

Les organes visuels des divers animaux recèlent trois sortes de pigments. 1° Les articles internes de plusieurs cônes contiennent des matières colorantes rouges, jaune-verdâtres et jaunes, fixes à la lumière. 2° Les articles externes des bâtonnets de tous les vertébrés renferment une substance colorante, souvent rouge pourpre, le « pourpre visuel », se décomposant à la lumière ; très-rarement, cette substance est remplacée par une matière verte, subissant la même altération. 3° Enfin, une substance colorante rouge, violette ou brune entoure les bâtonnets cristallins des invertébrés ; ou bien, elle se dépose en certains points, revêt extérieurement la rétine des vertébrés : chez ces derniers, elle est constamment brune et résiste également à la lumière. Le premier de ces pigments est le moins répandu. Mais le troisième est le plus généralisé. Or, le point principal de son apparition, sa présence autour des cônes cristallins ne permettent pas de douter, que les pigments oculaires des invertébrés équivalent presque absolument à la couche pigmentaire externe de l'œil des vertébrés. Parmi ces pigments, ceux appartenant aux articles internes des cônes des oiseaux et des reptiles semblent moins susceptibles, d'être modifiés par l'action de la lumière. Seulement, comme ces matières colorantes jouissent de la propriété générale d'absorber la lumière, probablement elles seraient en relation avec l'irritation lumineuse ; et il faudrait supposer, que chaque pigment augmente l'irritabilité de son article interne pour la couleur, qui lui est *complémentaire*, puisqu'il absorbe le plus cette couleur. La matière colorante dissoute des articles externes des bâtonnets, le pourpre visuel, éprouve, par l'action de la lumière, les plus fortes altérations. En même temps, la rapidité de ces altérations dépend de la longueur d'onde de la lumière ; car, en présence de la lumière d'une seule couleur, ces substances passent très-vite au vert, ensuite elles virent, avec une énergie décroissante, au bleu, au violet, au jaune, et, très-lentement, au

1. Voir chap. IX, pour les hypothèses et conclusions concernant ce sujet.

rouge (1). Toutefois, une relation directe de ces processus de décoloration avec le processus de la sensation lumineuse n'est point admissible: puisque le pourpre visuel fait défaut dans les articles externes des cônes, qui chez l'homme constituent le point de la vision la plus nette et le plus sensible à toutes sortes de lumières. La décomposition de cette matière colorante par la lumière peut donc uniquement être considérée, comme un symptôme, qui témoigne généralement de l'existence de processus photochimiques dans la rétine et nous fournit, de cette manière, une preuve indirecte en faveur de l'hypothèse photochimique. Enfin, le troisième pigment, celui de la couche pigmentaire proprement dite, auquel équivalent en même temps la plupart des pigments oculaires des invertébrés, n'éprouve, par suite de l'action de la lumière, aucune altération dans sa couleur. Au contraire, d'après les démonstrations expérimentales de Kühne, la lumière imprime au protoplasma des cellules pigmentaires un mouvement lent, qui a pour effet d'amener la fuscine, contenue dans ce protoplasma, aux espaces intermédiaires des articles externes des bâtonnets et des cônes, jusqu'à la limite des articles internes ; tandis que la fuscine, dans la rétine obscure, atteint seulement la partie la plus extérieure de ces espaces intermédiaires. Les cellules pigmentaires elles-mêmes subissent des altérations correspondantes. Dans l'obscurité, leur moitié interne surtout est abondamment remplie de pigment; à la lumière, ces cellules sont plus pâles, par suite du dépouillement de pigment, qui s'effectue dans les espaces intermédiaires des articles externes (fig. 103) (2). Ces phénomènes doivent être provisoirement utilisés, parce qu'ils indiquent les altérations moléculaires, occasionnées dans l'œil vivant par le rayonnement de la lumière. Les altérations, qui sont liées à la couche pigmentaire externe, existent dans les yeux de tous les vertébrés; et l'homogénéité des pigments laisse présumer, que ces altérations ne font pas défaut, même dans les organes visuels des invertébrés. On doit conclure de là, que les effets de lumière, liés au pigment le plus général, sont les plus essentiels pour le processus de la sensation. Le pourpre visuel paraît seule-

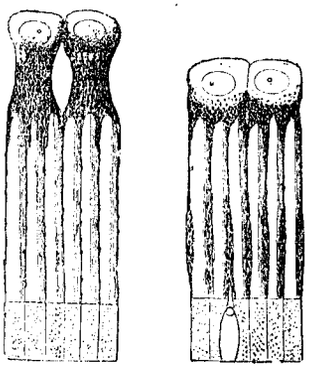


FIG. 103. *A* Articles externes des bâtonnets et cellules pigmentaires d'une rétine placée dans l'obscurité ; *B* les mêmes, dans une rétine éclairée.

1. Kühne, *Untersuchungen aus dem physiol. Institut zu Heidelberg*, I. p. 185 et suiv. Le moyen le plus élégant de démontrer la décoloration à la lumière est d'employer le procédé de Kühne, « les optogrammes », en d'autres termes, de produire des images décolorées sur le fond rouge de la rétine, qui a été placée dans l'obscurité.

2. Kühne, *Untersuch. aus d. physiol. Inst. zu Heidelberg*. II, p. 112, et *Chemie der Netzhaut*, in *Physiologie* de Hermann, III, 1er fasc. p. 332.

ment un produit de transformation, réalisé dans des conditions spéciales et ne jouerait aucun rôle direct, même dans l'acte visuel. Enfin, les pigments, existant parfois dans les articles externes des cônes sont, probablement, des appareils auxiliaires, qui augmentent l'irritabilité pour certaines couleurs.

Malgré la grande importance, que possèdent évidemment les pigments visuels dans la transformation physiologique des vibrations de la lumière, on serait difficilement autorisé à affirmer, qu'ils sont le siège du processus de l'irritation lumineuse. D'après les renseignements fournis par les recherches anatomiques, les *articles internes* des bâtonnets et des cônes sont les cellules sensorielles proprement dites, où se terminent les filets du nerf optique ; mais les articles externes, analogues aux bâtonnets cristallins des invertébrés, représentent une formation cuticulaire qui, à l'état de développement, est uniquement en rapport de contiguité avec les articles internes et ne reçoit aucun nerf; il en est, de même, des cellules du pigment externe et de leurs prolongements protoplasmatiques. Les mouvements de ces derniers nous amènent à penser, que l'irritation lumineuse donne naissance dans le pigment externe à des matières de décomposition, qui, atteignant par des voies détournées les articles externes et directement les articles internes, exerceraient sur eux une irritation chimique. Par conséquent, le processus d'excitation correspondrait essentiellement à celui, qui doit probablement avoir lieu, lors de l'action des irritants olfactifs et gustatifs sur les cellules de ces organes sensoriels. Mais, il y a une différence : pour ces dernières cellules, les *principes irritants* sont apportés du dehors, tandis que l'irritation lumineuse les fait développer à l'intérieur de l'appareil visuel. Il est vraisemblable (et ceci s'accorde, du moins, avec d'autres phénomènes photochimiques mieux connus), que cette transformation ne s'accomplit point en *un* acte, et que dans le protoplasma, si remarquable par sa propriété phototropique, l'action du pigment, absorbant la lumière, engendre d'abord des matières facilement diffusibles, sensibles à la lumière qui, après avoir pénétré dans les cellules visuelles, éprouvent l'autre transformation en principes irritants. Sans doute, les cellules visuelles sont constamment remplies de ces matières sensibles à la lumière, et le mouvement, produit dans le pigment externe, n'est, probablement, pas tant en relation avec l'irritation visuelle, qu'avec la restitution des matériaux d'irritation (1). Cette supposition, que les articles internes des bâtonnets et des cônes sont les cellules visuelles proprement dites, nous fait, en même temps, mieux comprendre la nature énergiquement réfringente des articles externes. A ces derniers correspondent, comme nous l'avons vu, dans les yeux des invertébrés les bâtonnets cristallins, qui constituent la couche la plus interne de la rétine, agissent évidemment ici comme des milieux dioptriques et sont analogues au cristallin et au corps

1. Cette opinion me paraît bien plus vraisemblable et rendre mieux compte de tous les faits, que cette présomption émise, en passant, par Kühne (*Unters.* II, p. 124), d'une irritation *mécanique* des articles externes par la fuscine.

vitré. Dans les yeux des vertébrés, les couches de la rétine occupent une position inverse ; cela fait présumer, que les bâtonnets cristallins ou les articles externes deviennent alors des formations *catoptriques*. Après que l'évolution plus parfaite des milieux réfringents, situés devant la rétine a rendu superflus les organes auxiliaires dioptriques de la rétine, même dans les yeux simples plus développés des invertébrés supérieurs et des céphalopodes, ces formations, grâce à ce changement de position, peuvent jouer un nouveau rôle. Agissant comme des miroirs réflecteurs, elles renvoient encore une fois à leur intérieur une partie des rayons, qui ont traversé les cellules visuelles et renforcent ainsi chez elles le processus de l'irritation lumineuse ; tandis qu'il arrive toujours assez de lumière à la couche pigmentaire, pour y mettre en jeu les mouvements phototropiques, essentiels à la fonction visuelle (1).

Si nous comparons les mécanismes qui, dans les divers organes sensoriels, sont destinés à se mettre en contact avec les irritants, le sens le plus général, celui de la sensibilité, offre, sans doute, les rapports les plus simples. Ce sont les filets nerveux eux-mêmes, divisés en fines fibrilles terminales, qui reçoivent ici les impressions ; et, en certains points privilégiés, on trouve des appareils qui rendent, ce semble, les filets nerveux plus accessibles aux irritants ou protègent les nerfs contre des irritants beaucoup trop énergiques. Cette simplicité des éléments anatomiques constituants de cet appareil tient, probablement, à ce que les effets dûs à la pression et à la température possèdent une composition et une énergie telles, qu'il n'est nullement besoin de tissus terminaux particuliers, pour recevoir les irritants. Le sens auditif a d'autant plus d'affinité avec le sens de la sensibilité que, chez lui, les ébranlements *mécaniques* de l'extrémité des filets nerveux sont capables, à l'exemple des sensations de pression, de produire l'irritation. Et ces ébranlements paraissent atteindre également les extrémités nerveuses elles-mêmes situées dans le limaçon, cette partie de l'organe auditif spécialement apte à percevoir les impressions de son ; car, ces terminaisons nerveuses reposent directement, ici, sur la membrane basilaire, qui doit leur communiquer ses vibrations. En outre, les cils des

1. Hannover et Brücke (*Archiv* de Müller 1840 p. 326 ; 1844, p. 444) avaient déjà présumé, que les articles externes étaient des appareils catoptriques. L'hypothèse, qu'ils seraient des organes percevant la lumière, a été soutenue par M. Schultze et W. Zenker (*Archiv f. mikr. Anat.* III p. 248), et par G. St. Hall. (*Proced. Americ. Acad.* p. 402). Les premiers essayaient de faire provenir l'irritation pour les couleurs, des phénomènes d'interférence de petites plaques minces, et Hall de la distance focale diverse des rayons. Je renvoie le lecteur, désireux de connaître la critique de ces hypothèses, à la première édition de ce livre, p. 333 et suiv.

cellules terminales à aspect épithélial, qui siègent sur les filets nerveux, existent dans le limaçon et les ampoules des canaux semi-circulaires ; et, grâce à la facilité, avec laquelle les ébranlements mécaniques se communiquent aux cils, ceux-ci sont propres à transmettre aux filets nerveux des irritations sonores, d'une faible intensité et d'une forme variable. Les trois autres sens spéciaux se trouvent dans des rapports essentiellement différents. Les conditions extérieures sont analogues pour les muqueuses olfactive et gustative, puisqu'ici les prolongements des épithéliums terminaux, semblables à des cils ou des piquants, provoquent l'action de l'irritant. Mais, dans ce cas, le mouvement mécanique ne se propage pas simplement, en cette qualité, aux tissus terminaux ; c'est, très-probablement, une action chimique qui engendre un mouvement de ces prolongements et, par l'intermédiaire de ceux-ci, le processus d'irritation. Par conséquent, le mode de ce processus diffère essentiellement de sa cause extérieure. Des irritants très-divers peuvent donc mettre en jeu le même processus d'excitation ; la relation entre la qualité de la sensation et la forme de l'irritant est seulement indirecte, puisque à certaines classes d'effets chimiques correspondent ordinairement des formes analogues d'excitation. Mais la sensation ne suit pas, comme lors de la production des tons et des sons, graduellement la forme de l'irritant ; elle est seulement un réactif, relativement grossier, à l'égard de certaines différences plus importantes de l'action chimique.

Déjà, sous ce rapport, le sens visuel a plus d'affinité avec les deux derniers sens désignés, qu'avec les sens auditif et tactile. Il diffère d'eux, non pas tant par la délicatesse, qu'il déploie à analyser objectivement l'irritant — en cela, il les surpasse à peine, car des formes très-diverses de l'irritation lumineuse ne peuvent être discernées par la sensation ; — mais, il leur est supérieur par sa précision à distinguer les résultats *subjectifs* de l'irritation, les sensations. Et il ordonne ces sensations dans la multiplicité continue des couleurs, à laquelle ne correspond, dans le domaine de ces sens chimiques inférieurs, aucun continuum développé d'une manière analogue. D'un continuum de ce genre il n'existe, ici, que des fragments, qui se révèlent par certaines nuances olfactives ou gustatives ou par des sensations associées (1).

1. Il faut avouer d'ailleurs, qu'il doit y avoir des organismes, où la disposition à un continuum des sensations olfactives et gustatives, disposition existant seulement comme ébauche chez l'homme, est arrivée à un véritable développement. De même, il y a probablement des organismes, où ce continuum des sensations audi-

Pour les sens mécaniques, évidemment le processus, déroulé dans les filets des extrémités nerveuses, se rapproche beaucoup plus intimement du processus extérieur de l'irritation ; à l'aide de ces sens, nous sentons ce dernier processus, pour ainsi dire, *plus directement*, qu'avec les sens chimiques, où la forme de l'excitation dépend à un haut degré de la constitution moléculaire inconnue des organes terminaux. C'est pourquoi, les sens mécaniques sont les plus simples. Le plus général d'entre eux, le sens tactile, a servi de base fondamentale à l'évolution des quatre sens spéciaux. Pour trois de ces derniers, cette évolution s'est accomplie, grâce à l'adjonction ou addition des *cellules à cils vibratiles*, qui recouvrent d'une façon toute particulière diverses parties du tégument extérieur des animaux inférieurs. Or, les poils auditifs, les prolongements des cellules olfactives et gustatives sont des cils, que leur position et leur structure rendent éminemment aptes à recevoir le contact de formes déterminées de l'irritant. D'autres cellules épithéliales du tégument cutané deviennent, par suite des dépôts pigmentaires et des développements cuticulaires, spécialement accessibles à l'action photochimique de la lumière ; elles constituent, de cette manière, des tissus propres à effectuer la réception des irritants lumineux.

Enfin, on doit considérer, comme un mécanisme commun à tous les organes sensoriels et indiquant des besoins ou nécessités analogues, la présence des *cellules ganglionnaires*, qui sont placées un peu avant la terminaison des filets des nerfs sensoriels. D'après les principes fondamentaux de la mécanique physiologique générale du système nerveux, les cellules ganglionnaires sont, partout, des appareils destinés à emmagasiner la réserve de travail. Selon leur mode d'union avec les filets nerveux, elles arrêtent les excitations transmises ou bien, transportent à d'autres filets nerveux ces excitations rendues plus énergiques par les forces, mises en liberté à l'intérieur des ganglions (1). Incontestablement, une transmission de ce dernier genre a lieu dans les cellules ganglionnaires des nerfs sensoriels, ou bien (pour parler le langage de l'hypothèse moléculaire, émise précédemment), les filets des nerfs sensoriels sont unis par leur côté périphérique avec la région périphérique des cellules (p. 298). Par conséquent, ces cellules « d'avant-

tives et lumineuses, que l'homme possède, fait totalement défaut, bien que ces organismes puissent distinguer diverses sortes de lumière et de son.

1 Consulter chap. VI. Les appareils terminaux spécifiques font particulièrement défaut dans l'organe tactile ; néanmoins, comme nous l'avons vu p. 289, les expansions terminales présentent une grande irritabilité.

garde » doivent être des appareils, qui renforcent le processus d'irritation, transmis à travers les tissus terminaux spéciaux et tiennent à la disposition des nerfs la somme de forces, nécessaire à un grand nombre d'irritations successives.

Cependant, la question suivante est encore recouverte d'une obscurité complète. Quels sont les rapports existant entre les processus, engendrés par l'irritant dans les tissus terminaux des organes sensoriels, et ce phénomène qui, transmis ensuite dans les nerfs sensoriels, arrive au cerveau? Jusqu'à son point central ultime, ce phénomène conserve-t-il, comme cela se produit dans les tissus terminaux périphériques, la même forme, qui varie d'après celle des irritants? ou bien, lors de la transmission, s'opère-t-il encore une autre transformation et, peut-être, une troisième transformation a-t-elle lieu dans le cerveau? Jusqu'à ce jour, la dernière hypothèse a été adoptée de préférence; car, on s'était attaché à la théorie de l'énergie spécifique des nerfs sensoriels et, d'autre part, l'on avait accepté tacitement ou expressément la loi de l'indifférence fonctionnelle des filets nerveux. Selon la théorie de l'énergie spécifique, la qualité de la sensation est une fonction absolument propre à la substance de chaque nerf sensoriel. En percevant la lumière, le son, la chaleur, etc., nous n'avons nullement conscience de l'impression extérieure, mais seulement de la réaction, exercée par nos nerfs sensitifs contre cette impression. Or, l'énergie spécifique se révèle de deux manières: 1° chaque nerf sensoriel est uniquement accessible à des irritants déterminés, par exemple le nerf optique à la lumière, le nerf auditif au son, etc.; et 2° chaque nerf réagit, seulement sous une forme qui lui est spécifique, contre les irritants généraux des nerfs, surtout contre l'excitation mécanique et électrique. Nous avons déjà remarqué, en passant, que la première de ces propositions ne s'applique pas à la classe la plus vaste des nerfs sensoriels, principalement aux nerfs de la peau et d'autres organes sensibles, puisqu'ils ont un irritant nerveux général, l'irritant mécanique, qui leur est en même temps adéquat. L'irritabilité spécifique des quatre sens spéciaux repose, sans doute, sur une propriété spécifique des nerfs; mais elle tient, surtout, à ce que chacun de ces nerfs est doté de tissus terminaux caractéristiques, qui transmettent aux extrémités nerveuses les formes déterminées du mouvement irritatif. Alors, on a le plus souvent renoncé à la théorie, prise dans sa teneur primitive, et l'on a attribué la forme spécifique du fonctionnement des sens exclusivement aux tissus terminaux, situés dans les organes sensoriels et dans le cerveau. D'après une image

souvent employée, les filets nerveux ressemblent à des fils télégraphiques, qui transmettent toujours la même espèce de courant; et, si l'on fait communiquer les extrémités des fils avec divers appareils, ce courant est capable de produire les effets les plus divers, sonner les cloches, enflammer une mine, mouvoir un aimant, produire de la lumière, etc., (1). Si l'on admet encore, que les tissus terminaux périphériques effectuent, grâce à leur mécanisme ou structure, seulement la transmission des formes spécifiques de l'irritant aux filets nerveux, mais n'engendrent pas la sensation, il reste uniquement les surfaces sensorielles centrales placées dans le cervean, aux énergies multiples desquelles, il faudrait ramener toutes les différences de la sensation. Accorderait-on, que même les tissus terminaux périphériques prennent part à l'acte de la sensation, on ne pourrait pas éviter d'admettre une pareille énergie spécifique des surfaces sensorielles centrales ; puisque, après la suppression de l'organe sensoriel, l'irritation du nerf met encore en jeu des sensations spécifiques. Il faudrait alors supposer, dans les parties centrales, des variétés de processus, qui, comme des signes ou des signaux, répondraient aux variétés des processus périphériques d'irritation. D'après les renseignements fournis par la physiologie cérébrale, le principe de l'indifférence fonctionnelle, adopté dans les limites, où il s'applique aux filets nerveux, doit s'étendre encore aux terminaisons centrales de ces derniers organes. Évidemment, en opérant ce transfert aux parties centrales, on avait usé d'artifice; l'on n'avait reporté le siège de la fonction spécifique dans un domaine, actuellement très-peu connu, qu'afin de pouvoir se livrer, au sujet de ce dernier, à toutes les affirmations les plus fantaisistes (2).

Les difficultés, inhérentes à la théorie de l'énergie spécifique appliquée aux divers sens, sont bien plus considérables, si l'on veut adapter cette doctrine aux expériences révélées par les différences qualitatives de sensation d'un seul et même sens. Selon l'hypothèse d'Young acceptée et modifiée par Helmholtz, trois sortes de filets nerveux, sentant le rouge, le vert et le violet, existent dans le nerf optique. Mais l'impression lumineuse, limitée sur un point extrêmement faible, n'est jamais perçue dans une couleur déterminée. On est donc obligé d'admettre, sur la plus petite surface de la rétine, un mélange de ces trois sortes de filets ou de leurs tissus termi-

1. Helmholtz, *Lehre von den Tonempfindungen*, 3e édit. p. 234.
2. Voir chap. V, p. 234 et suiv.

naux, hypothèse difficile à concilier avec le diamètre des bâtonnets, dont chacun ne paraît recevoir, qu'*une seule* fibrille primitive. Les difficultés sont bien plus grandes dans l'organe auditif. Ici, le pouvoir analytique de l'oreille nous donne lieu de penser, qu'à chaque ton simple d'une certaine hauteur correspond un filet nerveux déterminé, qui serait uni à la partie de la membrane basilaire, accordée pour ce ton. Or, notre sensation de ton n'est pas continue ; elle n'opère pas des soubresauts, mais elle passe graduellement d'une hauteur de ton à une autre hauteur. Il faudrait donc supposer un nombre presque infini de filets nerveux. Pour se soustraire à cette obligation, Helmholtz croit, qu'un ton, tenant le milieu entre les tons correspondants à la sensation spécifique de deux filets nerveux, mettrait en excitation *deux* filets nerveux : deux filets, également forts, quand le ton en question est justement intermédiaire à deux sensations fondamentales, et deux filets, inégalement forts, quand ce ton se rapprocherait beaucoup plus de l'une, que de l'autre (1). Cette allégation est en contradiction avec ce fait, que toujours un ton simple effectue seulement une sensation simple. Pour les tons, situés dans l'intervalle compris entre les sensations fondamentales de deux filets nerveux, la sensation devrait être nécessairement complexe. J'indiquerai, ici, brièvement les difficultés anatomiques, qui s'élèvent dans les autres domaines sensoriels. La peau devrait posséder au moins trois sortes de nerfs : des nerfs de pression, de chaleur et de froid. Dans les muqueuses olfactive et gustative, il faudrait admettre, pour les diverses impressions sensorielles, des tissus terminaux spécifiquement différents avec des filets nerveux correspondants ; or, l'examen anatomique ne nous fournit, à ce sujet, pas le moindre point d'appui.

Les rapports anatomiques et physiologiques de l'organe de l'ouïe, qui ont été exposés très-clairement jusqu'à présent, nous donnent la meilleure solution de ces difficultés, dans lesquelles se débat la théorie des énergies spécifiques. Si, conformément à l'opinion régnant actuellement, nous supposons, que la membrane basilaire est accordée, dans ses diverses parties, pour les différents sons susceptibles d'être perçus par l'oreille, la sensation simple de ton dérivera, comme nous l'avons indiqué précédemment, de l'excitation mécanique directe des extré-

1. Helmholtz, *loc. cit.*, p. 230. Je me suis permis de substituer les sensations fondamentales des effets nerveux, à l'accord des arcs de Corti ou des parties de la membrane basilaire, qui leur correspondent, accord qu'Helmholtz a invoqué. Au fond, cela revient au même et met plus en relief la contradiction de l'hypothèse.

mités nerveuses. Cette excitation s'exécutera d'une manière analogue à celle, qui se produit lors de « l'état de tétanos mécanique » des nerfs musculaires, où des secousses mécaniques, rapides et se succédant à intervalles égaux, impriment aux muscles une contraction permanente (1). Nous pouvons alors nous représenter, qu'un même filet nerveux, mis successivement en contact avec diverses parties de la membrane basilaire, engendre successivement diverses sensations de ton ; car, à chaque excitation momentanée correspond une fois un processus d'irritation ; et à une excitation, se succédant n fois, dans l'unité de temps, correspond n fois un processus d'irritation. Cette hypothèse serait insoutenable, s'il devait résulter, que l'irritation dans le nerf est un processus trop court, pour pouvoir suivre les vibrations les plus rapides, que notre oreille est capable de percevoir encore comme ton. A la vérité, nous avons découvert dans le chapitre VI, que chaque irritation momentanée persiste très-longtemps dans le nerf. Mais la durée de la période totale de l'irritation n'exclut pas, que le nerf ne puisse suivre, par un mouvement de va-et-vient de son onde propre d'irritation, des excitations périodiques d'une durée beaucoup plus courte ; pour cela, il est uniquement nécessaire, que les maxima des diverses périodes d'irritation ne se rencontrent pas absolument. En effet, les observations, pratiquées sur les muscles, confirment dans une certaine mesure la loi suivante : le processus d'irritation dans le nerf a, si l'irritation est périodique, une période égale à celle du processus extérieur d'irritation. Si l'on irrite le nerf musculaire par des secousses périodiques d'un courant électrique, le muscle se contracte et présente des vibrations d'une vitesse égale, qui se traduisent par un léger son (2). Dans cette expérience, l'inertie de la substance musculaire impose une limite assez étroite à l'étendue des périodes de vibration. L'irritation, appliquée sur le nerf avec ses augmentations et diminutions périodiques, peut suivre cependant, dans une bien plus grande étendue, l'irritation périodique. L'examen des modifications des courants musculaires et nerveux offrirait ici une certaine mesure de comparaison. Selon les expériences de J. Bernstein, l'oscillation négative, survenant après une irritation instantanée est, pour le nerf (si on compte depuis le moment de l'irritation), environ 0,0005 de seconde, et, pour le muscle, 0,003 de sec. (3). Par conséquent, lors de l'irritation intermittente du nerf, de 2000 secousses à la seconde,

1. Voir le *Lehrbuch der Physiologie* de l'auteur, 4e édit. p. 541.
2. Helmholtz, *Monatsber. der Berliner Akad.* 23 mai 1864.
3. Bernstein, *Untersuchungen über den Erregungsvorgang*, p. 24, 64.

chaque processus d'irritation pourrait se dérouler complètement, avant qu'un nouveau commence. Si, au contraire, on voulait séparer les uns des autres seulement les maxima des diverses courbes d'irritation, — comme il est permis de le conclure d'après les chiffres de Bernstein — une irritation se succédant 10 fois plus vite ou 20,000 fois à la seconde engendrerait justement un processus d'irritation intermittent. Ce chiffre coïncide presque avec la limite, qu'on a trouvée pour les tons les plus hauts, que l'oreille est susceptible de percevoir (1). Rien ne nous empêche donc d'admettre, que l'irritation de son est, seulement, une forme particulière de l'irritation nerveuse intermittente, et que spécialement la sensation de ton est basée sur un trajet régulier et périodique des processus d'irritation, dans les filets du nerf auditif. A notre avis, les filets de l'auditif sont les seuls, qui soient aptes à la sensation de ton. Car, uniquement aux extrémités de ce nerf, sont disposés ces mécanismes, propres à entretenir les irritations régulièrement périodiques et à produire, même dans le nerf sensoriel, une adaptation spéciale aux formes de l'irritation intermittente.

Quant aux autres nerfs sensoriels, il est extrêmement vraisemblable, que leur processus d'excitation n'est nullement périodique, ni même intermittent. Ce qui milite en faveur de cette assertion, c'est surtout la persistance de la sensation, qui existe chez eux et témoigne de modifications, occasionnées par l'irritation, permanentes et se compensant graduellement. A cet égard, les phénomènes de l'irritation musculaire nous offrent une certaine analogie. Si nous produisons la contraction d'un muscle, en faisant passer un courant constant à travers cet organe, et non en recourant à des irritants intermittents, le muscle entre en contraction permanente, comme s'il s'agissait d'une irritation rapide intermittente, mais il ne présente pas, comme lors de cette dernière, des vibrations qui rendent un son simple (2). Grâce à cette analogie empruntée au muscle, on peut imaginer de deux manières, comment, en alternant les irritants externes, le processus d'irritation dans le nerf peut se modifier. 1° Les processus moléculaires peuvent rester constants dans leur composition, mais la succession périodique de leur accroissement ou diminution varie : c'est le cas que nous supposons réalisé, lors de l'irritation de son. 2° Les différences du trajet peuvent disparaître ; tandis que, selon l'espèce d'irritation, des modi-

1. Consult. chap. IX.
2. Wundt, *Lehre von der Muskelbewegung*, p. 121, et *Lehrbuch der Physiologie* 4e édit. p. 544.

fications se manifestent dans la nature des processus moléculaires : tel est, croyons-nous, le cas des sens chimiques. Dans ces deux circonstances, le processus moléculaire, déroulé dans le filet nerveux, se réglera d'après la forme d'excitation des tissus terminaux périphériques. Alors, les processus, mis finalement en jeu dans les cellules centrales, sont seulement différents et arrivent à la conscience, sous l'aspect de sensations différentes, puisque les processus moléculaires, que ces cellules reçoivent des nerfs, se distinguent par leur trajet périodique, comme lors des sensations de son, ou bien, se distinguent par leur nature, comme lors des modes d'excitation des sens chimiques. Ce serait, effectivement, l'unique moyen de faire concorder les expériences sur la séparation fonctionnelle des organes avec le principe de l'indifférence fonctionnelle des parties élémentaires. Cette alternance dans la composition des processus moléculaires provient uniquement du mode, de la manière, dont les divers éléments sont mis en contact entre eux et dans les organes sensoriels avec les irritants externes. Par conséquent, l'hypothèse d'une fonction spécifique des divers éléments nerveux est insoutenable, puisqu'on ne veut pas limiter le concept de cette hypothèse à la faculté de l'exercice et de l'adaptation.

A une adaptation de ce genre se ramène particulièrement cette expérience, qui a été le meilleur appui de la théorie de l'énergie spécifique, à savoir que les divers nerfs sensoriels répondent à chaque espèce d'irritation par la qualité de sensation, qui leur est propre. Nous l'avons déjà vu, de nouvelles voies de conduction peuvent se former dans les centres nerveux, puisque la faculté, dont jouissent certaines parties de la substance nerveuse, de propager une excitation, qui leur est transmise, s'accroît par l'exercice. Nous devons essentiellement admettre la même adaptation, afin d'expliquer, que des éléments centraux remplissent, par suppléance, la fonction de ceux qui sont empêchés de l'exercer (1). Or, le même phénomène, que nous observons, lors de l'établissement de nouvelles voies principales et de l'exercice de nouvelles fonctions, nous avons besoin de l'invoquer pour les formes particulières de l'irritation, si nous voulons avoir la clef de ces expériences, qui confirment directement, en apparence, l'énergie spécifique. Malgré la concordance parfaite de certaines propriétés générales, qui proviennent de leur composition chimique analogue, les processus moléculaires particuliers, siégeant dans les divers nerfs sensoriels, varient d'après la nature des irritants qui leur sont apportés. Toutes les fois que, dans un certain filet nerveux, se développent des processus d'une espèce déterminée,

1. Voir p. 235, 252.

les molécules complexes de la substance nerveuse revêtiront une composition, qui les rendra spécialement aptes à cette forme déterminée de mouvement moléculaire ; c'est pourquoi, chaque ébranlement, survenu dans l'équilibre moléculaire, engendre la même forme de mouvement. Puisqu'on conclut, d'après les phénomènes de la fonction vicariante et certains faits de la mécanique (1) générale, physiologique, que des impulsions, souvent répétées de l'irritant, amènent ordinairement une mobilité toujours plus grande des molécules, alors des processus irritatifs souvent répétés, d'une certaine forme, laisseront à leur suite une disposition, d'après laquelle chaque irritation conserve ordinairement la même forme. Cette loi spéciale découle de la loi générale, puisque nous ramenons — et nous ne pouvons pas agir autrement — ces dispositions à une modification de l'état d'équilibre des molécules complexes. Or, une modification de ce genre devra toujours consister, en ce que l'équilibre moléculaire est devenu instable dans une certaine direction, et justement dans cette direction, où existait régulièrement le trouble d'équilibre, qui est lié à l'irritation et engendre la disposition.

Finalement, en faveur de l'application du principe d'indifférence aux propriétés primitives des nerfs sensoriels, nous citerons encore deux raisons, ce semble, décisives. La théorie de l'énergie spécifique attribue à chaque nerf sensoriel ou à tout autre élément central, une forme particulière de la sensation. Par conséquent, elle est incapable d'expliquer le fait suivant basé sur l'expérience. Comment se peut-il que, durant un certain temps, la fonction des divers organes sensoriels soit entretenue par des irritants, qui leur sont adéquats, puisque la forme particulière de la sensation persiste, même après la perte de l'organe sensoriel ? Les aveugles-nés et les sourds de naissance sont privés absolument de la sensation de lumière et de son, quoique les nerfs sensoriels et leurs terminaisons centrales soient parfaitement développés — (l'atrophie des éléments nerveux, par suite de l'absence fonctionnelle s'établissant, lors de la vie extra-utérine (2), — et que les éléments centraux ne manquent pas d'être excités par les formes ordinaires de l'irritation centrale automatique. Effectivement, chez les individus complétement aveugles et sourds, les sensations de lumière et de son se conservent, pendant de nombreuses années, sous forme de rêves, d'hallucinations et d'images de souvenir (3). Mais pour cela, une condition est nécessaire: il faut que, durant un certain temps, l'organe sensoriel périphérique ait fonctionné. Selon notre hypothèse, cette expérience s'explique directement par la faculté d'adaptation de la substance nerveuse; tandis que la théorie de

1. Voir chap. VI, p. 291.
2. A. Foerster, *Die Missbildungen des Menschen.* Iéna 1861, p. 50, 78 et suiv.
3. Au sujet de cette question, j'ai correspondu avec un homme intelligent et versé dans les sciences. Il était devenu complètement aveugle dès l'âge de huit ans ; aujourd'hui (1872), il a environ trente à quarante ans. Il m'assure, que ses rêves et ses images de souvenir n'ont rien perdu de la vivacité de leurs couleurs.

l'énergie spécifique est incapable de fournir à cet égard la moindre notion. Deuxièmement, cette dernière théorie doit admettre, que chaque élément sensoriel conserve invariablement, durant tous les temps de l'évolution, sa fonction particulière. Or, si une forme de fonction était issue d'une autre forme, elle ne serait plus spécifique. Donc, si les facultés de l'ouïe, de la vision, si généralement les hautes fonctions sensorielles étaient nées tout d'un coup, à la fois dans le règne animal, ce fait n'aurait été possible, que grâce à une nouvelle création complète des éléments nerveux en question, mais jamais par suite d'un développement, qui serait provenu de formes sensorielles inférieures. C'est pourquoi, la doctrine de l'énergie spécifique se trouve en contradiction directe avec la théorie d'une évolution des êtres organiques et de leurs fonctions ; tandis que l'hypothèse de l'adaptation des processus de l'irritation à l'irritant apparaît, comme la forme particulière, que prend la théorie de l'évolution, par rapport au développement des sens. Or, nous devons regarder, comme suffisamment fondée, une opinion à laquelle des voies indirectes conduisent par tant de côtés différents, et d'où l'on peut déduire toutes les expériences connues. Elle est préférable à l'autre, qui est également inconciliable avec la mécanique des nerfs, la physiologie des sens et l'histoire générale de l'évolution. Et il serait effectivement difficile de savoir, comment cette théorie a pu exercer si longtemps sa prépondérance, si elle n'eût pas été favorisée par la direction spéculative, qui a longtemps dominé dans les sciences naturelles. La base fondamentale philosophique des sciences naturelles modernes, en général et, en particulier de la théorie des sens a reposé, jusqu'à ce jour, sur les idées de Kant. La doctrine des énergies spécifiques est un écho physiologique de la tentative de Kant, de découvrir les conditions données à priori de la connaissance ou bien (ce qui était jugé souvent équivalent), ses conditions subjectives, comme on le voit très-clairement chez J. Müller, le représentant le plus éminent de cette théorie (1). Même les expériences physiologiques antérieures, concernant les sens, furent conciliées, sans difficulté, avec l'hypothèse de l'énergie spécifique. Les transformations spéciales, qu'on dût faire subir à cette hypothèse, pour l'accorder avec les récentes observations pratiquées dans les domaines de la vue et de l'ouïe, ont présenté les contradictions, que nous avons signalées précédemment, contradictions, que les notions, empruntées aux découvertes de la physiologie nerveuse, se sont empressées d'écarter. Or, il est clair, que ce changement du point de vue théorique n'effleure pas la question générale, concernant la connexion de la forme extérieure de l'irritant avec la sensation. A la vérité, la sensation — et ceci est de la dernière évidence — est en quelque sorte plus rapprochée de l'irritant externe. Elle n'est plus, comme une sorte d'énergie incomprise de certains domaines sensoriels, absolument indépendante de l'irritant et ne subissant point le contact de la composition particulière de l'irritant. Mais

1 J. Müller, *Handbuch der Physiologie*, II, p. 249 et suiv. *Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns*, p. 32.

elle se règle, essentiellement d'après cette composition, puisque la qualité de la sensation résulte, primitivement et uniquement, de l'action d'une forme déterminée de l'irritant sur la substance nerveuse. Néanmoins, la sensation n'est point identique à l'irritant externe ; elle reste la forme subjective, par laquelle notre conscience réagit contre des processus nerveux déterminés. Voici la différence essentielle de l'hypothèse de l'énergie spécifique. Celle-ci laisse la sensation se déterminer uniquement par les *parties*, où se déroule le processus d'excitation ; tandis que nous reconnaissons dans la *forme* de ce processus la base immédiate de la forme de la sensation. Il est à peine besoin de démontrer, que cette dernière opinion est, au point de vue psychologique, bien plus compréhensible. Nous pouvons parfaitement nous représenter, que notre conscience est qualitativement déterminée par la composition des processus, déroulés dans les organes, qui sont ses porteurs. Mais il nous sera difficile d'imaginer, comment cette essence qualitative doit seulement varier, selon les différences locales de ces processus. On devrait tout au moins admettre, à part les différences locales, d'autres différences internes. Alors, on arrive insensiblement à notre manière de voir; car, nous ne pouvons nullement nier, que incidemment les diverses provinces du système nerveux se divisent en diverses fonctions. Seulement, ces différences locales n'ont pour notre conscience, qui doit se construire l'espace et toutes les relations extensives, ni une valeur primitive, ni une valeur absolument invariable (1).

1. Se plaçant au point de vue de la théorie de l'évolution, G. H. Lewes a combattu, le premier, l'hypothèse des énergies spécifiques. (*Physiology of common life.* Londres 1860, chap. VIII. *Problems of life and mind.* Londres 1874, p. 135.) Plus tard, A. Horwicz a fait des objections analogues. (*Psychologische Analysen auf physiologischer Grundlage.* Halle 1872, vol. I. p. 108.) — Je ne connaissais pas ces ouvrages, quand je m'occupai de la première édition de ce livre (1873). Néanmoins, la physiologie des centres nerveux et celle des organes sensoriels m'avaient alors convaincu, que cette hypothèse était insoutenable et exerçait une influence nuisible sur les opinions théoriques, récemment admises au sujet du rôle de ces domaines.

CHAPITRE VIII

INTENSITÉ DE LA SENSATION

1. — Méthodes de mensuration de la sensation.

Chaque sensation possède une certaine intensité, et, relativement à cette dernière, elle peut être comparée à d'autres sensations, surtout à celles qui sont douées de qualité analogue ; ceci est un fait immédiat d'expérience interne. D'après l'intensité des sensations, nous apprécions directement l'énergie des irritants sensoriels extérieurs. Les méthodes d'investigation physique permettent d'obtenir une mensuration de cette dernière, plus précise et indépendante de la sensation. C'est pourquoi, la psychologie doit s'occuper de découvrir, jusqu'à quel point cette appréciation directe, que nous opérons à l'aide des sensations, correspond à l'énergie réelle des irritants ou s'en écarte. La solution de cette question déterminera donc la relation légitime, légale, qui existe entre l'énergie objective de l'irritant et notre perception subjective de cette énergie.

Ce rapport, ainsi établi, porte généralement le nom de *relation entre l'excitation* ou *l'irritation et la sensation*. Cette expression mérite d'être conservée à cause de sa brièveté. Or, nous ferons tout d'abord une remarque. Cette expression, prise strictement, est inexacte ; car, la relation entre l'excitation et *l'appréciation de la sensation* est seule accessible à notre mensuration. Mais la question suivante : comment se comportent les sensations, indépendamment des processus de perception et de comparaison, qui coopèrent à leur appréciation ? ne peut être résolue par l'investigation directe. En outre, l'examen de la relation entre l'excitation et l'appréciation de la sensation saisit seulement — personne ne le conteste — les anneaux les plus extrêmes d'une chaine de rapports, qui doivent être totalement découverts, si

l'on veut déterminer rigoureusement toutes les conditions psychophysiques de l'énergie de la sensation. D'abord, l'irritation physique est transformée en excitation sensorielle, celle-ci en excitation nerveuse ; et, cette dernière se convertit en ces processus centraux, qui accompagnent la sensation. Sur tous ces processus, nous ne possédons que de très-faibles données. La découverte des relations entre l'excitation et la sensation constitue donc le commencement d'une investigation, qui doit s'étendre encore bien loin; et, il est inévitable, que les résultats de cette investigation soient, actuellement, l'objet d'interprétations différentes.

On appelle *méthodes de mensuration de la sensation*, celles qui sont destinées à délimiter les relations régulières entre l'énergie des excitations sensorielles extérieures et notre appréciation de l'intensité des sensations correspondantes. Il n'y a point d'autres méthodes ; car, une mensuration des sensations, indépendante de notre appréciation, est à jamais impossible, et une mensuration suffisante des processus physiologiques d'irritation est également impossible, du moins présentement. Ceci admis, les méthodes de mensuration, appliquées à ces questions, se trouvent en face des *deux problèmes* suivants. Le premier consiste à déterminer *les valeurs limites, entre lesquelles les variations d'énergie de l'excitation correspondent à des variations de la sensation* ; le second, à découvrir *les relations régulières entre les modifications de l'excitation et celles de la sensation.*

Toutes les modifications d'intensité de la sensation se meuvent entre une limite inférieure et une limite supérieure de l'irritation. La limite inférieure, au-dessous de laquelle, le mouvement de l'irritation est trop faible, pour occasionner une sensation à peine perceptible, s'appelle le *seuil de l'excitation ;* et nous nommerons *hauteur de l'excitation*, la limite supérieure, au-dessus de laquelle, une augmentation d'énergie de l'irritation ne permet plus à l'intensité de la sensation de s'accroître (1). Au seuil de l'excitation correspond la *sensation perceptible tout juste*

1. L'expression métaphorique de *seuil* appartient à Herbart. Ce philosophe nommait *seuil de la conscience*, cette limite, que doivent franchir les représentations, pour devenir conscientes. (*Psychologie als Wissenschaft*, vol. V des œuvres complètes, p. 341.) Fechner (*Elemente der Psychophysik*, I, p. 238) a appliqué cette expression à la mesure de la sensation. Il me semble convenable d'introduire, également, une courte désignation pour la valeur limite maxima, opposée au seuil ; c'est pourquoi, je propose le terme de *hauteur de l'excitation* ou *de l'irritation*.

Afin d'éviter la répétition trop fréquente du même terme, nous avons traduit *Reiz* (littér. irritant) tantôt par excitation, tantôt par irritation. (N. d. trad.).

ou, pour abréger, la *sensation minima* ; et à la hauteur de l'excitation la *sensation maxima*. La *sensibilité à l'excitation* dépend de la situation du seuil de l'excitation. Plus petite est cette grandeur de l'irritation, qui correspond à la sensation minima, plus grande, disons-nous, est la sensibilité. Quand par exemple, dans un cas donné, la sensation minima, en présence de l'irritation est 1, et, dans un autre cas, en présence de l'irritation, 2, la sensibilité se comporte alors comme 1 : $^1/_2$; ou, d'une manière générale, la sensibilité à l'excitation est proportionnelle à la valeur *réciproque* des seuils de l'excitation. Mais la hauteur de l'irritation détermine une autre propriété, que nous appellerons la *réceptivité à l'excitation* (Reizempfänglichkeit) ; nous entendons par ces mots la faculté de suivre avec la sensation les valeurs croissantes de l'irritation. Plus élevée est la hauteur de l'excitation, plus grande sera la réceptivité à l'excitation. Si, par exemple, la sensation maxima commence dans deux cas soumis à la comparaison, quand les irritations sont comme 1 : 2, la réceptivité se comportera comme 1 : 2 ; ou généralement, la réceptivité à l'excitation est proportionnelle à la valeur *directe* de la hauteur de l'irritation. Si nous nommons enfin *étendue de l'excitation*, tout le domaine de ces grandeurs de l'irritation, dont la variation est accompagnée d'une variation parallèle de la sensation, cette étendue de l'irritation croîtra en raison de l'abaissement du seuil de l'excitation et de l'augmentation de hauteur de l'excitation. Quand, par exemple, le seuil de l'excitation est 1, la hauteur de l'excitation 4 ; et, dans un second cas, le seuil 2, la hauteur de l'excitation 8 ; dans ces deux circonstances, l'étendue relative de l'excitation = 4. Dans un troisième cas, le seuil de l'excitation étant 1/2 et la hauteur de l'excitation 4, l'étendue de l'excitation est = 8. Ou généralement, l'étendue relative de l'excitation est proportionnelle au produit obtenu, en multipliant la sensibilité à l'excitation par la réceptivité à l'excitation, ou au quotient, provenant de la division de la hauteur de l'excitation par le seuil de cette dernière. Pour fixer ces rapports, appelons S le seuil de l'excitation et H la hauteur de l'excitation, alors

$$\text{la mesure de la sensibilité à l'excitation} = \frac{1}{S},$$

$$\text{la mesure de la réceptivité à l'excitation} = H,$$

$$\text{la mesure de l'étendue de l'excitation} = \frac{H}{S}.$$

Deux méthodes peuvent servir à déterminer le *seuil de l'excitation*. On laisse croître lentement une irritation *inférieure* à la grandeur S, jusqu'à ce qu'elle atteigne cette grandeur ; ou bien, une irritation, supérieure au seuil, est lentement diminuée, jusqu'à ce qu'elle devienne justement imperceptible. Dans le premier cas, on obtient une valeur un peu plus considérable, que dans le second : là, l'énergie *à peine perceptible* de l'irritation ; ici, cette énergie *justement imperceptible*. Il vaut donc mieux combiner les deux méthodes. Alors, on prend la moyenne de leurs résultats et l'on détermine ainsi le seuil de l'excitation, comme étant cette grandeur, qui tient exactement le milieu entre l'irritation perceptible tout juste et l'irritation justement imperceptible. Pour découvrir la *hauteur de l'irritation*, une seule méthode est employée : on laisse une irritation, un peu inférieure à la valeur H, croître jusqu'à la grandeur, au-dessus de laquelle, une augmentation perceptible de la sensation ne peut plus être effectuée. Ici, le procédé inverse est rejeté, à cause de la fatigue trop considérable, engendrée par les irritations qui dépassent le maximum. Comme la même influence révèle déjà, en deçà de la hauteur de l'irritation, son action perturbatrice, généralement les données numériques de la limite supérieure de l'irritation sont très-incertaines. Pour déterminer les deux valeurs limites S et H, il est enfin indispensable, en vue d'éliminer le plus possible les états variables de la conscience et des organes sensoriels, de faire de nombreuses observations, où l'on aura égard à la marche des influences de fatigue. Ceci n'a été guère pratiqué, jusqu'à présent, que dans les recherches sur le seuil de l'excitation. D'ailleurs, ce seuil est indéterminable chez quelques organes sensoriels, parce que (comme nous le verrons ultérieurement) il existe de faibles irritations permanentes, qui tiennent continuellement les sens en question au-dessus du seuil de l'irritation.

Les relations régulières entre la modification de l'excitation et la modification de la sensation sont, dans tout le domaine de l'étendue de l'irritation, depuis le seuil de l'irritation jusqu'à la hauteur de l'irritation, accessibles à l'investigation. Le problème consiste, ici, à trouver de quelle grandeur, dans les diverses parties de l'échelle de l'irritation comprise entre ces limites, l'énergie de la sensation se modifie d'après notre appréciation, quand l'énergie de l'irritation est modifiée d'une grandeur donnée. Plus petite est cette modification de l'irritation, qui est nécessaire, pour provoquer une modification donnée de la sensation et maintenue constante dans les observations comparées, plus grande, disons-nous, est la *sensibilité différentielle*. Celle-ci est donc

mesurée par la valeur réciproque de l'intensité de l'irritation, qui est indispensable pour amener une certaine modification de la sensation. Afin de la déterminer, on peut recourir aux *quatre méthodes* suivantes :

1° *La méthode des graduations moyennes de la sensation* ou méthode des différences dépassant le point à peine perceptible. Nous l'exposons la première, quoique ses applications à la psychophysique soient plus récentes, que celles des méthodes suivantes ; car, elle a la plus intime affinité avec le procédé, qui nous permet d'apprécier les sensations dans la vie pratique. Quand nous nous bornons à comparer, sous le rapport de leur intensité, deux sensations qualitativement analogues, nous sommes seulement en état d'affirmer, si elles diffèrent peu ou beaucoup en énergie; mais une détermination quantitative, plus précise, est impossible, si nous n'avons pas recours aux associations. Il en est autrement, dès que nous comparons *trois* sensations. Ordinairement, nous pouvons alors facilement décider, si la sensation, *intermédiaire* à la sensation la plus faible et à la plus forte, est plus rapprochée de la première ou de la seconde, ou bien, si elle est également éloignée de toutes deux. Par conséquent, en graduant trois irritations, de manière que l'irritation moyenne tienne, d'après notre estimation, le milieu entre la première et la troisième, l'application répétée de ce procédé nous fournit une échelle d'irritations, dont les intervalles correspondent à des intervalles également grands de notre appréciation de la sensation. Pour avoir une échelle continue d'irritations, on prend premièrement les deux intensités A et O d'irritations, les plus différentes à comparer, et on gradue une irritation moyenne M, jusqu'à ce qu'elle semble tenir exactement le milieu entre A et O. On agit d'une manière analogue à l'égard de A e M, de M et O, etc. Si on mesure finalement l'intensité physique de tous les irritants à employer, on obtient directement la relation entre l'énergie réelle de l'irritant et son énergie appréciée par nous, à l'aide de l'intensité de la sensation. En désignant par R_1, R_2, R_3, R_4... les valeurs successives de l'échelle de l'irritation obtenues par la graduation moyenne, les quotients $\frac{R_2}{R_1}$, $\frac{R_3}{R_2}$, $\frac{R_4}{R_3}$..... seront d'autant plus grands, que la sensibilité différentielle s'abaisse davantage ; et, par conséquent, leurs valeurs réciproques $\frac{R_1}{R_2}$, $\frac{R_2}{R_3}$ ..... pourront être directement utilisées, comme mesures de la sensibilité différentielle. Cette méthode a été employée la première fois à apprécier l'intensité lumi-

neuse des étoiles. Plateau (1) proposa de la faire servir à la psychophysique. Jusqu'à ce jour, elle n'a été appliquée qu'au sens de la vue (2), où elle offre cet avantage, inespéré dans tout autre domaine sensoriel, que les sensations peuvent être comparées entre elles, d'une manière approximativement simultanée. Cependant, en modifiant légèrement sa forme, cette méthode serait probablement applicable même aux sensations de son.

2° *La méthode des modifications minima de la sensation* ou méthode des différences à peine perceptibles. Avec elle, on tâche de déterminer, à différents degrés de l'échelle de l'irritation, cette modification de l'énergie de l'irritant, qui engendre une modification minima de la sensation, en d'autres termes, une modification, qui atteint justement la limite de notre perception. Le procédé est donc analogue à celui, qui sert à trouver le seuil de l'irritation. Or, on n'a pas, en cela, à comparer la sensation nulle ou zéro avec une valeur minima de la sensation, mais des sensations de différente grandeur avec d'autres, qui diffèrent d'elles de valeurs minima. Cette analogie a conduit Fechner à appeler *seuil différentiel* (3), cette différence de l'irritation, qui correspond à une différence à peine perceptible de deux sensations. Plus élevé est ce seuil différentiel, moindre est, évidemment, la sensibilité différentielle : dans ce cas, la grandeur de celle-ci est donc directement mesurée par les valeurs réciproques du seuil différentiel. Pour déterminer le seuil différentiel, on peut se servir des deux mêmes méthodes, qui sont appliquées au seuil de l'irritation : on permet à une différence imperceptible de croître, jusqu'à ce qu'elle dépasse le point perceptible, ou bien, on fait décroître une différence, supérieure au point perceptible, jusqu'à ce qu'elle devienne imperceptible. Ici, il vaut mieux réunir les deux méthodes ; car, le seuil différentiel est considéré, comme étant cette modification de l'irritation, justement intermédiaire à la différence qui disparaît et à celle qui devient perceptible ; et, grâce à des observations répétées plusieurs fois, on obtient de nouveau cette valeur moyenne, afin d'éliminer le plus possible des influences accessoires variables (4). Ces séries d'expériences sont exécutées avec des irritants présentant des intensités diverses ; elles four-

1. Plateau, *Bulletin de l'acad. roy. de Belgique*, t. XXXIII, p. 376.
2. J. Delbœuf, *Etude psychophysique*. (Extrait du tome XXIII des mém. couronnés de l'acad. de Belgique.) Bruxelles 1873, p. 50.
3. Fechner, *Elemente der Psychophysik*, I, p. 242.
4. Fechner, *Elem. de Psychoph.*, I, p. 71, 94, 120.—G. E. Müller, *Zur Grundlegung der Psychophysik*, Berlin 1878, p. 56.

nissent ainsi une échelle de seuils différentiels, de même que par la méthode précédente on avait obtenu une échelle de différences d'irritation, également appréciées. Les deux méthodes ont ce trait commun, qu'elles permettent de graduer les irritations d'après la sensation. Sous ce rapport, la méthode suivante a la plus grande affinité avec elles.

3° *La méthode des fautes moyennes.* Voici son point de départ. Plus petite est la différence de l'irritation, qui devient perceptible dans la sensation, plus petite sera cette différence de l'irritation, qui *n'est plus* perceptible. Il faut donc admettre, que la précision, avec laquelle une seconde irritation est graduée d'après notre sensation, afin de la rendre égale à une première irritation donnée, doit être inversement proportionnelle à la grandeur du seuil différentiel. Par conséquent, après avoir pris comme objet de comparaison une énergie donnée de l'irritant, on s'efforce de graduer une seconde énergie, jusqu'à ce que celle-ci engendre une sensation, qui ne se distingue plus de la première. La précision, déployée à réaliser ce but, est inversement proportionnelle à la *faute* moyennement commise. En outre, comme la précision des déterminations sera d'autant plus grande, que nous sommes capables d'apprécier des différences de sensation plus petites, la sensibilité différentielle doit être en rapport réciproque avec la faute commise. A l'aide de nombreuses observations individuelles, on obtient des valeurs indiquant la quotité de cette faute ; car, la faute, commise dans un cas particulier, est encore le produit de l'état de notre conscience, qui est soumise à une succession ou alternance continuelle, et d'autres circonstances accessoires accidentelles, qui se compensent dans un grand nombre d'expériences. C'est pourquoi, ce procédé est appelé la méthode des fautes moyennes. D'après son application, ces conditions, qui déterminent, *outre* la sensibilité différentielle, la faute particulière, ne se compensent pas complètement dans des observations très-nombreuses ; mais, régulièrement on constate une déviation persistante vers *une* direction. Par exemple, les fautes commises, lors de l'appréciation de deux grandeurs, dûes à la pression et paraissant égales pour la sensation (en tant que ces fautes proviennent simplement de la sensibilité différentielle), seront aussi aisément positives, comme négatives ; en d'autres termes, le poids, qui doit être rendu égal à un autre, sera en moyenne aussi aisément plus grand, comme plus petit. Or, il n'en est pas ainsi. Mais on trouve constamment, que, dans un grand nombre d'observations, on est en moyenne plus enclin à faire le second poids plus grand ou plus petit, que le premier. Ces deux résultats

varient selon diverses circonstances, par exemple selon divers moments ou le point de la peau, sur lequel agit la pression. La faute moyenne, déduite directement des observations, peut donc en quelque sorte être divisée en deux composantes. L'une de ces dernières effectue toujours une déviation dans une direction déterminée, qui reste constante, si les conditions de temps et d'espace se maintiennent constantes; et l'autre, à partir de la position moyenne constituée par la déviation précédente constante, se dirige avec une énergie égale vers l'un et l'autre côté. On décompose donc la *faute moyenne grossière* en une faute moyenne *constante*, dépendant de l'état de la conscience et de conditions physiologiques, et en une faute moyenne *variable*, qui doit être uniquement utilisée à mesurer la sensibilité différentielle, et qui est fournie par la faute moyenne grossière, grâce à l'élimination de la faute constante (1).

La méthode des fautes moyennes émane directement de la méthode des modifications minima de la sensation, si on se borne avec elle à fixer les différences *justement imperceptibles* de l'excitation. Quand on exécute de grandes séries d'expériences, en vue de cette fixation, l'on rencontre immédiatement ces oscillations, qui obligent à séparer la faute moyenne constante d'avec la faute moyenne variable et à utiliser

1. D'après les principes généraux de la théorie des fautes, on décompose dans un cas de ce genre la faute grossière en ses deux fautes partielles, de la même manière qu'une force résultante est dissociée en ses deux composantes, agissant à angle droit. Si donc, dans une observation particulière, f est la faute grossière, c la faute constante et φ la faute variable pure, on a

$$f^2 = c^2 + \varphi^2 \text{ ou } f = \sqrt{c^2 + \varphi^2}.$$

Ici c s'élimine, quand on exécute plusieurs séries d'expériences, dans lesquelles les valeurs moyennes de φ varient et celles de c restent constantes, ou bien si, dans ces expériences, c varie et φ reste constant. Lorsque, pour chaque expérience particulière, on calcule ainsi à l'aide de la faute grossière f les fautes variables φ, φ', φ''....., la faute variable *moyenne*, F, qu'il s'agit de déterminer, provient, d'après le même principe, de l'équation

$$F^2 = \frac{\varphi^2 + \varphi'^2 + \varphi''^2 .....}{n},$$

si n est le nombre des observations, ou bien

$$F = \sqrt{\frac{\Sigma(\varphi^2)}{n}};$$

cependant la moyenne arithmétique ordinaire, $F = \frac{\Sigma\varphi}{n}$, peut être posée à sa place, quand on ne tient pas à une précision extrême. Consulter Fechner, *Elemente der Psychophysik*, I, p. 120 et suiv.

cette dernière, pour déterminer la sensibilité différentielle. D'une manière analogue, la méthode suivante, la quatrième, résulte du procédé des différences de l'excitation, qui *dépassent justement le point perceptible*. En même temps, elle s'écarte essentiellement des trois méthodes précédentes. Car, avec elle, les irritations ne sont pas graduées d'après la sensation ; mais, au contraire, on laisse constantes les différences de l'irritation, et on recherche, comment se comportent, dans de nombreuses observations, les sensations, qui correspondent à ces sortes de différences constantes de l'irritation.

4° *La méthode des cas vrais et des cas faux.* Quand sur un organe sensoriel agissent deux irritants, qui dans une observation isolée paraissent différents l'un de l'autre, d'une manière à peine perceptible, après des expériences souvent répétées, les oscillations continuelles de la sensibilité différentielle et les autres influences, qui rendent incertaines surtout les comparaisons de sensations successives, empêcheront ce résultat de rester constant ; et les irritants sembleront tantôt égaux, tantôt même différents en sens inverse. Si un observateur sait, que les irritants, par exemple deux poids A et B, successivement appréciés, sont différents, on lui laisse ignorer, en faisant agir premièrement tantôt A, tantôt B, lequel des deux irritants est le plus fort. Alors, cet observateur estimera tantôt véritablement, tantôt faussement la différence, ou doutera de la direction de celle-ci. Dans une grande série d'expériences, un certain nombre de jugements faux et douteux appartiendra donc à un certain nombre de jugements exacts. Le rapport des cas vrais r au nombre total n des cas, le quotient $\frac{r}{n}$, se rapprochera, évidemment, d'autant plus de l'unité $\left(\frac{n}{n}\right)$, que 1° la différence de l'irritation dépasse davantage la limite du point à peine perceptible, et que 2° la sensibilité différentielle est plus considérable. Si, par conséquent, dans diverses séries d'observations, on laisse constante la différence de l'irritation, le quotient $\frac{r}{n}$ sera une mesure de la sensibilité différentielle. Cependant, ce quotient ne peut pas, comme la valeur réciproque de la différence justement perceptible ou de la faute variable moyenne, servir directement de mesure. Car, une valeur de $\frac{r}{n}$, deux fois grande, ne correspond nullement à une sensibilité différentielle deux fois aussi grande ; mais celle-ci sera alors deux fois

aussi considérable, si l'accroissement de l'irritation, qui engendre la même valeur moyenne de $\frac{r}{n}$, est, dans un cas, la moitié aussi grand, que dans l'autre. Si, par exemple, avec les expériences sur la sensation de pression, dans une première série, une pression $P + 0,4\ P$, et, dans une seconde, $P + 0,2\ P$ (P désignant la pression primitive) avaient produit la valeur égale au lieu de $\frac{r}{n}$, la sensibilité différentielle serait, dans le second cas, deux fois aussi grande, que dans le premier. Il faut donc, pour déterminer à l'aide de cette méthode la sensibilité différentielle dans différents cas, varier l'accroissement D de l'irritation, de manière que $\frac{r}{n}$ reste toujours égal ; ou bien, on doit, à l'aide des diverses valeurs $\frac{r'}{n'}, \frac{r''}{n''}, \frac{r'''}{n'''}$ ..... obtenues (l'accroissement de l'irritation se maintenant constant), calculer *quelle valeur D aurait été nécessaire, pour avoir toujours le même quotient* $\frac{r}{n}$. Le premier de ces procédés étant impraticable, le second peut seul être employé (1). La sensibilité différentielle est alors proportionnelle à la valeur $\frac{1}{D}$. Même à la méthode des cas vrais et des cas faux s'applique la loi des grands nombres, d'après laquelle, les conditions variables, qui influencent les résultats, se compensent dans une nombreuse série d'observations. Or, ici cette compensation n'est valable, qu'autant que ces circonstances accessoires ne déploient pas leur effet, dans une direction *constante*. Les mêmes rapports, un certain état de la conscience se maintenant égal, des conditions physiologiques, agissant dans une direction égale

1. D'ailleurs, on calcule, avec ce deuxième procédé, non pas directement l'accroissement D de l'irritation, par lequel $\frac{r}{n}$ reste constant, mais une valeur hD', où h indique une grandeur, nommée « mesure de précision » dans la théorie des plus petits carrés et D', l'accroissement de l'irritation utilisé dans la série d'expériences en question. La valeur h, qui est obtenue, en divisant par D' le nombre obtenu à la la place de hD', est alors directement proportionnelle à la sensibilité différentielle. Pour dériver h de $\frac{r}{n}$, consulter les *Elemente* de Fechner, tome I, p. 104, et p. 108 ses tableaux sur les valeurs hD' (marquées hD par Fechner), qui appartiennent aux valeurs croissantes de $\frac{r}{n}$; voir également à ce sujet les calculs de G.E. Müller, *Zur Grundlegung der Psychophysik*, p. 25 et suiv.

et produisant avec la méthode précédente une faute moyenne constante, déterminent avec la méthode présente des déviations constantes, qui doivent être éliminées. C'est ce qui arrive, puisque l'on exécute des séries d'observations différentes, dans lesquelles, D reste constant, tandis que les influences associées varient, ou bien, D et ces influences se comportent inversement (1).

En comparant ensemble les quatre méthodes de mensuration, évidemment chacune d'elles fournit une mesure particulière de la sensibilité différentielle. Car, nous avons utilisé comme mensuration : 1° avec la méthode des graduations moyennes, le quotient des deux grandeurs d'irritations : $\frac{R'}{R''}$ qui se succèdent dans l'échelle dressée des irritations ; 2° avec la méthode des modifications minima, la valeur réciproque du seuil différentiel de l'irritation : $\frac{1}{U'}$; 3° avec la méthode des fautes moyennes, la valeur réciproque de la faute variable moyenne : $\frac{1}{F'}$; et 4° avec la méthode des cas vrais et des cas faux, la valeur réciproque de cet accroissement de l'irritation, qui dans divers cas produit le rapport égal $\frac{r}{n}$ (des cas vrais et faux) : $\frac{1}{D}$. Ces quatre mensurations ne peuvent être directement comparées entre elles, d'après leur grandeur absolue. Pour la fixation de la relation légale entre la modification de l'irritation et la modification de la sensation, chacune d'elles peut être employée. A cet effet, il est indispensable, que les mensurations $\frac{R'}{R''}$, $\frac{1}{U'}$, $\frac{1}{F'}$ ou $\frac{1}{D}$ soient déterminées, les diverses énergies de l'irritation étant absolues. Or, les quatre méthodes se complètent de la façon la plus heureuse ; car, la troisième et surtout la quatrième comportent des résultats beaucoup plus précis, que la première et la deuxième; en revanche, ces deux dernières conduisent plus directement au but et sont exemptes de plusieurs de ces suppositions théoriques, qui servent d'appui à la troisième et à la quatrième. La première méthode est plus dégagée de ces sortes de suppositions. Si, à l'aide de celle-ci, on dresse une échelle d'irritations $R_1, R_2, R_3 \ldots$, où une irritation moyenne R_2 est estimée également éloignée de l'irritation qui la précède et de celle qui la suit, très-certainement les quotients $\frac{R_1}{R_2}, \frac{R_2}{R_3} \ldots\ldots$ représentent réellement les rapports d'irritations, qui correspondent à des intervalles égaux de notre appréciation de la sensation. Malheureusement,

1. Dans ce cas, les diverses influences associées peuvent encore être séparées les unes des autres, si les conditions d'expérience sont modifiées. Consult. Fechner, *loc. cit.* p. 113, et G. E. Müller, *loc. cit.* p. 46.

cette méthode, par suite de l'incertitude révélée dans la graduation des valeurs moyennes, est relativement inexacte, alors même que l'on essaie (et ceci est indispensable) d'éliminer, par un grand nombre d'observations, les fautes variables et les fautes constantes. A cet égard, la méthode des modifications minima offre plus de certitude, puisqu'il est plus facile de décider, si une différence de sensation est perceptible ou imperceptible. C'est pourquoi, cette méthode s'applique à tous les domaines de sensation, chose par conséquent impossible avec les méthodes précédentes. D'autre part, il faut faire ici une supposition, qui pourrait être contestée et qui l'a été effectivement : on doit admettre, que le seuil différentiel U a constamment la même valeur, malgré les différences d'intensité absolues de la sensation. Enfin, la troisième et la quatrième méthodes présentent encore cette autre hypothèse, que la précision des observations est en raison inverse de la valeur du seuil différentiel. Les objections, dirigées contre ces suppositions, ne sont, probablement, pas très-solides; néanmoins, il est désirable de posséder avec la méthode des graduations moyennes un procédé, qui n'est pas exposé à des objections de ce genre. En somme, les deux premières méthodes conviennent pour des fixations provisoires. La quatrième est particulièrement propre à des expériences plus précises. Elle est bien supérieure à toutes les autres et, surtout, à la troisième ; car, avec elle, la constance des différences de l'irritation exclut ces fautes, que comporte l'essai d'une graduation des sensations. La méthode des modifications minima sert spécialement à des expériences préliminaires directes, puisqu'elle permet de fixer ces différences constantes de l'irritation, qui doivent trouver leur application avec la méthode des cas vrais et des cas faux. Évidemment, la différence d'irritation la plus convenable sera, ici, celle, où $\frac{r}{n} = \frac{1}{2}$; en d'autres termes, celle où le nombre des cas vrais est aussi grand, que le nombre des cas faux et des cas douteux. Or, si avec la méthode des modifications minima, on a déterminé le seuil différentiel U, comme étant cette valeur, qui tient exactement le milieu entre la différence à peine perceptible et la différence justement imperceptible, cette valeur est celle de seuil, par laquelle en moyenne $\frac{r}{n} = \frac{1}{2}$. Donc, pour ce cas, les mesures réciproques de la sensibilité différentielle, obtenues à l'aide des deux méthodes, sont en même temps égales entre elles, quant à leur valeur absolue.

Des quatre méthodes ici exposées, la méthode des modifications minima est la plus ancienne ; elle a été appliquée pour la première fois par E.-H. Weber (1), le créateur des mensurations psychophysiques. Les expériences, d'après la méthode des fautes moyennes furent d'abord exécutées, dans le domaine

1. *Annotationes anatomicæ et physiologicæ*, XII (1831), Lips. 1851. Article *Tastsinn und Gemeingefühl*, in *Handwörterbuch der Physiol.* de Wagner, III, 2e fasc. p. 481.

psychophysique, par Fechner et Volkmann (1) ; celles, d'après la méthode des cas vrais et des cas faux, par Vierordt (2). Fechner, dans ses « *Elemente der Psychophysik* », a largement développé la théorie de ces méthodes et en a fait une application, aussi exacte que possible ; G.-E. Müller (3) a fourni des additions très-précieuses à cette théorie.

Personne ne conteste la justification de ces méthodes de mensuration. Néanmoins, à diverses époques, certains esprits ont douté, que les valeurs, obtenues par des voies si différentes, pussent être utilisées, comme mensuration de la sensibilité différentielle. Ces doutes visaient spécialement les trois dernières méthodes, qui toutes prennent le seuil différentiel comme mensuration, puisqu'elles cherchent à déterminer directement cette valeur (méthode 2), ou bien à obtenir, à l'aide des mesures de précision, des valeurs, qui soient proportionnelles à la sensibilité différentielle (méthode 3 et 4). Voici l'objection dirigée contre cette utilisation directe du seuil différentiel : toutes les modifications à peine perceptibles de la sensation ne devraient pas être nécessairement des modifications, également grandes de la sensation, et il est plutôt probable, qu'une sensation énergique doit croître davantage, qu'une faible, pour que la modification devienne perceptible (4). Déjà, au début de ce chapitre, nous avons fait ressortir, qu'il est évidemment impossible de soumettre à une mesure quelconque la sensation, indépendamment des processus de l'appréciation comparative ; donc, au sens rigoureux, nous pouvons partout parler seulement de modifications, dans l'appréciation de grandeur de la sensation. Grâce à cette supposition, la proposition, que toute modification à peine perceptible est égale à une autre modification, n'a, sans doute, besoin d'aucune preuve. La seule chose, que nous pouvons généralement découvrir, c'est justement le degré de perceptibilité d'une sensation, ou bien, s'il s'agit de comparer des sensations différentes, le degré des différences de perceptibilité de ces sensations. Or, quand on interprètera les résultats ainsi obtenus, on pourra examiner la question suivante : quelle influence appartient, dans les résultats, aux divers processus qui déploient leurs effets, lors de la comparaison de différentes sensations ? Comme, d'ailleurs, la méthode des graduations moyennes ne fournit également, que des valeurs moyennes de notre *appréciation* de la sensation, évidemment on devrait adresser cette objection à toute tentative, ayant pour but d'obtenir une mesure des sensations. C'est en se plaçant à ce même point de vue, qu'il faut juger les critiques, qu'on a adressées aux principes appliqués avec la troisième et la quatrième méthodes (5). Ces principes sont ceux de

1. Fechner, *Elemente der Psychophysik*, I, p. 74.
2. *Archiv f. physiol. Heilk.* XI, p, 844 ; XV, p. 185.
3. *Zur Grundlegung der Psychophysik.* Berlin 1878.
4. Brentano, *Psychologie vom empirischen Standpunkte*, I, Leipzig, 1874, p. 88. — Hering, *Ueber Fechner's psychophysisches Gesetz*, in *Wiener Sitzungsber.* 3e fasc. vol. 72, p. 11.
5. G. E. Müller, *Zur Grundlegung der Psychophysik*, p. 33.

la théorie mathématique des fautes ; et, en cela, on suppose spécialement, que la grandeur généralement employée, comme mesure de l'exactitude des observations, la « *mesure de précision* », est proportionnelle à la sensibilité différentielle (1). Cette supposition répond complètement au rôle, que possède ordinairement la mesure de précision, si nous considérons, que justement la seule chose, qui puisse être mesurée par la sensibilité différentielle, c'est la précision de l'appréciation de la sensation. L'expérience a parfaitement confirmé cette proportionnalité entre la sensibilité différentielle et la mesure de précision.

L'avantage, par lequel la méthode des cas vrais et des cas faux se recommande de préférence aux autres méthodes, est le suivant. Cette méthode permet, par suite de la constance des différences d'irritation, d'exclure facilement les oscillations et réflexions, qui précèdent inévitablement, avec les autres méthodes, la décision de l'observateur ; car, en comparant deux irritations A et B, on déclare sur-le-champ, si A ou B paraît plus grand, ou bien, si l'on est dans le doute à cet égard. Fechner a même trouvé, que les expériences, où il réfléchissait, avant de prendre une décision, avaient ensuite beaucoup moins d'utilité (2). L'état de réflexion engendre pour la conscience des conditions complexes, qui sont justement pour cela sujettes à de grandes oscillations. En appliquant la méthode, on peut se contenter d'employer, de la manière précédemment indiquée, les cas de décision juste et de tirer ainsi du quotient $\frac{r}{n}$ la mesure de la sensibilité différentielle ; ou bien, on peut encore utiliser, indépendamment de ces cas, ceux de décision fausse et douteuse. Or, ces derniers ne doivent pas, comme l'a fait primitivement Fechner, être portés par moitié

1. La probabilité w de la faute variable pure F, par la valeur réciproque de laquelle on mesure, avec la troisième méthode, la sensibilité différentielle, est, si k désigne une constante,

$$w = ke^{-h^2F^2}.$$

Entre le quotient $\frac{r}{n}$, utilisé par la quatrième méthode, et la valeur de seuil différentiel U de l'irritation, existe encore la relation

$$\frac{r}{n} = \frac{1}{2} \pm \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_0^{D-U} e^{-h^2\delta^2} d\delta,$$

où D désigne la différence constante de l'irritation, $\pm\delta$ la faute commise ; le signe + étant valable pour $\frac{r}{n} > \frac{1}{2}$, et le signe —, pour $\frac{r}{n} < \frac{1}{2}$. (Consulter G. E. Müller, in *Archiv* de Pflüger, vol. 19, p. 193.) La grandeur h, qui dans les formules remplace w et $\frac{r}{n}$, est la mesure de précision.

2. *Elemente der Psychophysik*, I, p. 94.

au compte des cas vrais et, par moitié au compte des cas faux; mais, d'après les démonstrations de G.-E. Müller, ils doivent être séparés et mis à part, en calculant. Désignant ensemble par f les cas faux et les cas douteux, on obtient également du quotient $\frac{f}{n}$ une mesure de la sensibilité différentielle, qui peut être utilisée, pour contrôler la détermination précédente. Quand il n'existe pas de décisions douteuses, naturellement $\frac{f}{n} = 1 - \frac{r}{n}$ (1).

2. — La loi de Weber.

Grâce à la méthode des modifications minima de la sensation, Ernest Henri Weber a découvert, le premier, une relation constante entre l'excitation et la sensation et trouvé sa confirmation dans divers domaines sensoriels. Voici la teneur de cette relation régulière : l'accroissement de l'excitation, qui doit engendrer une modification perceptible de la sensation, est toujours dans le même rapport avec la grandeur de l'excitation, à laquelle il s'adjoint. Si donc, il faut ajouter à un poids de 1 un poids $^1/_3$, pour que la différence de pression devienne perceptible, un poids 2 devra croître de $^2/_3$, un poids 3 de 1, pour donner naissance à une modification minima de la sensation. Les autres méthodes de mensuration ont, dans certaines limites de leur application, conduit à des résultats analogues. Par la méthode des fautes moyennes, il arrive, que la faute variable moyenne, commise en comparant une excitation à une autre excitation, dont elle ne diffère pas d'une manière perceptible, consiste toujours en une fraction constante de l'excitation. Si, par exemple, en voulant rendre égal à un poids d'une grandeur 1 un autre poids, on commet une faute variable moyenne de $^1/_{10}$, cette faute est $^2/_{10}$, si le poids est $= 2$; $^3/_{10}$, s'il est $= 3$, etc. Avec la méthode des cas vrais et faux, on trouve que, si après l'élimination des influences associées, qui se manifestent lors de la comparaison de deux excitations peu différentes, la proportion $\frac{r}{n}$ des

1. Consulter G. E. Müller, *Zur Grundlegung der Psychophysik*, p. 36 et *Archiv* de Pflüger, p. 192. Dans ce dernier travail (p. 193 et 196), les équations concernant $\frac{r}{n}$ et $\frac{f}{n}$ ont été spécialement déduites, en vue du « sens local » de la peau; elles peuvent même être appliquées à l'appréciation de l'énergie de la sensation.

décisions justes au nombre total des cas doit rester constante, les deux excitations comparées conserveront entre elles le même rapport. Supposons, qu'une pression 1, comparée à une pression $1 + {}^1/_5$ donne un rapport déterminé $\frac{r}{n}$, la pression 2 doit être comparée à une autre $2 + {}^2/_5$; 3 à $3 + {}^3/_5$, pour que le même rapport $\frac{r}{n}$ soit de nouveau maintenu.

Evidemment, il s'agit, dans ces cas, uniquement d'expressions différentes d'une seule et même loi, que nous pouvons ainsi formuler : *Une différence de deux excitations est perçue comme également grande, quand le rapport des excitations reste invariable.* Ou bien, *l'intensité de la sensation doit croître de grandeurs absolues égales, si l'accroissement relatif de l'excitation reste constant.* Cette dernière proposition peut encore revêtir la forme suivante, qui est plus générale : *L'énergie de l'excitation doit s'élever en rapport géométrique, pour que l'énergie de la sensation augmente en rapport arithmétique.* Fechner a appelé cette loi la *loi de Weber* ou *loi fondamentale psychophysique* (1).

L'investigation expérimentale a montré, que cette loi a seulement une valeur empirique approximative. Elle s'applique presque exactement aux excitations d'une énergie moyenne ; mais, dans le voisinage du seuil de l'excitation et de la hauteur de l'excitation, elle présente des écarts extrêmement considérables. Pour connaître clairement l'étendue de son application rigoureuse, il serait donc désirable de pouvoir déterminer plus exactement ces deux valeurs limites de l'excitation, dans les divers domaines sensoriels. Quant à la hauteur de l'excitation, nous avons donné précédemment les raisons, qui nous interdisent de songer à la fixer. Une fixation du seuil de l'excitation est même incertaine, dans bien des domaines sensoriels, tels que le sens visuel et, probablement, le sens de température du tégument cutané (2), à cause des faibles irritants permanents, qui maintiennent constamment l'organe au-dessus du seuil. Nous allons résumer les faits,

1. Fechner, *Abhandlungen der kgl. sächs. Gesellschaft der Wiss. zu Leipzig*, VI (*Math. — phys. Cl.* IV), p. 455.

2. Preyer (*Ueber die Grenzen der Tonwahrnehmung*, Iéna, 1876, p. 67) émet la même affirmation, pour tous les organes sensoriels, surtout pour l'oreille. Son allégation repose principalement sur des réflexions générales, empruntées à la structure des organes sensoriels, qui, ici, sont toujours très-suspectes.

découverts dans les divers organes sensoriels, qui concernent les rapports de l'énergie de l'irritation et de l'énergie de la sensation.

1. *Sensations lumineuses.* Selon de nombreuses expériences, il est évident, que notre sensation lumineuse n'augmente pas proportionnellement à l'énergie lumineuse objective, mais plus lentement que celle-ci. L'ombre, qu'un objet opaque projette à la lumière de la lune, disparaît, si une lampe brillamment éclairée est placée dans le voisinage de l'objet ; une ombre, perçue à la lumière de la lampe, disparaît de nouveau, dès que le soleil commence à luire. De même, la lumière des étoiles s'évanouit à la lumière du jour. Dans tous ces cas, les différences objectives de clarté sont également grandes : la lumière solaire ajoute, à l'ombre de la lampe et à son entourage clair, à la lumière des étoiles et au fond sombre du ciel, des quantités de clarté absolues et égales. Donc, des différences de clarté, d'une grandeur constante, ne sont plus perçues, quand l'intensité lumineuse augmente. Si, au contraire, au lieu d'augmenter l'intensité absolue de la lumière, les différences de clarté restant égales, on laisse croître ou décroître, toujours dans le même rapport, deux clartés mises en parallèle, on observe, que les différences de sensation lumineuse se maintiennent égales ou ne se modifient pas dans la même proportion, que les intensités lumineuses objectives. En considérant, par exemple, des nuages d'une clarté différente ou un dessin ombré, d'abord à l'œil nu, ensuite à travers des verres gris foncé, on aperçoit, dans les deux cas, presque avec une netteté égale, de délicates nuances de clarté (1). Nous obtenons le même résultat, si les mensurations d'intensité des étoiles, exécutées à à l'aide du photomètre, sont comparées à l'impression lumineuse subjective, que produisent ces astres. C'est ce qui a déterminé les astronomes à diviser les étoiles en classes de grandeurs ; car, un point lumineux paraît d'autant plus grand, qu'il est vu plus clair. Il suit de là, que les grandeurs apparentes des étoiles croissent en proportion arithmétique, quand leurs clartés objectives augmentent en proportion géométrique : relation qui correspond nettement à la loi de Weber (2).

Bouguer et Fechner avaient cherché à déterminer directement, d'après la méthode des modifications minima, la sensibilité pour les différences de clarté. Ils faisaient leurs expériences « sur l'ombre », que projettent les objets. Devant un tableau blanc, éclairé par deux

1. Fechner, *Abhandl. der kgl. sächs. Ges. der Wiss.* VI, p. 458.
2. Fechner, *ibid.* p. 492, et *Elemente der Psychophysik*, I, p. 158.

bougies d'une intensité exactement égale, est placé un bâton ou un autre objet opaque, qui envoie deux ombres sur ce tableau. L', l'une des lumières, est éloignée à une distance variable de l'autre L, jusqu'à ce que l'ombre correspondante ne soit plus visible. S étant la distance de la lumière L plus rapprochée, S' celle de la lumière L' plus éloignée, les intensités J et J' des rayons lumineux, atteignant le tableau, se comportent inversement, comme les carrés des distances, par conséquent comme $S'^2 : S^2$. Si, par exemple L' est 10 fois plus éloigné du tableau, que L, alors $J' = {}^1/_{100}$ de J. Or, J est exactement égal à l'intensité lumineuse, quand l'ombre provient de la lumière L' plus éloignée. Au moment, où cette ombre disparait, l'accroissement d'éclairage J', venant de L', est devenu imperceptible. De cette manière, Bouguer trouva, que les intensités lumineuses étant différentes, l'ombre disparaissait, si sa différence de clarté était ${}^1/_{64}$. Selon Volkmann, la valeur moyenne est ${}^1/_{100}$ (1). Cependant, d'après des expériences plus précises, exécutées ultérieurement par ce dernier auteur, cette valeur moyenne n'était pas restée absolument constante; elle variait avec l'énergie lumineuse, puisque, dans une série d'expériences, elle mesurait par exemple ${}^1/_{65,6}$, si l'énergie lumineuse était faible, et ${}^1/_{125}$, si celle-ci était considérable (2). Aubert arriva au même résultat. Il vit la sensibilité différentielle s'élever de ${}^1/_{40}$ à ${}^1/_{146}$, quand l'énergie lumineuse absolue était graduellement portée de 1 à 100 (3). Toutefois, ces divergences importantes provenaient surtout du rapide accroissement des valeurs de seuil, lorsque les énergies lumineuses étaient faibles; tandis qu'avec une intensité moyenne, ces écarts ne dépassaient guère ${}^1/_{100}$. D'ailleurs, les expériences « faites avec l'ombre » sont un procédé relativement imparfait; car, dans ces circonstances, certaines influences, par exemple les variations de l'angle d'incidence de la lumière, l'agitation de l'air, l'énergie objective de la lumière ou bien, la netteté diverse du contour des objets et les mouvements des ombres se produisent facilement et agissent sur la manière de percevoir les différences d'intensité.

Bien plus irréprochables à cet égard sont les expériences, exécutées pour la première fois par Masson, avec des *disques rotatifs*; elles correspondent également à la méthode des modifications minima. Le

1. Fechner, *Psychophysik*, I, p. 148.
2. Volkmann, *Physiol. Untersuchungen im Gebiete der Optik*, I. Leipzig 1863, p. 56 et suiv.
3. Aubert, *Physiologie der Netzhaut*. Breslau 1865, p. 58 et suiv.

moyen le plus simple et le plus convenable est de se servir de disques présentant la forme de ceux d'Helmholtz (fig. 104). Sur un papier blanc, on décrit une circonférence et un rayon d'une épaisseur constante, lequel est interrompu en trois ou quatre points de son trajet. Si, grâce à un mouvement d'horlogerie, le disque est mis en rotation très-rapide, on voit apparaître des anneaux gris ; et la différence, qui les sépare d'avec la clarté du fond, diminue, en raison de l'augmentation du rayon (1). En déterminant le point du disque, où les anneaux gris cessent d'être visibles, l'on obtient ainsi la sensibilité différentielle pour une énergie lumineuse donnée. Afin de rechercher, si cette sensibilité reste constante ou se modifie, quand l'énergie lumineuse varie, on regarde le disque avec un éclairage objectif différent. Si la sensibilité différentielle se maintient invariable, les anneaux gris doivent toujours disparaître au même point du rayon. C'est ce que confirment approximativement les expériences de Masson, faites avec un éclairage permanent, soit avec une lumière électrique instantanée. Cet observateur estimait par conséquent la sensibilité différentielle à $^1/_{100}$ — $^1/_{120}$ (2) ; cette donnée concorde à peu près avec celle de Volkmann, lors de ses premières expériences « sur l'ombre ». Helmholtz obtint des résultats analogues ; selon lui, la valeur moyenne est $^1/_{133}$. Il trouva cependant, que cette valeur ne restait pas absolument constante, mais augmentait légèrement, avec un éclairage fort ou faible (3). Cette assertion est ratifiée par les vastes expériences d'Aubert, entreprises d'après une méthode quelque peu modifiée ; ici, la sensibilité différentielle la plus grande mesurait $^1/_{136}$, la plus petite $^1/_{120}$; celle-ci correspondait à la plus faible des clartés employées, et la première, à une clarté moyenne (4). Cependant,

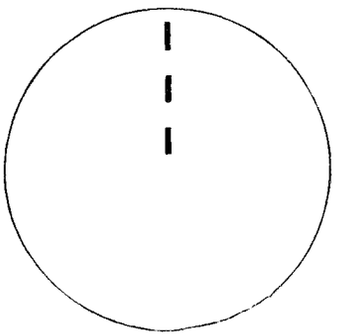


Fig. 104.

1. En posant = 1 l'énergie lumineuse du fond blanc, on a, si d est l'épaisseur du trait noir et h la clarté de l'anneau gris,

$$h = 1 - \frac{d}{2r\pi}.$$

2. Masson, *Ann. de chim. et de phys.* 3e série, XX, p. 129.
3. Helmholtz, *Physiol. Optik*, p. 315.
4. Aubert, *Physiologie der Netzhaut*, p. 70 et suiv.

les écarts devinrent plus considérables,quand Aubert disposa ses expériences, de façon que les énergies lumineuses, qui étaient très-près du seuil de l'excitation, pussent être comparées. Ici, la sensibilité différentielle diminua d'une manière extraordinairement rapide ; aussi, avec une énergie lumineuse à peine perceptible, le seuil différentiel s'éleva à $^1/_3$ — $^1/_4$; mais, avec une énergie lumineuse, dépassant environ 150 — 300 fois la grandeur absolue de l'excitation minima justement perceptible, la sensibilité différentielle s'abaissait déjà à $^1/_{25}$, et décroissait ensuite successivement, avec plus de lenteur. En même temps, dans ces expériences exécutées avec des énergies lumineuses minima, les oscillations devinrent très-grandes ; et, surtout, l'accroissement graduel de l'irritabilité, si l'individu avait longtemps séjourné dans l'obscurité, l'*adaptation de la rétine*, exerçait une influence manifeste. Ainsi, d'après les observations d'Aubert, la sensibilité différentielle, qui au début mesurait seulement $^1/_4$, s'était élevée, après un certain temps, en présence de la même énergie lumineuse faible, à $^1/_{25}$ (1). Sans doute, des modifications analogues ont lieu dans le voisinage de la hauteur de l'excitation ; mais, elles ont été très-peu étudiées, à cause du danger de recourir à des irritants lumineux, beaucoup trop forts. Toutefois, comme Aubert l'a découvert, quand un éclairage puissant succède à un éclairage faible, la faculté d'adaptation de la rétine déploie son effet; car, en passant d'un éclairage sombre à un éclairage clair, la sensibilité différentielle est d'abord abaissée, à cause de l'aveuglement qui se produit, et s'accroit ensuite graduellement, jusqu'à une limite déterminée.

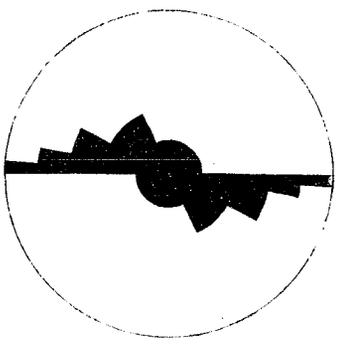


Fig. 105.

Les disques rotatifs, qui sont utilisés pour la détermination du seuil différentiel de la sensation lumineuse, le sont également pour les expériences, entreprises d'après la méthode des graduations moyennes. Delbœuf a fait un grand nombre de ces observations (2). Voici son procédé. Sur un disque blanc, il pose des secteurs noirs, diversement distribués et d'une largeur variable (fig. 105) ; ou bien, il fait tourner

1. Aubert, *loc. cit.* p. 67.
2. Delbœuf, *Etude psychophysique.* Bruxelles 1873, p. 50.

des secteurs blancs sur un fond noir. La largeur des secteurs est graduée de façon que, lors de la rotation, on voit apparaitre des anneaux gris, dont l'un d'eux, le moyen, présente un contraste d'une énergie égale avec l'interne et l'externe, qui l'avoisinent. Si l'on désigne successivement la largeur de trois secteurs de la même catégorie, en allant de dehors en dedans, par δ, δ' et δ'', la loi de Weber exigerait, que partout $\frac{\delta}{\delta'}$ soit posé $= \frac{\delta'}{\delta''}$. En effet, les expériences, pratiquées avec une énergie lumineuse modérée, concordent approximativement avec cette donnée. Quant l'intensité lumineuse est augmentée, les anneaux obscurs paraissent relativement trop sombres ; et relativement trop clairs, si l'énergie lumineuse est diminuée. Cela prouve, que la sensibilité différentielle relative n'est point absolument constante, mais qu'elle s'abaisse un peu, lors de la diminution de l'énergie lumineuse, et croit, par conséquent (dans les limites déterminées de ces expériences), quand l'énergie lumineuse augmente (1).

Les observations précédentes se rapportent totalement à la sensibilité différentielle, concernant la lumière incolore. Si les rayons lumineux sont d'une seule couleur, cette sensibilité différentielle diffère considérablement, selon la longueur d'onde de la lumière ; et, en même temps, on voit apparaitre dans ce cas des oscillations individuelles, assez importantes. Ainsi, Dobrowolsky (2) a trouvé pour le rouge $^1/_{14}$, le jaune $^1/_{46}$, le vert $^1/_{59}$, le bleu $^1/_{132}$, le violet $^1/_{268}$, pour la lumière blanche d'énergie objective égale $^1/_{166}$. Suivant cet expérimentateur, la sensibilité croit jusque près de l'extrémité violette du spectre. Selon Lamansky (3) et Bohn (4), elle est des plus marquées dans le vert ; cependant, les résultats de ces observateurs diffèrent encore sous d'autres rapports. Sur les parties latérales de la rétine, la sensibilité différentielle diminue considérablement, et, relativement aux diverses couleurs, elle présente des différences analogues, comme dans la vision directe (5).

1. Déjà dans la première édition de ce livre (p. 419 et suiv.), j'avais communiqué des expériences, où des graduations, supérieures au minimum perceptible, utilisées d'une manière un peu différente avec des disques rotatifs, m'avaient également conduit à trouver une confirmation de la loi de Weber. Ces expériences seront mentionnées, lors de la discussion des phénomènes de contraste de la sensation lumineuse (chap. IX).
2. *Archiv für Ophthalm.* XVIII, 1er fasc. p. 74.
3. *Archiv f. Ophth.* XVII, 1er fasc. p. 123.
4. *Annalen* de Poggendorff, tome supplém. VI, p. 394.
5. Dobrowolsky, in *Archiv* de Pflüger, XII. p. 411 et suiv.

Une détermination du *seuil de l'excitation* pour les sensations lumineuses — abstraction faite des modifications d'excitabilité, occasionnées par l'adaptation de la rétine — est impossible; car, même dans l'obscurité absolue, il se produit une faible excitation subjective, qui est dûe, probablement, à la pression des milieux liquides de l'œil et des tensions de ses muscles. Cette excitation subjective s'appelle la *lumière propre de la rétine*. Les oscillations, que présente la grandeur de cette lumière, sont révélées par les nuages lumineux, que Purkinje (1) a décrits le premier, et par les étincelles lumineuses apparaissant dans le champ visuel obscur. L'impression de *noir* ne provient donc pas d'une absence totale de la sensation lumineuse; elle indique seulement un faible degré de sensation lumineuse incolore. Par conséquent, il ne peut être question d'un seuil de l'excitation pour le sens visuel, que si l'on mesure la plus minime intensité lumineuse qui, dans l'obscurité absolue, est encore sentie par contraste avec le noir du champ visuel obscur. D'après quelques observations, les métaux, tels que le fer, le zinc, le platine, portés à une température de 335 — 370° C., commencent à devenir lumineux dans l'obscurité. Aubert apprécie cette intensité lumineuse, d'une façon assurément très-approximative, à 1/300 de l'énergie lumineuse d'un papier blanc, qui réfléchit la lumière de la pleine lune (2). Cette limite peut donc approximativement être considérée, comme le seuil relatif de l'excitation.

2. *Sensations de son.* Quant à ce domaine sensoriel, il existe des expériences faites, d'après la méthode des modifications minima, par Volkmann (3), comme par Renz et Wolf (4), ainsi qu'une grande série d'expériences de Nörr (5), d'après la méthode des cas vrais et des cas faux. Volkmann exécuta ses recherches à l'aide d'un pendule sonore. Il découvrit, que les hauteurs de chute, proportionnelles aux énergies de son, étaient justement distinctes, quand elles se trouvaient approximativement dans le rapport de 3 : 4. Renz et Wolf confirmèrent cette donnée. Nörr utilisait le son de boules de fer, qui tombaient verticalement sur une plaque, susceptible d'entrer en vibration. Selon les observations de Vierordt, l'énergie de son ne doit pas, comme on le suppose d'après les principes de la mécanique, être proportionnelle à

1. *Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne*, I, p. 78.
2. Aubert, *Grundzüge der physiologischen Optik*. Leipzig, 1876, p. 485.
3. *Psychophysik* de Fechner, I, p. 176.
4. *Archiv für physiol. Heilkunde* 1856, p. 185.
5. *Zeitschrift für Biologie*, 1873, XV, p. 297.

la hauteur de chute, mais à la racine carrée de la hauteur de chute (1). Par conséquent, Nörr détermina les énergies de son, employées par lui, en unités de seuil de l'excitation, qu'il trouvait = 1500 millièmes de milligrammes, en se plaçant constamment dans toutes les expériences à une distance de 50 centimètres de la source sonore (2). La plus faible des énergies de son appliquées était 1 fois et $^{71}/_{100}$ cette unité, et la plus forte 524,167 fois et $^{8}/_{10}$ cette unité (d'après la mensuration de Vierordt). Donc, l'irritant le plus faible dépassait seulement très-peu la limite du point à peine perceptible ; et, avec l'irritant le plus puissant, l'intensité de la sensation devenait déjà désagréable. Se renfermant dans ces conditions, Nörr examina 7 énergies de son et exécuta pour chacune d'elles près de 1000 expériences, groupées en trois séries, où les différences comparées de l'intensité de son mesuraient approximativement 5, 10 et 20 pour cent. Les rapports de temps des impressions comparées exerçaient une influence sensible ; car, le nombre des décisions justes était 8 fois et $^{7}/_{10}$ p. $^{0}/_{0}$ plus considérable, quand un son énergique succédait à un son faible. Abstraction faite de cela, les expériences indiquent, que (dans toute l'échelle des irritations utilisées, les différences des irritants étant relativement égales) le quotient $\frac{r}{n}$ restait constant d'une manière très-approximative, conformément à la loi de Weber (3).

3. *Sensations de pression et sensations de mouvement.* Les expériences de E. H. Weber, afférentes à ce sujet, ont constitué la première

1. Vierordt, *Zeitschrift für Biologie*, 1878, XIV, p. 300.

2. A cause de la différence des matériaux employés, on ne peut donc nullement comparer avec les données de Nörr la détermination du seuil de l'irritation, exécutée bien longtemps avant par Schafhaült (*Abhandl. der bayr. Akad. d. W.* VII, p. 517) qui, opérant avec une boule de liège de 1 millième de millig. et se tenant à 91 m. m. de distance, constata la disparition du son. D'ailleurs, même si l'ouïe est normale, il se produit ici des différences individuelles importantes. Consult. Politzer, *Archiv f. Ohrenheilk.* XII, p. 104 et Lucœ, *ibid.* p. 282.

3. Nörr a trouvé, que les moyens termes de la mesure de précision h pour les trois groupes d'expériences, avec 5, 10 et 20 pour $^{0}/_{0}$ de différence de l'irritation, étaient,

en calculant d'après la méthode de Fechner : 13,113 — 9,362 — 6,408,
en calculant d'après la méthode de G. E. Müller : 13,341 — 9,360 — 6,616.

Les moyens termes des trois différences d'énergie de son se comportaient plus exactement, comme

1 : 1,96 : 3,84.

Il résultait de là, que les valeurs de h n'étaient pas approximativement en raison inverse de ces grandeurs, mais de leurs racines carrées ; elles se comportaient donc comme

$$1 : \frac{1}{\sqrt{1,96}} : \frac{1}{\sqrt{3,84}}.$$

base fondamentale de la loi, qu'il a établie. Les propres observations de Weber, exécutées d'après la méthode des différences à peine perceptibles, sont assurément peu nombreuses et ne s'accordent que partiellement avec sa loi (1). Il détermina de deux manières la sensibilité pour les différences de pression : 1° en posant simultanément sur ses deux mains des poids différents, 2° en plaçant successivement ces poids sur une seule main. Dans le premier cas, la différence relative mesurait en moyenne $^1/_3$; dans le second, elle s'abaissait à $^1/_{14}$ — $^1/_{30}$. Il arrivait même, que presque toutes les personnes présentes inclinaient à juger différents, avec les deux mains, deux poids égaux ; car, la plupart des assistants estimaient plus grand le poids posé dans la main gauche. La faculté de distinguer les poids est plus délicate, si on les apprécie, en les élevant; puisque, dans ce cas, la sensation de mouvement agit de concert avec la sensation de pression. Ainsi, Weber, mettant en mouvement ses deux mains simultanément chargées, a trouvé une sensibilité différentielle de $^1/_{15}$ — $^1/_{20}$. Lorsque deux poids, enveloppés d'une serviette, étaient élevés successivement avec *une* main, en fléchissant simultanément le bras étendu, on reconnut encore une différence de $^1/_{40}$. Il faut remarquer cependant que, dans toutes ces expériences, on n'a nullement tenu compte de l'influence de la fatigue et d'autres occasions d'erreur, comme du poids du bras qui est élevé. Cette critique s'applique aussi aux expériences, faites dernièrement par Biedermann et Löwit, sous la direction de Hering, d'après la même méthode; expériences, où ces auteurs n'ont pu confirmer la loi de Weber (2).

Par conséquent, les valeurs, désignées par kD dans les tableaux de Fechner, devraient être posées ici $= k\sqrt{D}$ (voir plus haut p. 372, note 1). Cette rectification remarquable, qui se rattache probablement à la mensuration différente de Vierordt pour les énergies de son, a besoin d'être mieux approfondie.

1. *Annotationes anatomicæ* (Progr. collecta). Proleg. XII (1831). *Tastsinn und Gemeingefühl*, p. 543.

2. Hering. *Ueber Fechner's psychophysisches Gesetz*, p. 33 et suiv. Les mêmes observateurs ont pratiqué des expériences sur la sensibilité de pression (*ibid.* p. 36). Ils laissaient tomber, sur la pointe d'un doigt, des poids élevés à une grande hauteur. Comme résultat, Hering déclare seulement, que les conséquences ne concordent pas avec la loi de Weber. Cependant, il ne dit pas, si la surface de contact des poids était invariable, chose indispensable et qui ne faisait pas défaut dans les expériences de Weber (*Tastsinn und Gemeingefühl*, p. 544). La méthode suivante, imaginée par Dohrn (*Zeitschr. f. rat. Med.* 3e série, vol. X, p. 337) est préférable à ce procédé : une pelote de fil repose sur la paume de la main, placée dans le plateau d'une balance; et, en chargeant et déchargeant alternativement l'autre plateau, la pression peut être augmentée ou diminuée. Voir au sujet de ces expériences et d'autres moyens, appliqués surtout dans un but de diagnostic pathologique, Bastelberger, *Experimentelle Prüfung der zur Drucksinn-Messung angewandten Methoden*. Stuttgart 1879.

Les données, concernant les poids absolus les plus faibles, qui sont encore perçus, servent de complément aux recherches sur la sensibilité différentielle des grandeurs de pression. Aubert et Kammler (1) ont trouvé ce seuil de l'excitation de pression, extrêmement faible pour le front, la tempe, la face dorsale de l'avant-bras et de la main ; sur ces parties, le seuil est = 0gr,002. A la face antérieure de l'avant-bras, il s'élève à 0gr,003 ; au nez, aux lèvres, au menton et au ventre à 0gr,005 ; à la face palmaire des doigts, il varie entre 0gr,005 et 0gr,015 ; aux ongles des doigts et à la peau du talon, il atteint même 1 gramme. D'après ces chiffres, très-probablement, les variations de seuil de l'excitation de pression sont dûes uniquement à l'épaisseur de l'épiderme, qui recouvre les terminaisons des nerfs sensibles.

A l'aide de la méthode des cas vrais et des cas faux, Fechner exécuta de vastes expériences, relatives à notre faculté de distinguer les poids, lorsqu'on les élève. Deux poids de grandeur P égale étaient solidement assujettis dans deux vases fermés, munis d'anses. Si, à l'un de ces de ces vases, on ajoutait le poids additionnel D, qui était le plus souvent = 0,04 et = 0,08 de P, le temps d'élévation et la hauteur d'élévation restaient constants. Une *seule* main servait à effectuer l'élévation, ou bien, toutes deux y participaient ; en même temps, par la régularité, qu'on mettait dans la succession des élévations et dans l'application du poids additionnel, on s'efforçait, autant que possible, d'éliminer les influences associées constantes. D'après ces expériences, les valeurs de $\frac{r}{n}$, correspondant à un même accroissement relatif de l'excitation, et par conséquent, même les valeurs du seuil différentiel, se maintenaient assez constantes, si les grandeurs de poids étaient modérées ; tandis qu'avec des poids plus forts, la sensibilité différentielle s'élevait notablement (2).

Dans toutes les expériences, que nous venons de passer en revue, les sensations de mouvement et de pression agissaient de concert. Cependant, la distinction plus précise des différences de poids, jugées à l'aide de l'élévation, permet déjà de conclure avec vraisemblance, que

1. *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen*, de Moleschott, V, p. 145.
2. Dans le calcul opéré par Fechner lui-même (*Psychophysik*, I p. 190), les cas douteux ont été utilisés de la manière inexacte, que nous avons signalée p. 333. Nous allons citer, comme exemple à suivre, les résultats d'une série de ces expériences de Fechner « avec les deux mains », résultats calculés par G. E. Müller (*loc. cit.* p. 197).

les résultats doivent être attribués à la sensibilité différentielle de la sensation de mouvement. C'est ce dont témoignent même les expériences de E. Leyden (1) et celles de M. Bernhardt (2) ; car, d'après ces observateurs, la sensibilité de la peau peut être partiellement ou complètement supprimée, sans que l'évaluation des différences de poids soit notablement troublée. En outre, les expériences précédentes se rapportent exclusivement à la *sensation de force*, produite lors du mouvement, et non à la faculté de *distinguer les grandeurs des mouvements*. Pour déterminer cette sensation de force, on maintenait constante la hauteur d'élévation et l'on variait le poids additionnel ; mais, pour vérifier la distinction des grandeurs des mouvements, le poids doit rester constant, pendant que la hauteur d'élévation est variée. Jusqu'à présent, ces sortes d'expériences n'ont été exécutées d'une manière suffisante, d'après la méthode des modifications minima, que

P	Valeurs relatives de U			Valeurs de h		
	$D = 0{,}04\,P$	$D = 0{,}08\,P$	Moyenne	$D = 0{,}04\,P$	$D = 0{,}08\,P$	Moyenne
300	0,02328	0,02296	$\frac{1}{43{,}6}$	$\frac{6{,}91}{P}$	$\frac{6{,}52}{P}$	$\frac{6\,72}{P}$
500	0,02032	0,02032	$\frac{1}{49}$	$\frac{6{,}46}{P}$	$\frac{6{,}31}{P}$	$\frac{6{,}39}{P}$
1000	0,01844	0,01960	$\frac{1}{52{,}6}$	$\frac{8{,}78}{P}$	$\frac{8{,}02}{P}$	$\frac{8{,}40}{P}$
1500	0,01616	0,01688	$\frac{1}{60{,}5}$	$\frac{90{,}9}{P}$	$\frac{9{,}77}{P}$	$\frac{9{,}43}{P}$
2000	0,01472	0,01368	$\frac{1}{70{,}4}$	$\frac{10{,}11}{P}$	$\frac{10{,}22}{P}$	$\frac{10{,}17}{P}$
3000	0,01284	0,01456	$\frac{1}{73}$	$\frac{10{,}08}{P}$	$\frac{11{,}18}{P}$	$\frac{10{,}6}{P}$

Ce tableau nous apprend que, conformément aux suppositions servant de base à l'utilisation de la méthode des cas vrais et des cas faux, les valeurs de U, qui sont obtenues, quand le poids additionnel D a une grandeur différente, concordent pour chaque poids P, et que les valeurs de la mesure de précision h croissent proportionnellement à la diminution du seuil différentiel U. Au contraire, quand les poids P diffèrent, les valeurs de U et de h ne sont nullement constantes, comme on devait s'y attendre, si la loi de Weber a une valeur absolue. Remarquons cependant, que les expériences de Fechner avaient été établies, de façon à tenir compte du poids du bras. Essayer à ce sujet, comme Fechner l'a tenté (*In Sachen der Psychophysik*, p. 198), d'introduire une constante correctionnelle hypothétique, ce pourrait bien être une affaire non exempte de difficultés. Il vaudrait mieux entreprendre des expériences, où l'élévation du bras serait exclue.

1. *Archiv* de Virchow, tome 47, p. 325 et suiv.
2. *Archiv für Psychiatrie*, III, p. 632.

pour les mouvements de convergence de l'œil. Plus tard, nous reprendrons l'examen de ces observations, à cause de leur relation avec la théorie des représentations visuelles extensives. Ici, nous nous contenterons de dire, que ces mouvements de convergence, exécutés dans la limite des distances utilisées du point de fixation, qui étaient comprises entre 180 et 60 centimètres, ont donné une sensibilité différentielle constante, en moyenne, de $^1/_{51}$. Le seuil de l'excitation correspondait à un mouvement de la ligne de regard de 68 secondes d'angle ou à une contraction du muscle droit interne de l'œil, d'environ 0,004$^{mm.}$ (1).

4. *Sensations de température.* Pour fixer leurs relations quantitatives, on se trouve en présence de difficultés bien plus considérables, que dans tout autre domaine sensoriel. Nous ne sentons pas chaque élévation de température, comme chaleur, ni chacun de ses abaissements, comme froid; mais, la *chaleur propre de la peau* constitue le point de départ des sensations de température. Si une partie de la peau est échauffée au-dessus de son point zéro physiologique, la sensation de chaleur prend aussitôt naissance ; si elle est refroidie au-dessous de ce point, on a la sensation de froid. Dans ces circonstances, ce point zéro n'est point invariable ; mais la peau s'adapte, jusqu'à un certain degré, à la température extérieure, puisque le point zéro s'abaisse avec le froid et monte avec la chaleur (2). La peau est extrêmement sensible aux oscillations de température, qui se trouvent près du point zéro. Probablement, les résultats différents, que de nombreux observateurs ont obtenus, en étudiant les degrés les plus favorables de température, tiennent aux divergences individuelles, concernant le point zéro physiologique de la peau des doigts, parce que cette région cutanée leur servait toujours de champ d'expériences: ainsi, Fechner a trouvé la sensibilité différentielle la plus délicate entre 10° et 20° *R.* (12 — 25 *C.*), où elle se rapprochait beaucoup des données d'un excellent thermomètre à mercure (3). D'autres expérimentateurs ont observé des limites de température, plus élevées pour la sensibilité maxima : Lindemann 26 — 39° *C.*, Nothnagel, presque la même concordance avec le pré-

1. Wundt, *Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung*, p. 195 et 196. — Voir plus loin chap. XIII.

2. Hering, *Grundzüge einer Theorie des Temperatursinns* (*Sitzungsber. der Wiener Akad.* 3e livraison, t. LXXV) p. 8 et suiv.

3. Les plus faibles températures, constatées par Fechner (*Psychophysik*, I, p. 303), mesuraient $^1/_{10}$°R. — E. H. Weber (*Tastsinn und Gemeingefühl*, p. 554) a trouvé $^1/_5$—$^1/_6$°R.

cédent, 27 — 33° *C.*, et Alsberg, même 35 — 39° *C.* (1). Selon l'endroit du corps, la sensibilité à la température est, d'ailleurs, différente ; elle semble dépendre principalement de l'épaisseur de l'épiderme (2). D'après les découvertes de E. H. Weber, la sensation de chaleur, comme celle de froid, augmentent avec l'étendue de la surface sentante ; et, les sensations de température et de pression sont dans une certaine relation, puisque des corps froids paraissent plus *lourds* que des corps chauds d'un poids égal (3).

Tous ces facteurs déterminent une variabilité des sensations de température, qui ne contribue pas peu à troubler les recherches de mensuration, ayant pour but de découvrir la relation de l'intensité de la sensation avec l'énergie de l'irritation. Ici, cette énergie de l'irritation ne doit pas être uniquement mesurée, à l'aide de la température objective ; mais constamment, il faut prendre en considération le point zéro physiologique des sensations de température ; et ce dernier varie sans cesse, par suite de l'adaptation, que provoquent les expériences elles-mêmes. Pour ce motif, on doit seulement conclure des observations précédentes, que la sensibilité différentielle devient plus faible avec l'éloignement de ce point zéro. Les chiffres, obtenus par Fechner, en appliquant la méthode des différences à peine perceptibles à la marche des sensations de chaleur, s'accordent approximativement avec la loi de Weber, si, à l'exemple de l'auteur des *Éléments de la psychophysique*, on adopte, comme point zéro physiologique, la température moyenne entre le froid du frisson et la chaleur du sang (14,77° *R.*). Or, cette hypothèse est arbitraire. Par conséquent, pour décider la question, il est indispensable d'instituer de nouvelles expériences, où l'on tiendra sérieusement compte de la chaleur propre de la peau et de l'adaptation qui se produit (4).

5. *Sensations gustatives.* En ce qui concerne les sensations des deux

1. Lindemann, *De sensu caloris*. Thèse. Halle 1857. — Nothnagel, *Deutsches Archiv für klin-Medicin*, II, p. 284. — Alsberg. *Ueber Raum-und Temperatursinn*. These. Marbourg 1863.

2. E. H. Weber, *loc. cit.* p. 552. — Nothnagel, *loc. cit.*

3. Weber, *ibid.* p. 551, 554.

4. D'autre part, on n'attachera pas, évidemment, une importance particulière à cette assertion de Weber, à savoir que, pour les températures entre 14°R. et la chaleur du sang, la différence à peine perceptible était d'une grandeur absolue, presque égale (*loc. cit.* p. 554). Cette donnée contredit directement la loi propre de Weber ; car, les déterminations de Weber étaient manifestement des plus approximatives, et, à cause de la comparaison successive des divers liquides tempérés, comparaison opérée avec le même doigt, les effets consécutifs des irritants de température devaient exercer une influence perturbatrice.

sens chimiques inférieurs, c'est tout au plus, si le sens gustatif permet d'examiner les relations réciproques de l'énergie de l'excitation et de l'énergie de la sensation. Or, ici, l'impossibilité de circonscrire, quant au temps et à l'espace, l'action de l'irritant, et la longue persistance de l'effet physiologique des excitations rendent les résultats si incertains, qu'ils ne sont d'aucune utilité pour les questions psychologiques. Avec ses expériences, exécutées d'après la méthode des cas vrais et des cas faux, Fr. Kepler a trouvé que, si la concentration des solutionsaugmente, la sensibilité différentielle pour les acides et les douceurs diminue, et s'accroît pour les sels et les amers. Cependant, il est très-probable, que cette donnée de Kepler est basée sur les conditions physiologiques variables de l'irritation (1). En outre, il existe des observations sur le seuil de l'excitation du sens gustatif, par rapport à diverses substances sapides. D'après ces faits, une solution sucrée doit être plus concentrée, qu'une solution de sel marin ; et, quoique diluées encore plus fortement, des substances amères ou acides sont perçues par la gustation (2). Or, comme la proportion en centièmes d'une solution ne fournit nullement la mesure de l'intensité chimique de l'irritant, ces observations n'ont qu'une valeur physiologique restreinte. D'ailleurs, ici même, se confirme le fait suivant, découvert par Weber au sujet des sensations de température : l'intensité de l'excitation restant égale, la netteté de la sensation croît avec l'étendue de la surface irritée.

En jetant un coup d'œil rétrospectif sur l'ensemble des résultats, obtenus dans les divers domaines sensoriels, on ne peut méconnaître que, partout où l'expérimentateur parvient à se rendre maître, d'une manière suffisamment exacte, des rapports existants entre l'énergie de l'irritant et l'effet de l'irritant, la loi de Weber doit avoir au moins une valeur approximative. Cette loi présente la concordance la plus précise et la plus étendue avec les expériences les plus variées, qui ont le son pour objet ; elle a une valeur plus restreinte pour les actions

1. Fr. Kepler, in *Archiv* de Pflüger, vol. II, p. 149. Pour la question de la loi de Weber, ces expériences ne peuvent être utilisées, puisque ici, en imitant la première manière de calculer de Fechner, la moitié des cas douteux est portée au compte des cas justes.

2. Valentin, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 2e édit. Brunswick, 1848. vol. II, p. 2. — Camer, in *Archiv* de Pflüger, vol. II, p. 322. Nous citerons quelques chiffres de Valentin, concernant un grand nombre de substances gustatives. Par conséquent, pour donner naissance à une sensation nette, une solution doit contenir $^1/_{83}$ de sucre, ou $^1/_{426}$ de sel marin, ou $^1/_{10,000}$ d'acide sulfurique, ou $^1/_{33,000}$ de quinine.

lumineuses, les sensations de pression et de mouvement ; elle est absolument incertaine, relativement aux sensations de température et aux sensations gustatives ; mais, pour les sensations olfactives et les sensations de la sensibilité générale, il n'existe point d'expériences à ce sujet, et même ces dernières sont d'une exécution très-difficile. Si l'on examine ce résultat, sans avoir égard aux conditions physiologiques spéciales de l'irritation, on semble autorisé à émettre l'assertion suivante : la loi de Weber n'a pas une valeur universelle ; elle s'applique seulement à quelques domaines sensoriels et ne convient approximativement à la plupart d'entre eux, que dans certaines limites (1). Cette assertion se présente sous un jour plus favorable, si nous prenons en considération les propriétés physiologiques des divers organes sensoriels. Alors se révèle une circonstance nullement à dédaigner, à savoir que justement cet organe sensoriel, où les mécanismes physiologiques s'adaptent très-intimement aux irritants extérieurs, et où les transformations physiologiques de l'excitation et les effets consécutifs de celle-ci sont le moins accessibles à notre observation, — le sens auditif — confirme la loi de Weber dans l'étendue la plus large. Le sens visuel se trouve dans des conditions plus complexes. On doit admettre, seulement dans d'étroites limites, que l'intensité du processus photochimique, qui constitue très-probablement ici l'irritation nerveuse, est approximativement proportionnelle à l'énergie lumineuse. En outre, la longue durée consécutive de l'irritation, les phénomènes lumineux subjectifs, persistants même dans l'obscurité, enfin le processus d'adaptation pour des actions lumineuses variables compliquent tellement les observations, qu'il serait impossible d'établir des conditions physiologiques constantes pour des irritants d'une énergie très-diverse. De même, lors des expériences faites sur la température, la difficulté pourrait essentiellement résider dans les propriétés de l'organe sensoriel, la variabilité du point zéro physiologique, les processus d'adaptation, la fatigue rapide, que produisent des températures hautes et basses ; de plus, l'exécution de l'expérience entraine avec elle des fautes plus considérables, par suite des obstacles plus rebelles, auxquels se heurte l'expérimentateur, qui veut gouverner à son gré les excitations de température. Ces obstacles seront plus facilement évités dans les recherches sur les sensations de pression et de mouvement, quoique les observations, pratiquées à ce sujet, n'aient pas encore

1. G. E. Müller, *Zur Grundlegung der Psychophysik*, p. 224.

complètement réussi à les écarter. L'examen intime et réfléchi de ces rapports nous conduit à la conclusion suivante. La validité générale de la loi de Weber pour les sensations n'est pas, jusqu'à présent, rigoureusement prouvée par l'expérience, et sera difficilement démontrée, probablement jamais, dans tous les domaines sensoriels ; de même, si l'on prend l'expérience pour base, la vraisemblance de sa valeur générale ne peut être contestée, car, en faveur d'une expérience de ce genre, il faudrait apporter de tout autres raisons physiologiques ou psychologiques. Nous voilà amenés à nous demander, si la loi de Weber est susceptible de recevoir une explication théorique et, jusqu'à quel point, elle y est accessible ?

3. — Importance de la loi de Weber.

La loi de Weber peut comporter *trois* interprétations : l'une physiologique, une deuxième psychophysique et une troisième psychologique. Toutes trois ont trouvé des défenseurs.

Selon l'*interprétation physiologique*, elle dépend des lois particulières d'excitation de la substance nerveuse : car, l'excitation, mise en jeu dans cette dernière, ne croît pas proportionnellement à l'énergie de l'irritant, mais plus lentement, de manière que les intensités de l'excitation externe augmentant approximativement en progression géométrique, les irritations nerveuses s'élèvent en progression arithmétique. On suppose dans ce cas, que la sensation est directement proportionnelle à l'excitation nerveuse. Pour défendre cette opinion, on s'est appuyé sur des observations ou bien, l'on a invoqué en sa faveur des raisons de pure probabilité. Dewar et M' Kendrick avaient cru pouvoir établir, que la grandeur de l'oscillation négative du courant dans le nerf optique de la grenouille croît, si l'éclairage augmente, dans un rapport correspondant à la loi de Weber (1). Comme ces expérimentateurs avaient pris leurs dispositions, de façon que le déplacement de la source lumineuse modifiait la grandeur de la surface éclairée, peut-être même le lieu de l'irritation lumineuse et que, d'ailleurs, seulement deux énergies lumineuses étaient comparées entre elles, ces observations n'entraînent aucune conclusion, admettrait-on

1. Dewar et M'Kendrick, *Transactions of the royal society of Edinburgh*, vol. XXVII, 1874, p. 156.

même la supposition, que l'oscillation négative est proportionnelle à l'excitation nerveuse. La plupart du temps, en se plaçant à ce point de vue de l'interprétation physiologique, l'on a attribué la cause de cet accroissement particulier des sensations, non aux organes sensoriels périphériques et aux nerfs, mais à la substance nerveuse centrale. A ce sujet, on invoque surtout le fait mentionné précédemment (p. 287), que les excitations plus faibles deviennent latentes dans la substance grise. En cela, on voit justement non simplement une raison suffisante, en faveur de l'existence du seuil de l'excitation, mais on en conclut avec une certaine vraisemblance, que chaque excitation se propage dans la substance grise avec une intensité décroissante, conclusion qui semble trouver un appui dans les lois connues de l'extension des réflexes (chap. VI) (1). Cependant, il résulte uniquement de toutes ces considérations, que le seuil de l'excitation, qui déjà, dans les appareils réflexes de la moëlle épinière est supérieur en hauteur à celui des nerfs périphériques, s'élévera encore peut-être davantage dans les domaines sensoriels centraux de l'écorce cérébrale. Même, quand nous découvrons, dans les expériences sur les réflexes, que les irritants doivent nécessairement présenter des différences absolues, plus considérables, que lors de l'excitation des nerfs moteurs, afin de produire (2) des différences également considérables de la secousse musculaire, ce fait prouve seulement un accroissement de la grandeur absolue du seuil différentiel ; mais, il est incapable de nous apprendre, si cette grandeur est constante ou variable dans certaines limites. Si, à cet égard, des argumentations à priori étaient permises, on pourrait tout au moins, en se basant sur l'accroissement déjà démontré (p. 290) de l'irritabilité, qu'effectue l'excitation, exposer avec le même droit la présomption suivante : les résistances centrales à la mise en jeu des processus se révèlent spécialement, quand les irritants sont faibles ; et, ces derniers devenant plus énergiques, elles décroissent graduellement jusqu'à la limite, où l'épuisement acquiert son influence prépondérante. En vérité, nous ne savons absolument rien de la loi, d'après laquelle l'excitation, siégeant dans les centres nerveux, croît avec l'énergie de l'irritant ; et les phénomènes connus ne nous offrent, par suite de la nature complexe de ces processus, aucune base, pour édifier des hypothèses. Enfin, comme une probabilité en faveur de l'interprétation physiologique, on a encore invoqué la corré-

1. G. E. Müller, *Zur Grundlegung der Psychophysik*, p. 233.
2. Wundt, *Mechanik der Nerven*, II, p. 19.

lation du fait physique et du fait psychique, corrélation confirmée par toutes les expériences de la psychologie physiologique. On est d'avis, que cette relation est troublée, quand la gradation de nos sensations suit une autre loi, que la gradation des excitations centrales, qui les accompagnent. De la proportionnalité entre la sensation et l'excitation cérébrale, qui est supposée nécessaire à priori, on conclut par conséquent, que toute déviation de l'accroissement uniforme de la sensation avec l'excitation doit avoir une base purement physiologique (1). Cependant, cette conclusion n'est nullement péremptoire. Elle néglige de voir, que l'appréciation de l'intensité de la sensation est un processus complexe, qui subira, à part l'excitation sensorielle centrale, l'influence essentielle provenant de l'activité du centre de l'aperception (2). Comment les excitations sensorielles centrales seraient-elles senties, indépendamment de ce centre ? Nous ne pouvons rien savoir à ce sujet. Évidemment, la loi de Weber se rapporte uniquement aux sensations aperçues ; par conséquent, elle peut avoir également pour fondement les processus de comparaison aperceptive des sensations, comme la composition primitive des excitations sensorielles centrales.

Selon l'*interprétation psychophysique*, notre loi serait une sorte de loi de corrélation entre l'activité corporelle et l'activité psychique. Fechner a adopté et mis spécialement en relief cette manière de voir. Il s'appuie principalement sur l'invraisemblance intrinsèque, qu'il y aurait à ce qu'un rapport, comme celui qui trouve son expression dans la loi de Weber, dût s'appliquer à la propagation des mouvements corporels (3). Comme éléments servant à étayer son opinion, il considère le fait du seuil de l'excitation et l'indépendance, démontrée dans certaines limites, de la sensibilité différentielle relative vis-à-vis de la sensibilité absolue ; et selon lui, cette indépendance est une « loi parallèle à la loi de Weber », loi parallèle qui justifierait l'interprétation psychophysique de la loi de Weber (4). Quant aux deux faits mentionnés en dernier lieu, on ne pourra pas leur accorder une force démonstrative. Le seuil de l'excitation peut très-bien dépendre des propriétés de la substance nerveuse ; et, d'après les expériences rapportées au chapitre VI, il dépend également, en partie, de conditions physiologiques. De même, la loi

1. Mach, *Ueber die physiologische Wirkung raümlich vertheilter Lichtreize* (*Wiener Sitzungsber*, 3e fascicule, vol. LXVIII.) p. 11. — Hering, *ibid.* vol. LXXII, p. 17, 21.
2. Voir plus haut chap. V, p. 242 et suiv.
3. *Elemente der Psychophysik*, II, p. 377. *In Sachen der Psychophysik*, p. 65 et suiv.
4. *Elem. der Psychoph.* I, p. 300.

parallèle se concilierait avec une interprétation physiologique, comme avec une interprétation psychologique. La première interprétation devrait seulement admettre, que toute modification de la sensibilité absolue est unie, dans les limites de la validité de cette loi, à une modification proportionnelle de tous les effets de l'excitation, hypothèse qui, à la vérité, a besoin d'être confirmée, mais peut bien n'être pas invraisemblable à priori (1). On ne serait autorisé, enfin, à insister sur l'invraisemblance à priori, qu'il y aurait à ce que dans le domaine physique une loi, comme celle de Weber, possède de la valeur, que si les preuves expérimentales étaient capables de présenter cette loi, comme une expression exacte. Mais, sa validité empirique, uniquement approximative, n'empêche pas de soupçonner, que cette loi soit seulement une forme mathématique accidentelle, exprimant, dans certaines limites à peu près justes, le fait suivant : l'excitation nerveuse centrale croît plus lentement, que l'irritation externe. Toutes ces objections subsistent et ne seront réellement écartées, que le jour, où l'on arrivera à unir plus étroitement l'interprétation psychophysique avec d'autres faits de notre expérience interne et externe. Mais ceci n'est pas possible, tant que l'on reste attaché à l'interprétation psychophysique. Car, d'après celle-ci, la loi de Weber est une loi fondamentale, valable seulement pour les relations de l'extérieur et de l'intérieur ; et, par conséquent, il est impossible de découvrir, dans les domaines soit de l'expérience interne, soit de l'expérience externe, des faits qui l'appuient.

L'*interprétation psychologique* essaie de dériver la loi, non des propriétés physiologiques de la substance nerveuse, ni d'une corrélation particulière du physique et du psychique, mais des processus psychologiques, qui déploient leur effet, lors de la mensuration comparative des sensations. Elle ne rapporte donc pas cette loi aux sensations, prises en elles-mêmes, mais aux processus d'aperception, en l'absence desquels, une appréciation quantitative des sensations ne peut jamais avoir lieu. Au point de vue psychologique, la loi de Weber se ramène évidemment à l'expérience générale suivante : nous possédons, dans notre conscience, non pas une mesure *absolue*, mais seulement une mesure *relative* de l'intensité des états, qui existent chez elle ; nous mesurons donc un état de conscience à un autre état, que nous sommes obligés de comparer avec lui. De cette manière, nous pouvons concevoir la loi de Weber, comme un cas spécial d'une *loi plus géné-*

1. Consulter G. E. Müller, *loc. cit.* p. 268.

rale de relation ou *de la relativité de nos états internes*. L'interprétation, dont il s'agit, tire sa principale force de ce qu'elle ramène la loi de Weber à une loi plus générale, dont nous constaterons encore la valeur dans d'autres domaines, surtout lors de la comparaison qualitative des sensations, comme du rapport des sentiments avec les représentations. La loi de relation n'est plus tant une loi de la sensation, qu'une *loi de l'aperception*, et, on comprend ainsi, que sa validité s'étende bien au-delà du domaine des énergies de la sensation. En même temps, il est évident, que cette loi n'est pas non plus en contradiction avec l'hypothèse, que la sensation, comme telle, croit, d'après la même loi de proportionnalité approximative, que l'excitation sensorielle centrale dans les limites de la validité de cette loi. Car, elle ne concerne point directement les sensations elles-mêmes, mais les processus aperceptifs, qui sont mis en jeu par les sensations. L'interprétation psychologique offre donc cet avantage, qu'elle n'exclut pas une explication physiologique simultanée ; tandis que chacune des interprétations précédentes comporte uniquement une explication étroite. En cela, il faut assurément remarquer, que notre connaissance des processus d'innervation centrale est encore trop défectueuse, pour offrir les bases expérimentales nécessaires à une explication de ce genre.

Dans les discussions critiques, dont la loi de Weber a été l'objet ces dernières années, on a généralement incliné, à l'encontre de Fechner, vers une interprétation physiologique. Aussi, la plupart du temps, en posant cette prémisse vraie, que tout fait psychologique, appartenant au domaine de nos représentations sensorielles, doit avoir une base fondamentale physiologique, on en tirait cette conclusion inexacte, qu'une interprétation psychologique est caduque dans toutes les circonstances. Or, malgré l'état imparfait de la physiologie cérébrale, nous sommes très-souvent en position de connaître et de formuler psychologiquement certaines lois, dont le sens physiologique est encore recouvert d'obscurités ou fait partie du domaine des hypothèses. Comme nous le verrons plus loin, les « lois d'association » en sont une preuve manifeste. Mais assez fréquemment, cette polémique visait non seulement l'interpré-terprétation de la loi de Weber, mais cette loi elle-même. En effet, certains observateurs, Hering par exemple, niaient absolument sa justesse et d'autres, Aubert, Delbœuf, Müller, etc., lui accordaient simplement une valeur approximative. De l'avis de Hering (1), il est indispensable, pour juger exactement

1. *Loc. cit.* p. 22, 24. Delbœuf (*Revue philosophique* le Th. Ribot, III, 1877, p 225) a mis en lumière et critiqué à son point de vue, que nous discuterons plus loin, les points litigieux qui divisent Fechner et Hering.

les choses réelles, qu'il existe nécessairement une proportionnalité entre nos sensations et les excitations externes ; l'expérience nous enseigne par exemple, que la différence entre 5 et 10 livres est estimée plus considérable, que celle entre 5 demi-onces et 10 demi-onces. Mais ici Hering oublie, que pour juger les intensités *absolues* de l'excitation externe, seule l'association avec des expériences antérieures peut évidemment être décisive, puisque l'expérience est seule capable de nous donner quelques renseignements sur les énergies absolues de l'excitation, qui correspondent à des sensations déterminées. L'expérience nous a appris, qu'un poids fort doit être beaucoup plus modifié qu'un poids faible, afin de produire une modification vraiment perceptible de la sensation ; cette dernière modification, nous la rapportons donc sur-le-champ à des accroissements de poids absolument différents. Il est clair, que ces sortes d'associations ne décident rien sur la grandeur réelle des sensations. Quant à la supposition de la validité de la loi de Weber pour le seuil différentiel, Brentano (1), Langer (2), Hering lui-même (3) ont prétendu, que des différences *perceptibles* de la sensation n'étaient pas nécessairement des modifications *également grandes*, et, que, par conséquent, la relation réelle entre la sensation et l'irritation ne peut être établie par les expériences, sur lesquelles s'appuie la loi. Nous l'avons déjà remarqué (p. 375), cette objection devrait être étendue, puisque, comme nous le révèle l'application de la méthode des graduations moyennes, du moins dans le domaine des sensations lumineuses, la loi est généralement valable pour des gradations *également perceptibles* de la sensation. Or, nous avons plusieurs fois fait observer, qu'il est impossible à la loi de Weber de se rapporter à autre chose, qu'à notre *appréciation* des sensations, en d'autres termes, à la détermination de leur degré de perceptibilité, parce que nous sommes absolument incapables de dire, comment les sensations se comportent, indépendamment de notre aperception. Cette objection n'atteint donc nullement l'interprétation psychologique, puisque celle-ci requiert justement la loi de Weber, pour percevoir comparativement les sensations. Il en est de même d'une objection adressée par G. E. Müller (4) à toute interprétation non physiologique. Voici la teneur de cette objection : Une différence considérable de la sensibilité différentielle relative, pareille à celle qui a été trouvée dans divers domaines sensoriels, et parfois même dans celui de la vue, à propos par exemple des sensations de couleurs, devient compréhensible, si l'on est partisan de l'interprétation physiologique suggérée par la différence des diverses substances sensorielles ; mais, au contraire, si l'on est attaché à l'interprétation psychophysique, on doit s'attendre à une sensibilité différentielle constante. Ce point de vue serait justifié, s'il s'agissait ici d'une constante, qui se rapporterait généralement à la

1. *Psychologie auf empirischer Grundlage*, p. 88.
2. *Die Grundlagen der Psychophysik*. Iéna 1876. p. 14.
3. *Loc. cit.* p. 18.
4. *Zur Grundlegung der Psychophysik*, p. 246.

transformation du processus physique en un processus psychique. Or, il n'en est nullement ainsi avec l'interprétation psychologique. Celle-ci nous fait parfaitement comprendre, que notre comparaison aperceptive dépend, non seulement de l'état de la conscience, mais aussi de la nature ou composition des excitations sensorielles centrales. Puisque l'interprétation psychologique n'exclut pas une interprétation physiologique, la base fondamentale physique de cette différence pourrait bien consister, en ce que l'excitabilité de l'organe d'aperception a une grandeur variable, en présence de diverses impressions sensorielles.

D'autre part, on a fréquemment invoqué, en faveur d'une interprétation psychophysique ou psychologique de la loi de Weber, les expériences directes qui démontrent la dépendance des secousses musculaires vis-à-vis de l'énergie des excitations momentanées. Selon les expériences de Fick, les degrés des élévations (Hubhöhen) croissent à ce sujet, dans des limites assez larges, proportionnellement aux énergies de l'excitation (1). Sans doute, par ce moyen, la grandeur de l'excitation nerveuse n'est pas directement mesurée. Cependant, malgré la simplicité de la relation trouvée, il est impossible de ne pas admettre, que la marche de l'excitation nerveuse est proportionnelle, dans certaines limites, à l'énergie de l'irritation, et que, d'autre part, la marche de la secousse musculaire est proportionnelle aussi à l'excitation nerveuse. Ceci ne prouve rien encore, quant aux excitations sensorielles centrales, quoique d'ailleurs aucune espèce d'argument, *en faveur* de l'interprétation physiologique, ne puisse être empruntée aux rapports de l'excitation des nerfs périphériques. Cette circonstance a quelque importance, parce que, comme nous l'avons déjà dit, les propriétés générales de la substance nerveuse centrale ne nous fournissent aucun point d'appui, qui oppose une contradiction à l'hypothèse d'une proportionnalité existant, dans certaines limites, entre les excitations sensorielles centrales et les excitations nerveuses.

Il y a déjà bien longtemps, j'avais cru devoir remplacer l'interprétation psychophysique de Fechner, par une conception psychologique de la loi de

1. Fick, *Untersuchungen über elektrische Reizung*. Brunswick 1869. D'après les démonstrations de Kronecker, une loi analogue commande au trajet de la fatigue : quand le nerf est atteint, à des intervalles toujours égaux, par des secousses maxima de courant, d'énergie constante, le degré d'élévation des contractions musculaires s'abaisse proportionnellement au temps écoulé. (*Monastberichte der Berliner Akad.* 1870, p. 631. *Sitzungsber. der sächs. Ges.* 1871, p. 718). Or, cette proposition de Kronecker découle de la loi posée par Fick, si on suppose, que le rétablissement est approximativement proportionnel au temps, et qu'un abaissement du degré d'élévation, occasionné par la diminution d'irritabilité, peut être compensé par un accroissement de l'énergie de l'irritation, accroissement correspondant à ce degré d'élévation. Sans doute, selon la juste remarque de G. E. Müller (*loc. cit.* p. 302), ces suppositions ne sont pas prouvées; mais leur validité, dans certaines limites, est extrêmement probable, par suite de la simplicité des lois trouvées par Fick et Kronecker. Luchsinger a très-bien démontré, comment Preyer a échoué, en essayant d'établir, pour la relation de l'excitation nerveuse et de la secousse musculaire, « une loi myo-physique » analogue à la loi de Weber. Voir Preyer, *Das myo-physische Gesetz*, Iéna 1874. — Luchsinger, in *Archiv* de Pflüger, vol. VIII, p. 538.

Weber. Car, cette question : l'expression de cette loi peut-elle être ramenée à une expérience quelconque plus générale ? me parut avoir une importance décisive (1). Or, une expérience de ce genre est donnée dans la relativité des états psychiques, relativité qui se confirme absolument. Delbœuf (2), Schneidfr (3) et Ueberhorst (4) ont manifesté des opinions analogues. Quoique les deux premiers auteurs cités admettent encore, qu'une sensation isolée, ne contrastant nullement avec d'autres sensations analogues, ne puisse être généralement *aperçue*, une confirmation expérimentale suffisante serait cependant incapable d'étayer cette présomption.

Nous l'avons déjà remarqué, l'interprétation psychologique se recommande de préférence aux deux autres, parce qu'elle confirme le mieux le principe du parallélisme absolu entre le fait corporel et le fait psychique; et que, d'ailleurs, elle n'exclut nullement la possibilité de démontrer plus tard l'existence d'une base fondamentale physiologique des processus aperceptifs. A cause de notre ignorance actuelle des processus centraux, naturellement des hypothèses très-incertaines sont seules possibles à cet égard. Du schéma hypothétique précédemment utilisé (fig. 65 p. 245), nous ne considérerons ici que les centres *SC*, *HC*, *AC*. Si, dans un centre sensoriel *SC*, l'intensité de l'excitation croît, dans les limites de la validité de la loi de Weber, proportionnellement à l'énergie de l'irritation, une comparaison de sensations d'intensité différente, *a*, *b*, *c*,... sera possible, grâce aux excitations aperceptives transmises aux voies *la*, *lb*, *lc*,... ; et ces excitations seront mises en jeu par les irritants de signaux, que les voies centripètes *x*, *y*, *z*,... transmettent au centre *AC* (5). Quant à ces excitations, nous supposerons, qu'elles sont proportionnelles, dans les mêmes limites, aux énergies de l'irritation. Or, 1° une excitation *a* devra posséder une certaine énergie, jusqu'à ce que le signal correspondant *x* fasse entrer en excitation sympathique le centre *AC* et déchaîne une innervation centrifuge *la*, ou bien, pour parler le langage psychologique, jusqu'à ce que la sensation excite l'attention; cette grandeur minima de l'excitation centrale répond à la portion psychologique du seuil de l'irritation ; 2° conformément aux rapports psychologiques de l'aperception, que nous examinerons ultérieurement, on peut supposer, que chaque excitation centrifuge, mise en jeu en *AC*, dépend de l'énergie des irritants occasionnels et même de l'intensité des excitations accumulées en *AC*. Cette dernière hypothèse est ici suggérée par ce fait psychologique : l'activité de l'aperception est toujours étroitement limitée, de manière que, si l'attention est

1. *Vorlesungen über die Menschen-und Thierseele*, I. Leipzig 1863, p. 133 et suiv.
2. *Théorie générale de la sensibilité*, p. 28. Bruxelles, 1876.
3. *Die Unterscheidung. Analyse, Entstehung und Entwicklung derselben*. Zürich 1877, p. 3 et suiv.
4. *Die Entstehung der Gesichtswahrnehmung*. Göttingue 1876, p. 6, 19.
5. Les faits discutés p. 246 et suiv. justifient l'hypothèse des voies centripètes séparées. Pour le cas actuel, il suffirait d'imaginer, que les excitations provocatrices sont également transmises aux voies *al*, *bl*,....

considérable, seulement un très-petit nombre de représentations peuvent être simultanément perçues. Pour les centres sensoriels proprement dits, nous n'avons aucune raison de présumer une dépendance de ce genre; car, les rapports de leur excitation semblent égaler plutôt ceux des surfaces sensorielles périphériques, puisqu'aux diverses sensations correspondent des excitations des éléments centraux, isolées les unes des autres, qui n'exercent donc pas une influence réciproque immédiate. Au contraire, nous devons nécessairement supposer dans l'organe de l'aperception une union plus étroite des éléments, si nous voulons comprendre les phénomènes du « défilé » (Enge) de la conscience. C'est ce qui justifie ici l'hypothèse suivante : l'excitation centrifuge, mise en jeu, croît proportionnellement à l'énergie de l'irritant occasionnel, mais en même temps, elle est inversement proportionnelle à la grandeur d'excitation existant déjà dans l'organe de l'aperception. Si nous nommons R cette dernière grandeur, ΔR son accroissement effectué par un irritant de signal, l'accroissement ΔE de l'excitation centrifuge, provoqué par ΔR sera proportionnel à $\frac{\Delta R}{R}$. Or, ceci est une relation, qui (nous le verrons plus tard) peut être considérée, comme l'expression mathématique de la loi de Weber. Evidemment, ces remarques indiquent seulement, que les rapports psychologiques de l'aperception nous amènent à établir pour les bases fondamentales physiologiques les mêmes hypothèses, qui concordent avec la loi de Weber; tandis que ces sortes d'hypothèses, si on les rapporte généralement à la conduction nerveuse périphérique ou centrale, reposent absolument dans le vide (1).

4. — Expression mathématique de la loi de relation.

Nous avons trouvé, que l'importance de la loi de Weber consiste, en ce que cette loi représente une *loi générale de relation*. Afin de traduire cette loi en formule mathématique, nous prendrons essentiellement pour guide cette interprétation psychologique. Dans ce cas, nous laisserons de côté les déviations de cette loi, qui varient, selon les domaines sensoriels et ont très-probablement leurs origines dans les conditions physiologiques variables de l'excitation sensorielle. Mais nous regarderons, comme un phénomène basé également sur l'essence de l'aperception des sensations, le fait du seuil de l'irritation, quoique les

1. Quant à l'étude détaillée des processus d'aperception, dont nous avons nécessairement parlé à plusieurs reprises, consulter la quatrième section de cet ouvrage.

divers modes de conduction exercent simultanément de l'influence sur la grandeur du seuil, en tant qu'on peut déterminer cette grandeur seulement pour l'irritant extérieur, et non par rapport à l'excitation sensorielle centrale. Pour conserver à la loi son importance psychologique, nous pouvons considérer les excitations sensorielles centrales elles-mêmes, comme les excitations qui se produisent et, par conséquent, négliger complétement ces irritants, qui sont trop faibles, pour mettre en jeu une excitation sensorielle centrale. Voici donc l'importance psychophysique de ce terme « seuil de l'excitation » : il y a des irritants, qui engendrent l'excitation sensorielle centrale, par suite la sensation, mais non le processus plus central de l'aperception ; et le seuil de l'irritation correspond à cette grandeur de l'excitation et de la sensation, par laquelle la sensation peut être perçue. Pris dans cette signification, comme la limite inférieure de l'aperception, le seuil de l'irritation est, d'après les renseignements fournis par l'observation, une grandeur extrêmement variable ; il ne peut être maintenu approximativement constant, que par un état, autant que possible invariable, de l'attention. Si donc, nous portons les degrés de perceptibilité de la sensation sur une ligne d'abscisse, dont les ordonnées marquent les excitations sensorielles correspondantes, alors à une ordonnée a de grandeur déterminée, au seuil de l'irritation, répondra le point zéro de l'abscisse ; et toutes les valeurs de cette dernière, qui, au-delà de a, appartiennent, aux ordonnées croissantes, pourront être appelées positives, et négatives toutes les valeurs, qui, en deçà du seuil a, appartiennent aux ordonnées décroissantes. Ici, la grandeur négative ne désigne pas, évidemment, un phénomène, qui serait absolument en opposition contraire à la sensation positivement perceptible, comme la sensation de froid est opposée à la sensation de chaleur ; mais elle doit uniquement mesurer la distance, dont une sensation s'écarte de la limite de la perceptibilité. Comme on peut s'éloigner de cette limite d'après deux directions opposées, l'application des désignations positive et négative est ici aussi bien justifiée, que pour la description des directions opposées dans l'espace, qui doivent être mesurées à partir d'un point déterminé.

Quant aux valeurs de sensation positives, c'est-à-dire dépassant le point perceptible, la loi de Weber signifie, qu'avec elles la grandeur de la sensibilité différentielle *relative* reste constante, par rapport aux valeurs correspondantes de l'irritant. Si nous nommons donc ΔR l'accroissement ajouté à un irritant R, afin de produire une modification.

à peine perceptible ou également perceptible, de la sensation, et k cette modification, on a

$$k = C\,\frac{\Delta R}{R},$$

où C indique une grandeur constante et k est supposé également constant pour les valeurs de R les plus différentes. Afin de représenter géométriquement cette loi, portons les divers degrés de perceptibilité de la grandeur k sur une ligne d'abscisse, et sur cette ligne élevons des ordonnées perpendiculaires, dont les grandeurs soient proportionnelles aux énergies correspondantes de l'irritant. Alors, une sensation E, correspondant à l'irritant R, peut être considérée, comme composée d'un certain nombre n de ces degrés de perceptibilité de la grandeur $k = \frac{E}{n}$ (fig. 106). Si nous désignons par a l'ordonnée de l'irritant, correspondant au seuil de l'irritation ou à la valeur $E = 0$, et par b, c,

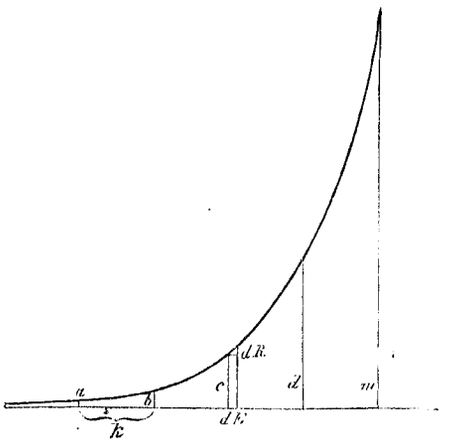


Fig. 106.

d,... les ordonnées suivantes, qui correspondent successivement aux valeurs d'abscisse k, $2k$, $3k$..., la loi de relation nous apprend, qu'aux accroissements égaux k répond toujours le même rapport des ordonnées, entre lesquelles est comprise chaque partie k. Par consé-

quent, $\frac{b}{a} = \frac{c}{b} = \frac{d}{c}$ .... est une proportion constante, et les ordonnées, qui se suivent, constituent la série ci-dessous :

$$a,\ b,\ \frac{b^2}{a},\ \frac{b^3}{a^2},\ \ldots\ \frac{b^n}{a^{n-1}},$$

où a est l'ordonnée pour la valeur d'abscisse 0, et $\frac{b^n}{a^{n-1}}$, la même ordonnée pour la valeur d'abscisse $nk = E$, à laquelle appartient l'ordonnée de l'irritant R. En introduisant dans la valeur $\frac{b^n}{a^{n-1}}$ de l'ordonnée R, au lieu de n, la valeur $\frac{E}{k}$, il résulte, comme relation générale entre l'abscisse et les ordonnées de la courbe, l'équation

$$R = a \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^{\frac{E}{k}}.$$

ou, si l'on pose le seuil de l'irritation $a = 1$,

$$R^k = b,$$

et, de là, la relation

$$E = k\,\frac{log.\ nat.\ R}{log.\ nat.\ b}.$$

Les grandeurs b et a étant constantes, on pose $\frac{k}{log.\ nat.\ b} = C$, où C est une constante, et on donne finalement à la loi la forme :

$$E = C\ log.\ nat.\ R,$$

que nous pouvons ainsi traduire en langage ordinaire : *la perceptibilité d'une sensation croît proportionnellement au logarithme de l'irritation.* Faisons remarquer ici que, pour simplifier, la grandeur du seuil de l'irritation a été prise comme unité de l'irritant; pour $R = 1$, E devient par conséquent $= 0$; en d'autres termes, la sensation atteint sa valeur limite entre le degré supérieur au point perceptible et le degré inférieur au point perceptible. Si R est plus petit que 1, E devient négatif, car, les logarithmes des fractions sont des valeurs négatives ; et la distance de la sensation d'avec cette limite correspondant au seuil de l'irritation

ou le degré de son imperceptibilité est mesuré par la grandeur de ces valeurs négatives, de la même manière que son degré, supérieur au point perceptible, est mesuré par les valeurs positives.

En se reportant à la relation $k = C\frac{\Delta R}{R}$ établie pour la loi de Weber, la formule donnée en dernier lieu peut encore être obtenue par un autre moyen. Si, par hypothèse, cette relation est valable pour des degrés de perceptibilité infiniment petits de sensation et des différences d'irritation infiniment petites, k se convertit en grandeur différentielle $d\,E$, et de même $\Delta\,R$ en $d\,R$; et l'on obtient ainsi l'équation différentielle

$$d\,E = C\frac{d\,R}{R},$$

que Fechner a appelée la *formule fondamentale psychophysique*. Celle-ci donne par une simple intégration l'équation :

$$E = C\ log.\ nat.\ R + A,$$

où la constante d'intégration A se détermine, parce que, pour la valeur du seuil a de l'irritation, E devient $= 0$; d'où suit

$$0 = C\ log.\ nat.\ a + A,$$
$$A = -\ C\ log.\ nat.\ a,$$

par conséquent, en introduisant cette valeur dans la première équation,

$$E = C\ (log.\ nat.\ R - log.\ nat.\ a),$$

ou, en posant, comme auparavant, $a = 1$,

$$E = C\ log.\ nat.\ R.$$

Fechner nomme cette équation la *formule de mensuration psychophysique*.

La ligne logarithmique (fig. 106) décrit la relation entre E et R, de façon que la courbe traduit l'accroissement de l'irritation, qui correspond à des accroissements égaux de E. Si nous prenons la voie inverse, en représentant par une courbe l'accroissement de E, qui répond à des accroissements égaux de R, on obtient la ligne dessinée dans la fig 107. Cette ligne s'élève au-dessus de la ligne d'abscisse, au point a, au seuil de l'irritation, et atteint son maximum au point m, à la hauteur de l'irritation. A gauche de a, la courbe descend au-dessous de la ligne d'abscisse, pour se rapprocher asymptotiquement de l'axe $y\,y'$ des ordonnées. Par conséquent, voici d'après cette courbe la relation entre l'irritation et l'aperception de la sensation. Quand la valeur de l'irritation est nulle ou zéro, la sensation se trouve à une profondeur infinie au-dessous du seuil de l'irritation. C'est pourquoi, lors de la grandeur croissante de l'irritation, les sensations prennent graduellement des valeurs finies, mais toujours encore

négatives, c'est-à-dire imperceptibles, pour devenir nulles, quand le seuil de l'irritation est a: elles sont alors au-dessus du seuil, se convertissent, si les irritations croissent davantage, en grandeurs positives ou perceptibles, jusqu'à ce que enfin une valeur limite m de l'irritation est atteinte, où d'autres accroissements finis de l'irritation ne peuvent plus effectuer une augmentation sensible de la sensation. D'après ce dessin graphique, les sensations, situées au-dessous du seuil de l'irritation, doivent être représentées comme des grandeurs *négatives*, croissant d'autant plus qu'elles s'éloignent davantage du seuil, jusqu'à ce que à l'irritation nulle ou zéro corresponde une sensation négative infiniment grande, en d'autres termes, une sensation qui est plus imperceptible, que tout autre. D'autre

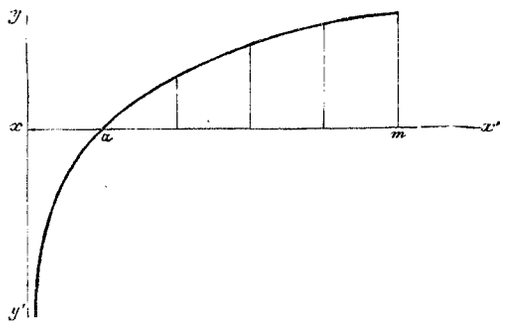


Fig. 107.

part, la sensation n'atteint pas des valeurs positives infiniment grandes; cela est dû, d'après cette supposition, non pas à la loi de son accroissement, mais tient essentiellement aux mêmes conditions physiologiques de la réceptivité à l'irritation, qui produisent les déviations supérieures. La sensation croît toujours plus lentement; mais serait-on en état d'augmenter d'une façon illimitée l'excitation nerveuse, la perceptibilité de la sensation croîtrait à l'infini. Le fait de la hauteur de l'irritation se trouve déjà indiqué dans la loi générale; puisque, dès une certaine limite m, à chaque augmentation finie de l'irritation correspond seulement encore un accroissement infiniment petit de la sensation.

Indépendamment des trois valeurs fondamentales, précédemment énumérées, de l'irritation, valeurs nulles, valeurs de seuil et valeurs de hauteur, il en existe encore une *quatrième*, qui est basée sur la forme de la loi de Weber et a, problablement, de l'importance pour certaines particularités de la sensation. Si nous considérons la forme la plus générale de notre loi, donnée dans la formule fondamentale, évidemment, cette forme ne signifie pas simplement que, pour toute l'étendue de la sensation, chaque modification infiniment petite de la sensation est proportionnelle au rapport $\frac{d\,R}{R}$, mais que, si la grandeur de l'irrita-

tion R ne change pas sensiblement, la modification $d\,E$ infiniment petite de la sensation restera proportionnelle à la modification $d\,R$ infiniment petite de l'irritation. En d'autres termes, tant que l'irritation est sensiblement constante, la relation fonctionnelle entre la modification de la sensation et la modification de l'irritation peut être regardée, comme une relation *linéaire* ; c'est ce que révèle le dessin graphique, puisque chaque segment, le plus petit, des courbes fig. 106 ou fig. 107 peut être considéré, comme une portion d'une ligne droite. On reconnaît aussitôt, que le changement de direction a, par rapport à la raideur de l'ascension, une vitesse très-différente en divers points. Cette partie, qui montre la vitesse *relative* la plus faible du changement de direction, se trouve, évidemment, dans les deux courbes, un peu à droite de a: ici, le segment, proportionnellement le plus grand, de la courbe, est regardé comme une ligne droite qui, supposée prolongée, coupe l'axe de l'abscisse à une distance, qui n'est pas trop considérable. Dans cette partie de la courbe, $d\,R$ atteindra donc relativement les plus grandes valeurs, sans que $d\,E$ cesse de croître proportionnellement. Fechner (1) appelle *valeur cardinale de l'irritation* la grandeur de l'irritation correspondant à ce point remarquable. La sensation croissant plus rapidement en a, et en m plus lentement que l'irritation, le point de la courbe, correspondant aux valeurs cardinales, doit se trouver à la limite entre ces deux segments du parcours : car, la limite entre l'accroissement plus lent et l'accroissement plus rapide est justement l'accroissement *proportionnel*. On trouve cette valeur cardinale, en déterminant par le calcul ce point de la courbe logarithmique, pour lequel le rapport $\frac{E}{R}$ est un maximum (2). Il suit de là, que la valeur cardinale de l'irritation $= e$, est égale au nombre fondamental des logarithmes naturels, si on pose la valeur de seuil de l'irritation $= 1$. Si donc l'irritation mesure 2, 7183... fois sa valeur de seuil, la sensation croît proportionnellement à l'énergie de l'irritation. Probablement, la valeur cardinale a une certaine importance, quand on utilise les sensations dans le but de connaître les impressions objectives, puisque la graduation des irritants extérieurs, dans ces limites, où la sensation reste approximativement proportionnelle à l'irritation, doit être perçue de la manière la plus précise.

Très-souvent, dans ces derniers temps, la loi fondamentale logarithmique exposée plus haut a été contestée; cependant, les propositions, qu'ont faites pour l'améliorer, ceux mêmes qui l'attaquaient, présentent les plus grandes divergences. Le malentendu — comme si la sensation, prise en elle-même, devait ou pouvait être fixée, établie, indépendamment de toute comparaison aperceptive — joue de nouveau ici un grand rôle. Pour éviter, autant que possible, de

1. *Elemente der Psychophysik*, II, p. 49.
2. D'après les règles connues du calcul différentiel, cette condition est remplie, quand le rapport différentiel correspondant $d\,\frac{E}{R}$ ou $d\,\frac{log.\,R}{R}$ est $= 0$.

tomber dans un pareil excès, nous avons déjà nommé expressément la relation entre R et E, une sorte de relation existant entre l'énergie de l'irritation et le *degré de perceptibilité* de la sensation. D'ailleurs, il serait convenable de conserver dans ce but l'expression plus brève de relation entre l'irritation et la sensation, si l'on entend seulement par-là, qu'il ne peut pas y avoir pour nous d'autre mesure psychique de la sensation, que celle de ses degrés de perceptibilité. Or, il y a *deux* points de vue, qui ont été principalement mis en relief, par opposition à la formule fondamentale et à la formule de mensuration. On conteste 1° l'admission théorique des grandeurs de sensation *négatives*, ou bien 2° en se reportant aux objections suscitées contre la loi de Weber, on essaie de trouver une formule, qui réponde mieux à l'expérience.

On objecte contre les sensations négatives, que leur introduction est en contradiction avec l'usage justifié des nombres positifs et négatifs, qui trouve seulement son application, toutes les fois que deux grandeurs égales, mais opposées, $+ a$ et $- a$, mises ensemble, donnent zéro. Ceci ne concerne nullement, dit-on, les sensations positives et les sensations négatives : une sensation, dépassant le point justement perceptible, n'est pas supprimée, mais est, au contraire, renforcée par l'addition d'une sensation imperceptible et située à égale distance du seuil de l'irritation (1). A cela il faut répliquer, que, si l'on se place au même point de vue, l'application du positif et du négatif devrait être contestée en géométrie : une étendue positive est pareillement augmentée par l'addition d'une étendue négative, également grande. Voici l'unique base fondamentale de cette application géométrique : l'étendue positive et l'étendue négative proviendraient, par la pensée, de mouvements de direction opposée. Or, dans le sens de cette application, on peut donc invoquer ici cette proposition, que $+ a$ et $- a$, ensemble, sont égaux à zéro ; en d'autres termes, les étendues ne se suppriment pas comme telles, mais bien les mouvements, qu'on imagine leur avoir donné naissance. D'une manière analogue, nous pourrions évidemment appliquer l'addition algébrique dans le domaine des sensations, seulement dans le même sens, où les désignations + et — ont été employées ; cette application ne convient pas aux sensations comme telles, encore moins aux irritations qui leur correspondent, mais à l'*éloignement du seuil de l'irritation, comme étant la limite du point justement perceptible et du point justement imperceptible*. Sans doute, deux sensations $+ a$ et $- a$, mises ensemble, ne sont pas plus égales à zéro, que deux lignes droites également grandes, de direction opposée. Mais une sensation $- a$ doit croître d'autant, qu'une sensation $+ a$ doit décroître, pour devenir nulle ; et chaque accroissement dans la direction du point justement perceptible peut être supprimé par un mouvement opposé, également grand dans la direction du point justement imperceptible. On ne doit pas pour cela

1. Delbœuf, *Etude psychophysique*, p. 17. — Langer, *Die Grundlagen der Psychophysik*, p. 49. — G. E. Müller, *Zur Grundlegung der Psychophysik*, p. 368. Voir aussi Fechner, *In Sachen der Psychophysik*, p. 88.

redouter les spectres métaphysiques, parce que la sensation correspondant à l'irritation nulle ou zéro est appelée négativement infinie. Les mathématiques ne connaissent pas d'infinité absolue; mais, dans un cas donné, est constamment infinie cette grandeur, par rapport à laquelle disparaît tout autre grandeur, prise en considération. En ce sens, est négativement infinie, dans la connexion présente, une sensation, qui est beaucoup plus éloignée de la limite de la perceptibilité, que toute sensation de grandeur mesurable. Remarquons d'ailleurs que, dans l'antiquité même, les applications de concepts de négatif et d'infini en mathématiques se sont trouvées en présence d'objections analogues.

On a tenté à diverses reprises d'établir des formules empiriques, qui avaient pour but d'arriver à une concordance plus étroite avec l'expérience. Partant de cette idée, que si les excitations sont faibles, des irritations subjectives se révèlent surtout dans l'organe visuel, et que, d'autre part, l'existence de la hauteur de l'irritation empêche une ascension de la sensation au-dessus d'une certaine valeur maxima, Helmholtz (1) a essayé de compléter de la manière suivante la formule fondamentale. En désignant par *Ro* l'excitation subjective, supposée constante, qui maintient l'organe sensoriel constamment au-dessus du seuil, on obtient, au lieu de la formule fondamentale, l'équation

$$dE = C \cdot \frac{dR}{R + Ro}.$$

Si, de plus, C n'est pas une constante, mais une fonction de R, qui possède alors la forme $C = \frac{a}{b + R}$, où b désigne un très-grand nombre, C sera approximativement invariable pour des valeurs modérées de R, et décroîtra rapidement pour des valeurs très-grandes de R. On obtient par conséquent

$$dR = \frac{adR}{(b + R)\ (Ro + R)},$$

et, de là

$$E = \frac{a}{b - Ro} \cdot log \cdot \left[\frac{Ro + R}{b + R}\right] + H.$$

D'après cette formule, la sensibilité différentielle relative diminuerait pour les valeurs très-faibles et pour les valeurs très-grandes de R; et, pour ces dernières, on se rapprocherait de la limite $E = H$. H désignerait donc le maximum de la sensation. Même pour le sens visuel, à l'occasion duquel Helmholtz a développé cette formule, celle-ci n'offre pas cependant un accord suffisant avec l'observation, puisque les déviations inférieures dépendent, évidemment, bien plus d'autres conditions, que de « la lumière propre de la rétine. »

1. *Physiologische Optik*, p. 312 et suiv

Prenant pour point de départ les phénomènes déduits de la loi de Weber (p. 379), à savoir que, lors des modifications de l'énergie absolue de la lumière, les différences de lumière et d'ombre, sur un dessin, apparaissent avec une égale netteté dans des limites assez larges, Plateau (1) crut pouvoir mieux expliquer ces sortes d'expériences. Il supposa, qu'aux proportions constantes des irritations correspondaient des *proportions* constantes (non des différences) de la sensation. Il remplaça donc la formule fondamentale par l'équation suivante :

$$\frac{dE}{E} = k\,\frac{dR}{R},$$

d'où résulte

$$E = C \cdot R^k,$$

C et k désignant des grandeurs constantes. Les expériences de Delbœuf, d'après la méthode des graduations moyennes, ont été faites primitivement dans le but de vérifier cette supposition. Elles ne l'ont pas confirmée ; elles servent plutôt à étayer, dans certaines limites, la validité de la loi logarithmique, même pour le sens visuel. Delbœuf lui-même a essayé de donner de cette dernière loi une formule différente, où il prend en considération, à part le processus extérieur de l'irritation, l'excitation sensorielle physiologique. Car il ramenait hypothétiquement l'existence des sensations contrastantes, par exemple du chaud et du froid, du clair et de l'obscur, au rapport du processus extérieur oscillatoire de l'irritation *Re* avec le processus d'excitation *Ri*, imaginé également oscillatoire (2). Selon la supposition de Delbœuf, ce rapport $\frac{Re}{Ri}$ est, lors de la première action de l'irritant, quand le mouvement extérieur de l'irritant prédomine, > 1 ; il est $= 1$, quand l'équilibre a été établi ; et < 1, lors de l'apparition de la fatigue. Au premier de ces cas répond une sensation positive (le blanc, par exemple) ; au troisième, une sensation négative (le noir) ; au second, la sensation nulle ou zéro. Par conséquent, Delbœuf pose la formule

$$E = C\,\frac{log.\ Re}{log.\ Ri}.$$

On pourrait faire à ce procédé de Delbœuf les objections suivantes. La relation légale entre l'excitation sensorielle et la sensation doit être d'abord déterminée pour le cas, où toutes les conditions, à l'exception de l'énergie de l'excitation, restent le plus possible constantes, et où il pourra s'agir alors d'avoir égard aux lois particulières de la fatigue. Quant à ces dernières, il semble dangereux d'établir pour elles des lois, qui sont basées, presque entière-

1 *Annalen* de Poggendorff, vol. 150, 1873, p. 465.
2 Delbœuf, *Théorie générale de la sensibilité*, p. 25.

ment, sur des réflexions théoriques. D'autant plus que celles-ci impliquent des suppositions, qui sont en partie douteuses, comme l'hypothèse des processus oscillatoires d'excitation et de leur égalisation avec les irritants extérieurs, et qui, d'autre part, trouvent leur appui seulement dans ces faits très-restreints, valables pour quelques domaines sensoriels, tels que l'hypothèse des sensations positives et des sensations négatives.

Abstraction faite d'autres corrections, Langer (1) et G. E. Müller (2) ont enfin proposé de transformer la formule fondamentale, de manière qu'elle corresponde à la loi de Weber pour toutes les sensations perceptibles, mais que les sensations négatives disparaissent ; par conséquent, si nous prenons de nouveau le seuil de l'irritation comme unité, pour $R = 1$ et $R < 1$, E devient $= 0$. Cette condition peut suffire naturellement, mais la formule obtenue (3) est si compliquée, que toujours son application serait extrêmement difficile, serait-on même autorisé à regarder comme contradictoires les indices négatifs.

Finalement, quelques essais d'*interprétation de la loi de Weber et de la formule fondamentale*, qui sont en opposition avec l'explication psychologique, donnée plus haut de cette loi et de cette formule ou s'en écartent, doivent être encore mentionnés. Se basant sur une interprétation physiologique de la loi, Bernstein a développé, sur la conduction de l'excitation dans les centres nerveux, des suppositions toutes particulières, dont il a dérivé la formule fondamentale. Cet auteur, auquel Ward se rattache, présume, que l'augmentation plus lente de la sensation, quand l'irritation s'accroît, est occasionnée par une résistance, qui s'oppose à la propagation de l'excitation ; car, il invoque pour cela les phénomènes d'arrêt, qui émanent de la substance centrale (4). Voici ses suppositions, pour expliquer la fonction logarithmique : 1° l'arrêt dans la substance centrale est proportionnel à la grandeur de l'irritation ; 2° le nombre des cellules ganglionnaires, atteintes par l'excitation, augmente aussi proportionnellement à l'énergie de l'irritation ; et 3° l'intensité d'une sensation dépend de la quantité des cellules ganglionnaires excitées. Ces suppositions sont absolument arbitraires, et la troisième, surtout, n'a qu'une très-mince probabilité. D'ailleurs, l'interprétation psychologique ne conduit nullement, comme le croit Bernstein (5), « à la conclusion absurde, que nous avons un sens inné pour les logarithmes naturels. » Cette assertion de Bernstein tient, plutôt, à ce qu'il méconnaît totalement l'importance des formules mathématiques. Presque avec le même droit, on pourrait faire valoir contre l'explication de Bernstein, qu'elle repose sur la supposition, que nous possédons dans notre cerveau une connaissance innée du nombre des cellules ganglionnaires.

1. *Die Grundlagen der Psychophysik*, p. 60.
2. *Zur Grundlegung der Psychophysik*, p. 373.
3. Müller, *loc. cit.* p. 374.
4. *Archiv* de Reichert et de Du Bois-Reymond 1868, p. 388 — *Untersuchungen über den Erregungsvorgang*, p. 178. — Ward, in *Mind*, octobre 1876, p. 460.
5. *Archiv* de Reichert et de Du Bois-Reymond, *loc. cit.* p. 392

S'appuyant sur le principe de la finalité, J.-J. Müller (1) a essayé de tirer de la loi de mensuration une déduction, qui se concilie d'ailleurs avec chacune des trois conceptions générales de cette loi. Voici ce que signifie cette loi : 1° la différence de sensation reste la même, quand le rapport de l'irritation est maintenu constant ; 2° la sensation commence avec une certaine valeur finie de l'irritation, avec la valeur de seuil ; c'est pourquoi, la grandeur de la valeur de seuil est, évidemment, codéterminée par l'excitabilité des organes nerveux. Si, par hypothèse, la sensation se modifie, parce que l'irritation est simplement variée, tandis que l'excitabilité, par conséquent la valeur de seuil S de l'irritation, reste la même : alors, les sensations E et E', engendrées par deux irritants R et R', sont exprimées par les formules $E = k \cdot log. \frac{R}{S}$ et $E' = k \cdot log. \frac{R'}{S}$. La différence de sensation est donc

$$E - E' = k \cdot log. \frac{R}{S} - k \cdot log. \frac{R'}{S} = k \cdot log. \frac{R}{R'}.$$

En d'autres termes, la différence de deux sensations dépend simplement du rapport des irritations, et non de l'irritabilité des organes nerveux ; car, la valeur de seuil, qui est en raison inverse de celle-ci, disparaît dans la formule. Si, au contraire, la différence de sensation est occasionnée par l'irritabilité modifiée, donc par la modification de la valeur de seuil, on a alors

$$E - E' = k \cdot log. \frac{R}{S} - k \cdot log. \frac{R}{S'} = k \cdot log. \frac{S'}{S}.$$

Maintenant, la différence de sensation dépend par conséquent purement de l'irritabilité modifiée, et non de la grandeur de l'irritant occasionnel (2). Cela indique, 1° que notre appréciation des grandeurs de l'irritation, au moyen des sensations, n'est pas influencée par l'état d'excitabilité, et 2° que même l'estimation de l'excitabilité, d'après l'énergie de la sensation, ne tient nullement à la grandeur des irritations. Puisque, au point de vue pratique, on peut considérer les sensations comme des signes, au moyen desquels nous connaissons soit l'énergie des irritants appliqués, soit l'état de nos organes sentants, cette indépendance peut être regardée, comme un avantage pratique de la relation, exprimée par la formule de mensuration. Faisons cependant une remarque. Cette utilité pratique a seulement de l'importance, tant que d'autres occasions nous sont données, qui nous permettent de rapporter, dans un cas, une énergie variable des sensations uniquement à une énergie différente des irritants, ou si, dans un autre cas, nous supposons, que les irritants sont restés invariables

1. *Berichte der sächs. Ges. d. Wiss. Math. — phys. cl.* 1870, p. 328.
2. J. J. Müller a essayé (*loc. cit.* p. 330 et suiv.) de donner une autre déduction moins élémentaire.

et que, par conséquent, la modification de la sensation peut provenir simplement des oscillations de l'irritabilité. Puisque, dans l'appréciation de nos sensations, nous prenons effectivement, très-souvent pour point de départ, ces sortes de suppositions, et que fréquemment nous y sommes autorisés par des raisons déterminées, les objections de G. E. Müller (1) contre cette considération pourraient bien ne pas être très-solides. D'autre part, il faut l'avouer, les arguments téléologiques n'ont pas généralement une valeur décisive; et ils sont très-élastiques de leur nature, comme le prouve cette circonstance, que Hering, se basant sur des raisons analogues à ces causes finales, a réclamé une simple proportionnalité entre l'irritation et la sensation.

1. *Loc. cit.* p. 410.

CHAPITRE IX

QUALITÉ DE LA SENSATION

1. — Sensations du sens général de la sensibilité.

L'analyse des sensations du sens général de la sensibilité se trouve principalement en présence de deux difficultés. La première difficulté consiste dans la composition qualitative indéterminée de nombreuses sensations générales, qui constituent un élément essentiel de ce sens répandu sur de si vastes surfaces du corps. Les sensations organiques accusent surtout ce caractère indéterminé; cela tient spécialement à ce que ces sensations sont trop faibles, dans les conditions normales, et, trop énergiques, à l'état anormal. Or, toutes les sensations se distinguent très-nettement, si leur intensité est modérée, et, très-imparfaitement, dans le voisinage du seuil de l'irritation et de la hauteur de l'irritation. La raison de la deuxième difficulté, c'est que la plupart des sensations du sens de la sensibilité sont, probablement, d'une nature complexe, et qu'il nous est impossible de les décomposer en leurs éléments. Cet obstacle se révèle particulièrement dans les sensations générales ; et ici, il provient de ce que les irritants *internes* engendrent régulièrement ces sensations. Ces sortes d'irritants internes, se dérobant à notre observation directe, se soustraient à toute variation arbitraire de notre part; il est donc très-souvent impossible d'affirmer, si une sensation donnée est issue de plusieurs processus d'irritation, indépendants les uns des autres. Toutes ces circonstances nous expliquent, comment le *sens tactile,* cette région de la sensibilité, qui sert à la réception des irritants sensoriels extérieurs et qui s'est développée sous cette influence, antérieurement aux autres sensations organiques, doit être le plus accessible à une analyse psychologique.

Nous distinguons deux classes de sensations tactiles : les *sensations de pression* et les *sensations de température*. A la vérité, l'organe tac-

tile produit, sous l'influence des irritants extérieurs, encore d'autres sensations, celles de chatouillement et de douleur, par exemple. Mais, comme nous le verrons ultérieurement, ces sensations se propagent constamment, par suite de l'excitation sympathique d'autres nerfs sensibles, au domaine du sens tactile; aussi, il sera plus convenable de les ranger dans un groupe spécial de sensations générales complexes, où viennent prendre place, indépendamment d'autres excitations appartenant au domaine de la sensibilité, même les sensations de tact. Parfois, on a distingué, à part les sensations de pression et de température, une sensation de contact, et on a voulu voir dans cette dernière la fonction spécifique de l'organe tactile (1). Mais, il n'existe pas de raison suffisante, pour la séparer des sensations de pression.

Les sensations de pression, que produisent les diverses parties du tégument cutané, sont analogues entre elles par leur composition qualitative, mais ne se ressemblent nullement d'une façon complète. En laissant agir, par exemple sur les faces dorsale et palmaire de la main, deux irritants de pression parfaitement semblables objectivement, nous remarquons nettement (abstraction faite de la relation des impressions avec différents points de la peau) une différence qualitative. Mais, nous sommes, sans doute, tellement habitués à unir cette dernière à la distinction locale, qu'une attention particulière est indispensable pour en avoir conscience. Cette *nuance locale de la sensation de pression* varie, ce semble, continuellement d'un point à un autre ; car, dans les parties spécialement exercées au toucher, les doigts ou les lèvres, elle se modifie très-rapidement, et, dans les parties moins exerçées, les cuisses ou le dos, elle reste approximativement constante sur de grandes étendues. Cependant, les départements cutanés symétriques des deux moitiés du corps (à condition, qu'il n'existe pas sur l'un de leurs côtés des cicatrices, des verrues ou autres excroissances) ne présentent aucune différence dans la qualité de la sensation de pression.

Si des corps hétérogènes sont appliqués, comme irritants de pression, sur une même région cutanée, douée d'une constitution sensitive constante, on remarque, alors même que les contours, le volume, le poids, la température des corps compresseurs se ressemblent le plus, des

1. Meissner, *Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Haut.* Leipzig 1853, et *Zeitschr. f. rat. Medic.*, nouvelle série, vol. IV, p. 260. — Ch. Richet, *Recherches expérimentales et cliniques sur la sensibilité.* Paris 1877, p. 205, 216.

sensations qualitativement différentes, selon la composition de la surface de ces agents. Nous distinguons ainsi des impressions lisses et rudes, aiguës et obtuses, dures et molles; c'est pourquoi, toutes les espèces de transition possible peuvent avoir lieu entre les oppositions désignées par ces termes. La pression de corps liquides ne provoque pas moins une sensation tactile particulière ; et celle-ci varie en quelque sorte, selon la composition du liquide, et, surtout, selon que la peau est humectée ou non par ce dernier. La sensation, engendrée par la résistance de l'air en mouvement, est également caractéristique ; et, d'une manière bien différente, se comportent ici l'effet d'un coup de vent, l'ébranlement dû à des vibrations sonores énergiques et la légère sensation de pression, que nous ressentons en marchant dans l'obscurité, et qui provient de la réflexion de l'air contre les objets fixes, dont nous nous approchons. Les sensations de pression de ce dernier genre sont capables de révéler à l'individu aveugle les obstacles, qui sont placés sur sa route. Il est enfin une sensation essentiellement différente de toutes les espèces d'effets positifs de pression ; elle prend naissance, si l'on expose à une pression négative une partie cutanée, c'est-à-dire si on la met en contact avec un espace, où l'air est raréfié. D'ailleurs, dans tous les cas, une sensation n'apparaît, que si l'irritant de pression est limité à un point déterminé. C'est pourquoi, nous ne sentons pas la pression de l'atmosphère, qui agit uniformément sur toute la surface de notre corps ; bien plus, une pression, à laquelle est soumis un seul de nos membres, nous la sentons spécialement au point, où la partie comprimée et la partie non comprimée sont limitrophes. Pour cette expérience, on a recours à la pression des liquides. Si l'on plonge, par exemple, un doigt ou la main dans un vase à mercure, ayant une température égale à celle de la chaleur cutanée, la sensation de pression particulièrement énergique, existant au point d'affleurement, est déterminée, dans une certaine mesure, par la tension élastique des liquides à leur surface, tension qui est assez considérable pour les métaux fluides (1). Quant à l'huile ou à l'eau, aux liquides d'une moindre pesanteur, il arrive facilement, que partout, excepté au niveau d'affleurement, la sensation de pression devient imperceptible. Au contraire, en plongeant la main dans le mercure, la sensation plus énergique est très-nette au point d'affleurement : elle se distingue de la sensation plus

1. Consulter C. Marangoni, in *Wiedemann's Beiblättern zu den Annalen der Physik* III, 1879, p. 842

faible, qui se manifeste au-dessous de ce niveau, et augmente au fur et à mesure, que la main s'enfonce davantage (1).

Les sensations de pression, précédemment signalées, de l'aigu et du mousse, du dur et du mou, etc., comme des formes multiples de résistance des liquides et des gaz, sont-elles réellement des sensations qualitativement différentes ? et ne s'agit-il pas plutôt ici d'une même sensation de pression, qui serait extrêmement variable, quant à son énergie, à sa répartition dans l'espace, à sa durée dans le temps ? On peut être dans le doute à cet égard. En effet, il est incontestable que, par exemple la différence entre une surface lisse et une surface rugueuse consiste dans l'extension de l'impression, qui est continue dans un cas et discontinue dans l'autre ; de même, la différence entre le dur et le mou tient à la durée différente, que présente la sensation de pression. Toutefois, il n'est pas moins certain, que ces impressions différentes sont directement perçues par nous comme qualitativement particulières, et d'une manière analogue à deux sensations, diverses de ton ou de saveur. Or, voici la seule différence essentielle qui sépare ces deux cas : nous attribuons sur-le-champ aux sensations tactiles une relation avec la composition objective des impressions dans l'espace et dans le temps, relation qui fait totalement défaut aux autres sensations sensorielles ou s'établit chez elles beaucoup plus tard. Non seulement, la pensée imagine un état de conscience, qui permettrait de percevoir les impressions tactiles, comme des sensations qualitativement différentes, mais cet état de conscience existe très-probablement. L'enfant nouveau-né ne distinguera un coussin d'une pierre, que sous la forme de sensations intensivement et qualitativement différentes. Le sens tactile offre une particularité des plus caractéristiques : chez lui, les différences qualitatives de la sensation de pression se combinent avec les représentations ou idées, acquises antérieurement, sur l'ordre des impressions dans le temps et dans l'espace. Cette particularité tient naturellement à la composition relativement grossière des impressions tactiles. En même temps, que celle-ci permet de rapporter directement les sensations à l'ordre représenté des impressions, les qualités de la sensation de pression nous renseignent immédiatement sur les propriétés physiques générales des corps. Ce fait nous entraîne alors à croire

1. Mes observations infirment cette assertion de Meissner (*Zeitschr. f. rat. Med.* 3e série, VII, p. 92), que toujours la sensation de pression apparaît uniquement au point d'affleurement.

faussement, que ces qualités elles-mêmes sont identiques à ces propriétés : erreur qui, à cette occasion, a pris des racines plus profondes dans notre conscience, qu'à propos de toutes les autres sensations sensorielles (1).

Les *sensations de température* se combinent avec les sensations de pression, dès que la température des corps, mis au contact de l'organe tactile, se trouve au-dessus ou au-dessous du point zéro physiologique, qui s'est établi par l'adaptation de l'individu à une certaine température (voir p. 389). Nous distinguons seulement *deux* qualités dans la sensation de température : la *sensation de chaleur* et *la sensation de froid*. Chacune de ces qualités n'est susceptible, que de modifications intensives ; mais, les sensations de chaleur peuvent parcourir un plus grand nombre de nuances, de degrés, que celles de froid, probablement parce que l'action du froid émousse rapidement l'excitabilité. Les sensations intensives de température se combinent en même temps avec les sensations de douleur ; et ces dernières, si l'effet de la température atteint une certaine limite, annihilent complètement les sensations de température proprement dite. Des sensations de chaleur, très-faibles, sont parfois confondues avec des sensations de pression minima (2). Comme des phénomènes analogues se présentent à propos de toutes les excitations, qui sont situées près du seuil, on ne doit pas conclure de là à une espèce d'affinité ou parenté qualitative des sensations. Sans doute, la confusion résulte de la perception des sensations ; et elle est ici possible, puisque nous rapportons au même organe sensoriel les sensations de pression et de température. Avant de pouvoir distinguer avec précision, quel est le *mode* d'excitation de notre tégument cutané, nous nous formons déjà l'idée, *que quelque part* une excitation se produit.

Outre les sensations de pression et de température, on range dans le domaine du sens tactile (en donnant à cette expression une large signification) même ces sensations, qui s'unissent avec les mouvements de nos muscles volontaires. En général, lors de l'activité de l'organe

1. Sous ce dernier rapport, il faut noter, que Locke assigne aux sensations de pression une place exceptionnelle, parmi toutes les sensations appartenant seulement a *un* sens ; car il les attribue aux *qualités primaires*, selon son expression, en d'autres termes, aux sensations d'une importance objectivement réelle. (Locke, *Essays on human understanding*, vol. II, chap. VIII.)

2. Fick et Wunderli, in *Moleschott's Untersuchungen*, VII. p. 393.

tactile, ces *sensations de mouvement* agissent de concert avec les sensations de pression et contribuent essentiellement de cette manière aux idées ou représentations, que nous nous faisons de la composition physique des corps. Comme les sensations de pression, elles offrent certaines variétés de qualité, dont quelques-unes cependant, par suite de leur caractère indéterminé et de leur ton de sensibilité fortement accentué, ressemblent aux sensations générales. Parmi ces sensations de mouvement qualitativement différentes, les plus nettement développées se rapportent à *l'étendue et à l'énergie du mouvement ;* ce sont celles qui, se combinant avec les sensations de pression de la peau, servent de base fondamentale à nos représentations de mouvement. Le travail d'un muscle est, personne ne l'ignore, mesuré par le produit obtenu, en multipliant le poids soulevé p par la hauteur d'élévation h. Notre sensation de mouvement ne croît pas en intensité d'une façon simplement proportionnelle à ce produit ($p \times h$), mais nous distinguons nettement les deux facteurs de ce produit : au poids p correspond la *sensation de force*, et, à la hauteur d'élévation h, la *sensation de contraction*. Toutes deux sont variables indépendamment l'une de l'autre. Quand le poids reste constant, la sensation de contraction peut varier, selon l'étendue de la contraction musculaire ; et même, nous pouvons produire une modification isolée de la sensation de force, si, l'état de contraction restant égal, nous faisons varier le poids qui pèse sur une partie du corps. Quant à ces deux espèces de sensation, celle de force semble de nouveau offrir les rapports les plus simples ; car, elle est plus uniforme dans sa qualité et, par conséquent, susceptible d'une graduation intensive très-délicate. Au contraire, la sensation de contraction se composerait constamment d'une pluralité de sensations qualitativement différentes, dont les unes se combinent simultanément et les autres se succèdent à des intervalles de temps déterminé. Ainsi, lors du mouvement d'un membre, du bras par exemple, nous remarquons clairement, que les points, où la sensation est la plus nette, varient dans le trajet de la contraction. Au début de celle-ci, le mouvement est senti, spécialement dans l'articulation de la main ; et, la contraction progressant, le lieu de la sensation la plus intensive se déplace graduellement vers l'articulation du coude et de l'épaule. Mais, on observe que, sur d'autres points encore nombreux, se produisent des sensations croissantes ou décroissantes. Puisque, dans ce cas, chaque sensation locale présente de faibles différences qualitatives, l'ensemble de la sensation de contraction se compose évidemment d'une pluralité

très-complexe de sensations élémentaires, dont chacune éprouve, quant à son intensité, des modifications d'une certaine durée. Lorsque les éléments constituants, relativement plus simples, mais toujours encore très-complexes, d'où résulte une sensation de contraction correspondant au passage d'un point de la position *A* à une position *N*, les diverses sensations de position *B*, *A*, *C*... persistent ainsi, avec chacune d'elles s'unit, quand cette sensation est maintenue, une certaine représentation ou idée sur la situation, que la partie du corps en question occupe dans l'espace. L'analyse de toutes ces sensations est extrêmement difficile, parce que nous avons l'habitude de les rapporter à leurs effets composés, aux états de mouvement des parties de notre corps. Comme chaque sensation élémentaire, faisant partie d'une complexité donnée, n'a pour nous de la valeur, qu'autant qu'elle participe à la formation de la représentation de mouvement, nous avons perdu la faculté de la concevoir, indépendamment de cette utilisation; et, nous pouvons tout au plus, d'après le parcours de ces sensations, qui s'ordonnent en série lors d'un mouvement quelconque, conclure à postériori à ces sensations élémentaires, d'où résulte la sensation totale de contraction. Une autre difficulté provient ici de l'union étroite, qu'opèrent entre elles la sensation de force et la sensation de contraction. Nous pouvons maintenir l'une d'elles constante jusqu'à un certain degré, tandis que l'autre est modifiée; cependant, il nous est impossible de les observer toutes deux d'une manière complètement isolée, car, à chaque sensation de contraction ou de position est liée une sensation de force, et réciproquement. Sans doute, cette union est en même temps l'occasion d'une confusion très-souvent remarquable de toutes deux, quand on les utilise, pour se faire des représentations. En soulevant un poids extrêmement considérable, nous sommes enclins à juger exagérée la hauteur d'élévation. Ces sortes d'illusions sont plus accusées dans les états parétiques, où, lors du mouvement d'un membre à demi-paralysé, on a non seulement la sensation d'une pesanteur extraordinaire de ce membre, par conséquent une sensation de force augmentée, mais aussi très-souvent l'étendue des mouvements est plus ou moins notablement estimée exagérée.

La *sensation de fatigue* des muscles se comporte d'une manière essentiellement différente de ces sensations de l'énergie et de l'étendue des mouvements, qui constituent les représentations du mouvement. Elle offre les nuances les plus diverses et peut finalement atteindre au degré de la douleur musculaire. Quand elles proviennent d'autres ori-

gines, de blessures, d'inflammations rhumatismales par exemple, les douleurs musculaires ont de l'affinité avec la douleur de la fatigue. Toutes ces sensations appartiennent, par suite de leur rôle purement subjectif, aux sensations générales ; et l'une d'elles, la sensation de fatigue, a de nouveau une importance particulière, car l'intensité, avec laquelle elle se manifeste, par rapport à ses causes externes, influence en première ligne la sensibilité générale du corps de l'individu. Le sentiment de faiblesse des malades et des gens débilités par l'âge est, probablement en grande partie, le sentiment de la fatigue musculaire.

En présence des sensations si diversifiées, qui sont liées au mouvement, soit en l'accompagnant, soit comme étant ses effets consécutifs et permanents, on est insensiblement conduit à admettre, que ces sensations, résumées, à cause de leur étroite dépendance vis-à-vis des organes moteurs, par ce terme général de sensations de mouvement, peuvent avoir des origines très-différentes. Néanmoins, les physiologistes — dans le but d'arriver à la simplicité des explications (quoiqu'ils aient échoué dans ce cas) — ont souvent essayé de faire dériver, autant que possible, toutes les sensations de mouvement d'*une seule* source. Dans cette intention, ils ont cherché 1° à les ramener aux *sensations de pression de la peau.* 2° Ils ont voulu y voir des *sensations musculaires spécifiques*, qui, dépendant des appareils sensibles et des nerfs situés à l'intérieur des muscles, seraient considérées en quelque sorte comme les sensations d'un sixième sens, du sens musculaire. 3° Enfin, selon une autre supposition, ce sont des *sensations d'innervation* : elles dépendent uniquement de l'innervation centrale des organes moteurs, et leur origine serait donc plutôt centrale, que périphérique. On voit aisément, que chacune de ces trois hypothèses « sur le sens musculaire » est insuffisante, car aucune n'est capable d'expliquer la totalité des phénomènes, que nous rencontrons dans le domaine des sensations de mouvement. En outre, chacune de ces hypothèses contient, évidemment, une *partie* de la vérité ; et, par conséquent, les sensations de mouvement, comme nous l'avons montré précédemment, sont pour nous des produits fusionnés complexes, provenant de sensations d'origine différente.

Les sensations de pression de la peau sont un élément essentiel des sensations de mouvement ; ceci est prouvé par les troubles moteurs consécutifs à la suppression ou à la diminution de la sensibilité cutanée. Le tableau symptomatique de l'*ataxie* est spécialement fourni par les perturbations de la sensibilité cutanée, la faculté motrice étant conser-

vée : les animaux, dont les racines postérieures des nerfs de la moelle épinière ont été sectionnées (1), les grenouilles, dépouillées de la peau de leurs jambes (2) et l'homme, qui est affecté de troubles pathologiques de la sensibilité (3), nous présentent ce symptôme. Par suite de l'anesthésie cutanée, cette ataxie se borne régulièrement à une certaine incertitude dans l'exécution des mouvements ; mais, la coordination convenable de ces derniers, ou seulement l'adaptation parfaite à un but voulu ne sont pas ici totalement supprimées. C'est pourquoi, on conclut seulement d'après ces phénomènes, qu'une certaine part aux sensations de mouvement est dévolue à la sensibilité cutanée. D'autres éléments participent-ils, et dans quelle étendue, à ces sensations de mouvement ? nous ne pouvons l'affirmer. En effet, ces phénomènes ont été précisément utilisés dans un sens opposé. Tandis que Schiff mettait à profit ces phénomènes, pour dériver des sensations de pression toutes les représentations de mouvement, W. Arnold (4), Cl. Bernard, etc, ont été conduits, d'après les mouvements relativement bien ordonnés des grenouilles dépouillées de leur peau, à admettre l'existence d'un sens musculaire spécial. Aucune de ces assertions n'est péremptoire. Car, dans le premier cas, il n'est pas positivement démontré, que l'influence des sensations cutanées soit réellement la seule, et, dans le deuxième cas, on peut, suivant la juste remarque de Ferrier (5), faire l'objection suivante: les mouvements convenablement coordonnés ne sont pas dûs aux sensations, mais ils sont produits par la simple mise en jeu des mécanismes réflexes de la moëlle épinière, de la même manière que les animaux, privés de leur cerveau, nous présentent des mouvements bilatéraux parfaitement coordonnés.

Mais, une preuve décisive, en faveur d'autres origines de la sensation de mouvement, nous est offerte par les observations, pratiquées sur la conduite de cette dernière sensation chez l'homme. C'est ce qu'indique déjà le fait suivant établi par E. H. Weber: la simple sensation de pression nous permet de distinguer deux poids avec moins de finesse, que si l'on a recours au mouvement d'élévation (6). Les faits d'anesthésie cutanée, recueillis par Leyden et Bernhardt, sont absolument démonstratifs

1. Schiff, *Physiologie*, p. 113.
2. Cl. Bernard, *Leçons sur la physiol. du système nerveux*. Paris 1858, p. 254.
3. Leyden, in *Archiv* de Virchow, vol. XLVII, p. 336 et suiv.
4. *Ueber die Verrichtungen der Wurzeln der Rückenmarksnerven*. Heidelberg 1841 p. 107 et suiv.
5. *Les fonctions du cerveau*, p. 244
6. Voir chap. VIII, p. 386.

à cet égard. D'après ces auteurs, si le trouble de sensibilité est borné à la peau, la sensibilité pour l'élévation des poids peut persister et avoir sa grandeur normale (1). Ce résultat comporte deux interprétations : la source de cette sensation de mouvement, indépendante de la peau, peut résider dans une sensibilité particulière aux muscles, ou dans une sensation d'origine centrale, accompagnant l'innervation volontaire des muscles. Leyden et Bernhardt ont été conduits à donner cette dernière interprétation à leurs observations, parce que, dans ces sortes de cas, où les muscles s'étaient atrophiés et avaient perdu leur irritabilité électrique, les sensations, concernant la position et le mouvement des membres, étaient conservées à un certain degré (2). Bernhardt est arrivé au même résultat dans ses expériences sur des sujets sains, où il comparait la sensibilité différentielle pour l'élévation des poids, soit en faisant contracter volontairement les muscles, soit en leur appliquant l'électricité. Dans le premier cas, la distinction était très-souvent un peu plus délicate, que dans le second ; cependant, elle dépassait encore ici la sensibilité de pression de la peau (3). Or, ces faits ne contiennent aucune preuve décisive, qui permette d'admettre pour les sensations de mouvement une origine, qui serait étrangère aux organes moteurs. Bien plus, comme lors de l'irritation des muscles avec l'électricité ou des mouvements passifs de ces derniers, l'individu distinguerait parfois la position des membres plus précisément, qu'à l'aide du simple sens de pression, ceci témoignerait justement en faveur de la participation essentielle des sensations des muscles périphériques (4). Ces réflexions ont trouvé un certain appui dans les observations et expériences de C. Sachs. D'après celles-ci, il est incontestable, que des filets sensibles, provenant des racines postérieures des nerfs de la moëlle épinière, se propagent dans les muscles, résultat déjà indiqué d'ailleurs par les sensations de fatigue, qui ont très-certainement pour origine les états internes des muscles. Sachs a constaté, que chez les grenouilles, empoisonnées par la strychnine, l'irritation provoquée des muscles engendre des convulsions réflexes ; et même, après avoir sectionné les racines postérieures, il a démontré dans les muscles la présence de filets nerveux dégénérés (5). Il est bien possible, qu'au

1. Leyden, *loc. cit.* — Bernhardt, *Archiv f. Psychiatrie*, III, p. 618.
2. Leyden, *loc. cit.* p. 330. — Bernhardt, *loc. cit.* p. 632.
3. Bernhardt, *loc. cit.* p. 629.
4. Funke, in *Handb. der Physiol.* de Hermann, III. 2. p. 368.
5. C. Sachs, *Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1874. p. 175. 491 et 645.

lieu de se terminer dans les faisceaux musculaires proprement dits, les filets se perdent totalement dans la substance conjonctive du muscle. Mais, cette circonstance est sans valeur pour la question du sens musculaire, puisque, même dans le second cas, des excitations peuvent être effectuées par la contraction musculaire. On pourrait également attribuer aux corpuscules de Vater, découverts par Rauber dans le voisinage des articulations, une relation du même genre avec le sens musculaire ; car, une excitation de ces appareils tactiles est incapable de se produire, lors de l'application des irritants ordinaires de pression, mais se manifeste toujours, si les muscles exécutent des mouvements actifs ou passifs (1).

L'existence, sûrement démontrée, des sensations musculaires mises en jeu à la périphérie, a contribué à conférer, par opposition à d'autres théories, une certaine prépondérance à l'hypothèse d'un sens musculaire spécifique ; c'est pourquoi, on a encore accordé, à part les sensations musculaires proprement dites, tout au plus une sorte de rôle secondaire aux sensations tactiles de la peau (2). Cependant, cette hypothèse ne nous donne aucune explication satisfaisante au sujet d'un point important. Voici quel est ce point. Nos sensations de mouvement ne dépendent pas simplement de l'état de contraction de nos muscles, mais essentiellement de l'énergie de l'innervation centrale, que les nerfs moteurs font affluer aux muscles. Ainsi, tant que la faculté normale de contraction est conservée, le travail réel des muscles correspond absolument à cette énergie centrale, que nous sentons comme impulsion de la volonté ; et nous ignorons, par conséquent, quelle part de la sensation totale de mouvement nous devons rapporter à un processus d'irritation, produit dans le muscle même, et quelle part revient à la sensation d'innervation. Il en est autrement dans les états de paralysie complète ou partielle des divers muscles. Le paralytique, qui cherche à soulever sa jambe absolument inerte, a une sensation très-nette de l'effort, de la force qu'il déploie. Il lui manque assurément tous ces éléments de la sensation de mouvement, qui ont pour origine la contraction des muscles, les déplacements et la pression des parties cutanées, et il acquiert ainsi l'idée, que son effort est vain ; cependant, ce

1. Rauber, *Vater'sche Körper der Bänder-und Periostnerven und ihre Beziehung zum sogen. Muskelsinn.* Munich 1865.

2. Consulter Th. Ribot, *Revue philosophique*. Octobre 1879, p. 375. — Ferrier, *Fonctions du cerveau*, p. 248. — Funke, in *Handb. d. Physiol.* de Hermann, III, p. 363.

n'est pas un motif pour nier, qu'il a une sensation de cet effort. Or, toutes les fois que le mouvement n'est pas entièrement aboli, le défaut de rapport entre la sensation de force et le mouvement réellement exécuté engendre des illusions particulières, qui correspondent complètement à certaines illusions normales déjà citées ; seulement, elles sont très-souvent beaucoup plus accentuées et peuvent être graduellement compensées par l'exercice. Le parétique s'abuse sur la grandeur de ses pas, ou la direction, dans laquelle il meut le bras et la main ; mais, son membre, par suite de la sensation intensive de force, lui paraît simultanément chargé d'un poids très-lourd. Ces phénomènes sont des plus instructifs dans le domaine des muscles oculaires, à cause des troubles remarquables de localisation qui en sont ici la conséquence. Supposons un individu, affecté d'une parésie du droit externe de l'œil, et, chez lequel, grâce à l'effort le plus intense déployé, ce muscle est encore capable d'effectuer une rotation latérale de 20°. Il rapporte un objet, qui s'écarte en réalité de 20° du plan médian, aussi loin au dehors, qu'il conviendrait au mouvement d'abduction le plus extrême de l'œil normal ; et, s'il veut toucher l'objet avec l'indicateur de la main, son doigt dépasse largement le but proposé (1). Dans tous les cas de ce genre, il est évident, qu'à la représentation de mouvement coopèrent des sensations, ne dépendant pas de l'état de contraction de muscles, mais de l'impulsion de la volonté, qui provoque la contraction ; par conséquent, ces sensations doivent avoir une origine centrale.

Si donc, chaque sensation de mouvement est une résultante provenant de trois facteurs différents, des sensations de pression de la peau et des parties sous-cutanées, des sensations de contraction des muscles et des sensations d'innervation centrale, il faut se poser encore cette question : ces trois éléments peuvent-ils, et comment peuvent-ils être séparés les uns des autres ? Il ressort déjà des discussions précédentes que, dans les circonstances normales, une séparation complète de ces facteurs n'est jamais possible, parce qu'ici l'innervation centrale engendre sur-le-champ une modification dans l'état des muscles. Mais voici ce que semble nous révéler l'étude des phénomènes, quand l'union de ces facteurs a été troublée : la sensation d'innervation

1. A Græfe, in *Handbuch der Augenheilkunde* de Græfe et Semisch, VI, p. 18. Quant à l'importance de ces phénomènes, pour le développement des représentations visuelles, voir chap. XIII.

constitue essentiellement la sensation de force, tandis que la sensation de contraction émane des sensations musculaires proprement dites et des sensations de pression de la peau. Puisque la sensation d'innervation est, comme d'autres sensations centrales, localisée à la périphérie, et à la vérité dans les muscles, évidemment, la sensation de force exerce sur l'idée ou représentation de l'étendue du mouvement une certaine influence, pareille à celle que nous observons particulièrement, lors des illusions occasionnées par l'état de parésie. D'ailleurs, il n'est pas invraisemblable, que tous les facteurs composants de la sensation de mouvement aient une certaine analogie qualitative, qui, en même temps que l'union persistante de ces composants, favoriserait leur fusion dans la conscience.

L'hypothèse d'un sens musculaire spécifique aurait été établie en premier lieu par Ch. Bell ; elle a été ensuite principalement développée par E. H. Weber. Celui-ci appelait spécialement ce sens le *sens de la force* ; et, pour le distinguer du sens tactile, il s'était basé sur la sensibilité plus délicate, qui se manifeste à propos des différences de poids (1). Mais J. Müller fit ressortir, qu'une sensation, accompagnant l'innervation centrale, pourrait bien intervenir dans cette circonstance (2). Cette présomption trouva un appui important dans l'observation des illusions, qui se manifestent à l'occasion des états de paralysie et de parésie (3). Ces illusions semblaient être un témoignage accablant contre les partisans de l'origine exclusivement périphérique des sensations musculaires et, également contre cette allégation, émise très-souvent par quelques philosophes (4), que nous possédons par nous-mêmes, et sans aucune espèce de sensation concomitante, une conscience de nos mouvements. Dans ce cas, on invoquait fréquemment un argument suspect : puisque les nerfs sensibles des muscles ne sont pas démontrés, le sens musculaire proprement dit n'existe pas (5). On comprend ainsi, que de la découverte, faite par C. Sachs des nerfs musculaires réellement sensibles, on ait tiré cette conclusion, que les sentiments d'innervation n'avaient plus de raison d'être, quoique une conclusion de ce genre soit sans doute inadmissible. En s'effor-

1. Ch. Bell, *Physiologische und pathologische Untersuchungen des Nervensystems* (traduction de Romberg). Berlin 1836, p. 185 et suiv. — E. H. Weber, art. *Tastsinn und Gemeingefühl*, p. 582, in *Handw.* de Wagner.
2. J. Müller, *Handbuch der Physiol. des Menschen*, II, p. 500.
3. Wundt, *Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung*, Leipzig 1862, p. 100. *Vorlesungen über die Menschen-und Thierseele*, I, p. 222. — A. Bain, *The senses and the intellect*, 2e édit. Londres 1864. p. 92.
4. Trendelenburg, *Logische Untersuchungen*, 2e édit. I, p. 242. — George, *Lehrb d. Psychol.* Berlin 1854, p. 231.
5. B. Bernstein, *Untersuch. über den Erregungsvorgang*. Heidelberg. 1871. p. 239.

çant de ramener les sensations de mouvement à une seule origine, on perdait absolument de vue la possibilité, que ces sensations pouvaient être des résultantes complexes, composées d'éléments hétérogènes, possibilité, qui, selon ma conviction, devient une certitude, si on juge impartialement les faits. Effectivement, les expériences instituées, d'après la théorie étroite du sens musculaire, pour rendre compte des perturbations des sentiments d'innervation, déjà décrites, ne sont pas satisfaisantes. Quand, par exemple, on explique les illusions survenant dans la parésie musculaire, en disant : « pour produire un sentiment musculaire d'énergie déterminée, un effort énergique de volonté est indispensable (1) » ou bien, nous sommes habitués par l'association « à unir un mouvement difficile avec une grande résistance (2) », véritablement on introduit de nouveau, sous un autre nom, la sensation d'innervation. Car, comment avoir conscience de l'effort de la volonté, autrement que par une sensation, qui lui est attachée ? De même, cette assertion, que nous apprécions la grandeur du mouvement d'après le temps employé pour ce dernier, et qu'alors nous estimons avec exagération le mouvement ordinairement plus lent d'un membre parétique 3, manque de preuves suffisantes. Dans les conditions normales, nous n'évaluons pas l'étendue d'un mouvement absolument d'après le temps employé. Nous pouvons exécuter tantôt plus vite, tantôt plus lentement un même mouvement, sans nous illusionner notablement sur son étendue. On ne voit donc pas, comment, lors des perturbations du sens musculaire, le temps serait soudain le facteur le plus essentiel pour la formation de nos représentations. De plus, si pour Ferrier, qui s'appuie sur une remarque de Vulpian, les sensations, accompagnant les efforts de volonté des malades paralytiques, dérivent des mouvements associés involontaires des parties non paralysées, mouvements, qui ordinairement se produisent avec une énergie surprenante, quand les efforts de la volonté sont impuissants (4), il faut avouer, que sûrement une partie de cette complexité des sensations a sa source dans ces mouvements d'association ; mais, ces derniers sont incapables de nous rendre compte des illusions survenant dans la parésie. Ou bien, comment, lors d'une parésie du nerf moteur oculaire externe, la localisation défectueuse, fautive s'expliquerait-elle par un mouvement associé de l'œil normal ? Abstraction faite, qu'on ne comprend pas, comment un mouvement normal donnerait lieu à une illusion de ce genre, la preuve décisive du contraire est la suivante : l'illusion se manifeste seulement, quand l'œil normal reste fermé, tandis qu'elle n'existe pas, si cet œil est maintenu ouvert et contribue à la localisation de la direction.

1. Funke, *loc. cit.* p. 373.
2. Ferrier, *Fonctions du cerveau*, p. 246.
3. Ferrier, *ibid.*
4. Ferrier, *loc. cit.* p. 247.

Les *sensations générales* sont en relation intime avec les sensations tactiles de la peau, comme avec les sensations de mouvement des muscles. Elles tirent leur nom de ce qu'elles sont partout répandues ; aussi, elles se combinent dans les divers organes sensoriels avec les sensations sensorielles spéciales ; et, d'ailleurs, elles prennent naissance dans tous les organes internes, pourvus de nerfs sensibles.

Si, conformément à la définition adoptée (p. 307), nous plaçons dans la classe des sensations générales toutes ces sensations, qui conservent un caractère exclusivement subjectif et constituent de cette manière les éléments essentiels de la sensibilité, nous citerons tout d'abord une série de sensations tactiles et musculaires qui ont le privilège d'être nettement perceptibles, si leur énergie est modérée ; et qui, par conséquent, sont susceptibles d'être examinées avec plus de rigueur et de précision. Nous y rangerons également des sensations provenant de l'organe tactile, le chatouillement, le frissonnement, le prurit, la formication, etc. Chacune de ces sensations a sa composition qualitative spéciale, bien qu'on ne puisse leur méconnaître une certaine parenté avec des sensations déterminées de pression ou de température. Ce qui prouverait spécialement cette parenté, c'est que certains irritants tactiles produisent en même temps, avec les sensations de pression et de température, des sensations générales ; la pression faible d'un corps mou engendre par exemple la sensation de chatouillement ; l'action du froid, la sensation de frissonnement ; etc. Ceci nous indique déjà, que les sensations générales, même dans les cas, où elles paraissent naître dans un organe sensoriel déterminé, ont néanmoins une origine différente des sensations sensorielles ordinaires. Nous remarquons en effet, qu'une sensation est toujours en relation plus intime avec la sensibilité générale, quand elle est accompagnée de *sensations associées*, plus ou moins étendues. Ainsi, il est évident, que les sensations de chatouillement, de prurit, de formication, etc., tiennent essentiellement à ce que une sensation tactile limitée, la plupart du temps très-faible, se propage tantôt à une grande surface de la peau et tantôt produit, en des endroits absolument éloignés, de faibles sensations tactiles analogues. Chacune de ces sensations devrait être considérée comme une pure sensation tactile; mais toutes, prises ensemble, constituent une sensation générale. Les autres sens, surtout celui de l'ouïe, peuvent occasionner ces sortes de sensations générales de l'organe tactile. Ainsi, les bruits de scie et de cliquetis ou la vue de certaines blessures font naître chez la plupart des gens, à un degré modéré ou fort selon les individus, une sensation de

frissonnement, où l'on constate clairement le fait d'une extension successive. Dans tous les cas de ce genre, les sensations musculaires interviennent simultanément ; elles constituent un élément essentiel de ce sentiment de frissonnement, qui succède ordinairement aux effets subits du froid et se manifeste, souvent, après l'action d'autres irritants sensoriels. La propagation des excitations s'opère sans doute, dans toutes ces circonstances, par la voie du réflexe ; c'est pourquoi, les sensations générales se composent, en majeure partie, de *sensations réflexes*, qui ont lieu, soit directement par la transmission de filets sensibles à des filets sensibles, soit indirectement par l'intermédiaire de mouvements réflexes, auxquels sont alors liées des sensations musculaires (1). Par conséquent, dans les expansions des nerfs périphériques réside seulement la cause occasionnelle intime, et, dans les centres nerveux, la source proprement dite des sensations générales ; l'état de ces centres règle donc spécialement la conduite de ces sensations. La sensation de fatigue des muscles offre même cette faculté de propagation ; elle se caractérise comme une sensation générale : à la fatigue très-forte d'un membre, les autres muscles du corps participent par une sensation plus faible, d'une composition égale. Probablement, il ne s'agit ici que d'une projection périphérique des sensations, dont le siège particulier est central. Or, cette fatigue sympathique d'autres organes de mouvement ne peut nullement s'expliquer par les états des muscles ; mais, on s'en rend compte facilement, si on réfléchit que, lors de la consommation de force, effectuée par un seul groupe musculaire, l'organe central intervient avec sa provision de force totale. Sous ce rapport, se rangent ici toutes ces sensations générales, qui jouent un rôle indispensable dans la réglementation de certains processus biologiques : les sensations de faim, de soif, la sensation du manque d'air, depuis les degrés modérés normaux du besoin de respirer, jusqu'à la dyspnée la plus intense (2). Toutes ces sensations dépendent certainement, mais en très-faible partie, des organes périphériques, où elles sont localisées. Elles sont liées à des états déterminés de la composition du liquide sanguin ; ces états, d'après nos présomptions, mettent en jeu, dans les centres nerveux correspondants, des excitations, qui produisent soit des mouvements

1. Voir p. 187, la note.
2. Cons. le *Lehrb. d. Physiologie*, de l'auteur, 4e édit. p. 193, 411.

involontaires, soit des sensations, et, par celles-ci, des mouvements volontaires, propres à entretenir les fonctions en question.

Les *sensations de douleur* constituent une classe remarquable des sensations générales. Chaque sensation générale et chaque sensation sensorielle ordinaire, qui atteignent une énergie déterminée, se convertissent en sensation de douleur. Celle-ci offre donc autant de formes qualitatives et de nuances, que la sensation elle-même. Il y a des impressions tactiles, des bruits et des irritants tactiles, qui sont douloureux ; également, la douleur des organes internes montre des différences locales, qui, désignées par les épithètes de « brûlante, pongitive, déchirante, térébrante » etc., jouent un certain rôle dans la pathognomonie des organes. D'autre part, toute sensation de douleur, n'importe la partie d'où elle provient, possède assurément un caractère analogue ; c'est pourquoi, même dans les sensations sensorielles proprement dites, les différences spécifiques s'effacent d'autant plus, qu'elles se rapprochent davantage de la limite de la douleur. Par conséquent, ce n'est pas tant la sensation de douleur elle-même, que son intensité, sa propagation et sa durée dans le temps, qui déterminent les différences caractéristiques de la sensation douloureuse. Ainsi, selon le langage usuel, une douleur est pongitive, si elle est localement limitée et atteint soudain une grande intensité ; brûlante, si elle se propage avec une énergie uniforme à une grande surface ; déchirante, si elle parvient graduellement à son maximum ; térébrante, si elle oscille entre certaines limites d'intensité: Cette homogénéité de la douleur indique déjà, qu'elle est, comme toutes les sensations générales, un phénomène central, sur la durée et la propagation duquel, seules, les occasions, venant de la phériphérie, exercent une certaine influence.

Ce siège central des excitations explique même les autres particularités de la sensation de douleur. Citons, ici, principalement l'irradiation de la sensation dans de nombreuses sensations associées ; elle augmente généralement avec l'énergie de la douleur, et est capable d'abuser complétement le sujet sentant sur le siège de la douleur. Nous mentionnerons encore la naissance lente et la conduction des excitations douloureuses. Personne ne l'ignore, lors des blessures de la peau ou d'autres parties sensibles, on sent premièrement une impression tactile, suivie ensuite, beaucoup plus tard, de la sensation de douleur, qui croît et se propage graduellement. Ces différences, déjà remarquables à l'état normal, se manifestent bien plus nettement dans certaines

affections de la moëlle épinière, qui sont liées à des troubles de conduction. Si on enfonce des aiguilles chez des malades de cette catégorie, ceux-ci sentent en apparence momentanément le contact, mais la douleur n'est perçue qu'après 1—2 secondes (1). Un des cas les plus extraordinaires de ce genre nous est souvent offert par des sujets hystériques ou hypnotisés : alors, la sensation tactile apparaît seule, et la sensation de douleur fait défaut ; cet état peut être également provoqué par les anesthésiques, ou bien, si, comme nous l'avons vu (p. 124), on sectionne, chez les animaux soumis à la vivisection, la substance grise de la moëlle épinière, en conservant les cordons blancs. Dans ces circonstances, évidemment l'observation pathologique considère justement l'absence de sensation de douleur, comme un symptôme, qui permet de conclure à l'existence de troubles centraux (2). En même temps, ceci explique l'augmentation graduelle et la propagation de la douleur, sans que cependant l'irritant périphérique subisse une modification. Ce fait s'adapte complètement aux phénomènes de l'addition ou accumulation des excitations et de l'augmentation d'excitabilité, que nous avons déjà étudiés (3). Plus ces phénomènes dépendent des propriétés générales de la substance centrale, moins ils justifient l'hypothèse, qu'on a vu parfois surgir, d'un centre spécifique de la douleur (4). Si toutes les excitations sensorielles ont besoin d'être transmises aux parties sensorielles de l'écorce cérébrale, pour devenir des sensations conscientes, assurément il en sera de même pour les excitations douloureuses. Mais, on ne voit, en cela, aucune raison d'exiger une surface sensorielle centrale particulière pour la douleur et de faire de celle-ci une espèce de qualité sensorielle spécifique. L'expérience témoigne plutôt, que la douleur désigne seulement l'excitation la plus violente de quelques parties sensorielles, excitation, qui met en même temps à contribution les excitations associées les plus étendues d'autres parties. Nous avons déjà dit ailleurs (5), que ce n'est pas non plus un motif suffisant de supposer, dans les organes périphériques, des filets nerveux particuliers pour la douleur, différents des nerfs sensoriels proprement dits, qui auraient leurs voies séparées de conduction et seraient régis par des lois spéciales de transmission. Toutes ces opi-

1. Osthoff, *Die Verlangsamung der Schmerzempfindung bei Tabes dorsalis* Thèse. Erlangen 1874.
2. Ch. Richet, *Recherches sur la sensibilité*, p. 284.
3. V. chap. VI. p. 291.
4. Richet, *loc. cit.* p. 296.
5. Chap. IV, p. 123 et suiv.

nions ne sont pas basées sur l'expérience. Elles ont plutôt pour origine le principe de l'énergie spécifique ; elles sont donc insoutenables, dès que l'on adopte ce principe avec l'interprétation étroite, qui a si longtemps dominé la théorie des sens.

2. — Sensations gustatives et olfactives.

Actuellement, l'étude psychologique des sensations des deux sens chimiques inférieurs est tellement peu avancée, qu'elle est incapable de résoudre même la question suivante : quelle est l'opposition réciproque de certaines de leurs qualités, que nous percevons, et le degré d'analogie de quelques-unes d'entre elles? En outre, toujours les sensations gustatives, et parfois les sensations olfactives, s'unissant à des excitations des nerfs tactiles de la langue et de la muqueuse nasale, forment des combinaisons fixes ; c'est pourquoi, il est presque impossible, à propos de certaines sensations, d'isoler cette portion qui doit être considérée, comme pure qualité gustative ou olfactive.

On peut distinguer, avec une certitude à peu près complète, *six* qualités gustatives : l'*acide*, *le doux*, *l'amer*, *le salé*, *l'alcalin et le métallique* (1). Les mélanges de ces sensations sont infiniment multiples. Mais les variations des qualités particulières de la sensation, par conséquent les diverses nuances de l'acide, du doux, etc., semblent faire défaut ; et l'on n'est pas en état de discerner des acidités, des douceurs, des amertumes, etc., diverses, parce que des mélanges non caractéristiques s'ajoutent à d'autres saveurs ou, même, à des sensations olfactives. Ainsi, nous distinguons, par exemple, les sels des métaux

1. M. de Vintschgau (*Archiv* de Pflüger, vol. XX, p. 225 et *Handw. d. Physiol.* de Hermann, t. III, p. 208) admet uniquement l'acide, le doux, l'amer et le salé ; et, selon Valentin, (*Lehrb. d. Physiol.* II, 2e éd. p. 293) le doux et l'amer seulement sont des qualités particulières. Or, les arguments, produits en faveur de la fixation de cette énumération, pourraient bien ne pas être très-solides. Quand de Vintschgau affirme distinguer, avec la *pointe de la langue*, seulement ces quatre saveurs, il convient de rappeler, que la pointe de cet organe est beaucoup moins sensible aux impressions de saveur, que ses parties postérieures. Parce que les impressions de l'acide et du salé occasionnent en même temps des excitations sensibles, et même douloureuses, quand les irritants sont énergiques, ce n'est pas un motif de leur dénier, avec Valentin, la qualité de sensation gustative. Ordinairement, une qualité déterminée ne sera reconnue, comme un mélange d'autres sensations, que si les facteurs composants peuvent être distingués dans le mélange.

lourds d'avec ceux des métaux légers, par l'union de la saveur métallique avec la saveur salée, ou plusieurs acides organiques, à leur odeur. L'association avec de véritables sensations générales caractérise spécialement les saveurs acide, alcaline, salée et amère. Les acides engendrent la sensation de l'astringence, qui, occasionnée par l'irritation de la muqueuse, de la couche musculaire sous-jacente à cette membrane et des muscles vaso-moteurs, est probablement, en majeure partie, une sensation musculaire. Les alcalis déterminent, par suite de la dissolution rapide de la couche épithéliale superficielle, une sensation particulière de « mou », qui d'ailleurs, par la même raison, peut se manifester également avec des acides organiques concentrés, indépendamment de la sensation d'astringence. En opposition avec cette action plus directe, que les acides et les alcalis exercent sur les tissus en question, les sels et les amers, employés sous une forme concentrée, semblent produire surtout des mouvements réflexes des muscles du pharynx et les sensations musculaires concomitantes. La sensation de « *nausée* » est une sensation générale. Elle peut naître d'une autre manière, mais elle est spécialement liée aux impressions gustatives intensives amères ou salées. Quand elle ne provient pas de ces sensations gustatives, la nausée est probablement une sensation musculaire, dont la propagation et le parcours sont déterminés par les mouvements antipéristaltiques des muscles du pharynx, de l'œsophage et de l'estomac (1). Comme à l'occasion de toutes les sensations générales, il peut même s'effectuer ici des transmissions réflexes à d'autres parties et, par suite, se manifester des sensations associées de degré différent : nous citerons les sensations cutanées et musculaires, engendrées par la contraction des vaso-moteurs de la face et par l'excitation de la sécrétion sudorale, les sensations de faiblesse musculaire générale, qu'accompagne l'arrêt réflexe des tensions musculaires, quand la nausée atteint un degré élevé. Enfin, nous mentionnerons une sensation pongitive, provenant de la sensibilité générale. Elle se présente avec tous les irritants gustatifs très-énergiques, par conséquent à un certain degré avec les sensations métalliques et douces, mais principalement avec les quatre autres. Elle accompagne directement l'effet local produit sur les surfaces gustative et tactile, et est capable, selon la composition de l'irritant, d'occasionner une sensation

1. A. Stich, *Annalen des Charité-Krankenhauses in Berlin*, VIII, 1858, p. 22 et suiv.

de douleur plus ou moins forte. Nous devons, évidemment, voir dans cette sensation le symptôme le plus général de l'irritant, symptôme qui provient de l'action chimique exercée sur les nerfs sensibles.

L'excitation externe des sensations gustatives peut-elle être autrement effectuée, que par l'irritation chimique des organes terminaux des nerf gustatifs ? Cela n'est pas démontré. Parfois, on a affirmé, que la pression mécanique, exercée sur la langue, provoque des sensations gustatives acides ou amères (1). Or, cette assertion tient probablement à une illusion subjective, engendrée par l'association avec certaines sensations de la sensibilité. Quand, par exemple, la pression sur la base de la langue donne lieu à des mouvements de régurgitation et à la sensation de nausée, notre esprit peut facilement associer à cet acte la sensation de l'amer, saveur qui suscite spécialement la nausée. Le courant électrique fait naître des sensations gustatives, généralement perçues acides au pôle négatif, tantôt alcalines au pôle positif, tantôt métalliques ou même amères ; mais, il n'est point prouvé que, dans ce cas, il se manifeste une excitation gustative, indépendante de la séparation des produits de dissociation électrolytique. De ce que la sensation n'est pas absente, même dans toutes les circonstances, où ces sortes de produits de dissociation n'ont pu être démontrés à la surface de la langue (2), il n'y a rien à conclure de là, car, la dissociation des électrolytes à l'intérieur des organes gustatifs pourrait bien effectuer l'irritation chimique. Enfin, les expériences physiologiques ne fournissent aucune donnée, autorisant à admettre des voies de perception et de conduction spécifiquement différentes pour les diverses sensations gustatives : hypothèse qui a été émise le plus souvent par amour de la théorie de l'énergie spécifique des nerfs, puisque les diverses qualités gustatives se distinguent nettement sur les parties de la langue les plus sensibles aux saveurs, comme dans la région des papilles caliciformes, sur la plus petite étendue de cet organe. D'autre part, la supposition naturelle, que les diverses espèces de substances sapides occasionnent dans les mêmes appareils sensoriels diverses formes d'excitation, ne soulève pas la moindre difficulté.

Nos renseignements, concernant les qualités de la *sensation olfactive*

1. Consulter de Vintschgau, in *Physiologie* de Hermann, tom. III, p. 188.
2. Rosenthal, *Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1860, p. 217. — Du Bois-Reymond, *Untersuchungen über thierische Elektricität*, I, p. 339. — De Vintschgau, *Archiv* de Pflüger, t. XX, p. 81.

sont encore inférieurs aux faibles connaissances, que nous possédons des qualités de la sensation gustative. Le nombre des sensations, que nous distinguons, semble ici beaucoup plus considérable, que pour le sens gustatif, et néanmoins, nous sommes aussi peu capables de mettre les diverses qualités dans des relations déterminées. Ainsi, notre langage n'a pas même un terme, une expression typique pour une seule sensation olfactive, et nous sommes toujours obligés de désigner les odeurs, d'après les substances, dont elles proviennent. Ces sortes de substances sont constamment des gaz ou des vapeurs. Les substances fixes ou fluides ne sont odorantes, que si elles se convertissent en vapeur ; et alors, l'énergie de la sensation olfactive se règle d'après la faculté particulière d'action de ces substances sur l'épithélium olfactif et le degré de leur volatilité. Ces deux propriétés se combinent à propos des matières odorantes les plus intensives, des éthers et huiles éthérées, des substances aromatiques, des diverses sortes de camphre. Mais, de tous les gaz et vapeurs, l'air atmosphérique et ses éléments sont, probablement, les seuls qui soient absolument dépourvus d'odeur. La vapeur d'eau, par exemple, est inodore, quand elle est en faible quantité ; mais, si celle-ci devient plus considérable, nous percevons une nette sensation olfactive. En outre, les irritants olfactifs les plus énergiques sont inodores, si, au lieu d'être sous forme de gaz ou de vapeur, ils sont fluides et mis en contact avec la muqueuse nasale (1).

Nos données défectueuses, sur les relations réciproques des qualités olfactives, ne nous permettent pas d'opérer une classification de ces dernières. On pourrait, tout au plus, essayer de faire certaines classes de substances odorantes, en prenant pour base l'analogie des odeurs, qu'elles produisent (2). Il résulterait de là, que des substances, analogues au point de vue chimique, engendrent des odeurs analogues. Les exceptions les plus remarquables, que présente cette proposition générale, sont probablement toujours occasionnées par le mélange de sensations olfactives avec des sensations gustatives ou par les irritations des nerfs tactiles sensibles de la muqueuse nasale. Ainsi, dans l'odeur putride-douceâtre de l'hydrogène sulfuré, le putride doit être inévitablement considéré comme sensation olfactive, et, le douceâtre, comme sensation gustative. Toutes les fois que l'adjectif « piquant » est em-

1. E. H. Weber, *Tastsinn und Gemeingefühl*, p. 499. -- De Vintschgau, in *Handw. d. Physiol.* de Hermann, III, p. 237.
2. Fröhlich, *Sitzungber. der Wiener Akad. Math-naturw. Cl.* 1851, VI. p. 322.

ployé, pour désigner une odeur, il faudra admettre, que celle-ci est mélangée avec une sensation des nerfs tactiles ; toutes les odeurs piquantes nous semblent analogues à celles, par exemple, de l'ammoniaque et de l'acide carbonique. Dans les cas de ce genre, la sensation olfactive proprement dite peut se comporter de bien des manières ; cependant, si elle est faible, elle est annihilée par la sensibilité concomitante qui, parfois, devient douloureuse. Ainsi, l'odeur de l'ammoniaque est notablement une sensation de sensibilité, et la sensation olfactive concomitante semble très-analogue à celle des autres alcalis caustiques ; dans l'acide carbonique, l'odeur disparaît complètement, et l'effet de ce gaz sur les nerfs de la sensibilité est prédominant. C'est cette dernière action qui, selon son intensité, provoque à différents degrés les mouvements réflexes de l'éternument, puisque une sensation musculaire se complique alors avec les autres éléments. Les impressions olfactives proprement dites ne semblent jamais engendrer ce réflexe ; or, celui-ci ne se montre, que si cette odeur « piquante » existe.

Par conséquent, le goût et l'odorat seraient des sens non développés ; car, chez tous les deux, les qualités, que l'on peut distinguer, ne se mettent en relation réciproque, qu'imparfaitement ; et d'ailleurs, ces sortes de sensations se mêlent souvent entre elles, soit avec les sensations de la sensibilité. Chacun de ces sens nous offre un nombre, non fixement déterminé, de qualités de sensations particulières ; mais nous savons peu de chose sur les relations, que forment entre elles les combinaisons les plus multiples de ces sensations. Nous avons déjà constaté une imperfection analogue dans les sensations de la sensibilité générale ; cependant, elle est beaucoup moins accusée dans les sensations tactiles, parce qu'ici les différences qualitativement incertaines se transforment aussitôt en représentations distinctes, concernant les rapports des impressions dans le temps et dans l'espace. Si, comme nous le ferons ultérieurement pour les sensations de son et de lumière, nous voulions exposer géométriquement ces systèmes de sensations, nous décririons les diverses qualités indépendantes, comme des éléments extensifs séparés les uns des autres ; mais la position respective de ces éléments resterait généralement indéterminable. Dans les cas de ce genre, où deux sensations se mêlent dans toutes les proportions possibles, la totalité des sensations mélangées serait figurée par une ligne droite unissant les éléments extensifs primitifs ; mais la situation de ces lignes droites serait indéterminée, à cause de l'absence de

relation avec d'autres qualités simples de sensation. C'est pourquoi, dans chacun de ces systèmes de sensation, ces sensations fondamentales, qui ne proviennent pas des mélanges, constituent *une multiplicité discrète d'une ordonnance inconnue*, et, entre les éléments, toutes les transitions continues possibles peuvent avoir lieu, conformément aux sensations mélangées, qui varient à volonté.

3. — Sensations sonores.

Nous donnons généralement le nom de *son* aux mouvements périodiques de l'air, qui, dans l'organe de l'audition, se transforment en mouvements excitatifs. A l'exemple de tous les mouvements périodiques, ils peuvent se produire périodiquement d'une manière régulière ou irrégulière. Quand le mouvement de son est régulièrement périodique, l'air entre en vibration, et un grand nombre de vibrations, toujours égales et de même forme, se succèdent durant un temps donné ; si le mouvement de son est irrégulièrement périodique, les diverses vibrations ont une durée et une forme extrêmement variées. Par la pensée, nous nous représentons, que toutes les vibrations, même les vibrations irrégulièrement périodiques de l'air, sont composées de vibrations régulièrement périodiques. Cette démonstration est très-facile, si l'on réunit un certain nombre de tracés d'ondes, régulièrement périodiques, qui se déroulent simultanément à volonté. Quand les excursions des particules oscillantes de l'air ne sont pas

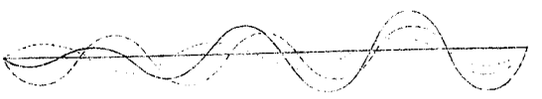


Fig. 108

trop considérables (ce qui doit être généralement supposé pour les vibrations sonores), on obtient le mouvement résultant, qui émane de l'interférence de plusieurs vibrations, si l'on additionne simplement les excursions, que produiraient les divers tracés d'onde. De cette manière, l'addition de la courbe ponctuée et de la courbe à chainons interrompus nous offre (fig. 108) la ligne d'onde continue : celle-ci a une forme irrégulièrement périodique, tandis que les deux premières

ont un mouvement régulièrement périodique. Le son se propageant dans l'air, sous forme de condensations et de dilatations rapides successives, la construction, que nous venons d'opérer, est naturellement une image : notre pensée doit mettre, à la place des montagnes d'ondes, des couches d'air condensées et, à la place des vallées d'ondes, des couches d'air dilatées. D'ailleurs, avec un peu d'attention nous voyons, que chacune de ces ondes condensées et dilatées ne se propage pas dans *une seule* direction, mais dans toutes les directions possibles ; elle se transmet exactement comme une onde sphérique, où les diverses condensations et dilatations se succèdent, sous forme de segments de sphères concentriques. Puisque, par l'addition de tracés d'ondes hétérogènes, régulièrement périodiques, qui se croisent à volonté comme dans la fig. 108, nous obtenons toutes les formes possibles d'ondes irrégulièrement périodiques, évidemment, chaque onde irrégulièrement périodique peut inversement se résoudre en un certain nombre d'ondes, régulièrement périodiques. Cette décomposition, qui en apparence est purement une fiction mathématique, existe véritablement et naturellement dans les mouvements périodiques. Chaque particule matérielle, dont l'équilibre est ébranlé par une secousse momentanée, vibre, en exécutant des périodes régulières autour de sa position primitive d'équilibre. Si des secousses nombreuses se succèdent dans une direction quelconque, le mouvement résultant ne sera plus régulier, mais il se résoudra toujours en un certain nombre de mouvements régulièrement oscillatoires, parce que la série totale des secousses successives irrégulières se compose justement de *diverses* secousses, dont chacune occasionnerait des oscillations régulièrement périodiques.

Des vibrations sonores régulièrement périodiques agissent sur notre oreille et engendrent une sensation, appelée *son* ; le *bruit* est une sensation provoquée par un mouvement de l'air, irrégulièrement périodique. Tous les mouvements régulièrement périodiques peuvent en outre se décomposer en ces sortes de mouvements, qui suivent la loi *la plus simple* des vibrations régulièrement périodiques, la loi des *vibrations pendulaires infiniment petites*. Le pendule se meut continuellement autour de la même position d'équilibre. Imaginons un point oscillant exactement d'après la loi du pendule, mais se portant en avant, de façon que sa position d'équilibre progresse aussi. Il décrira une courbe de vibration simple ou pendulaire, dont on peut se représenter l'origine de la manière suivante. Dans le cercle tracé autour de *c* (fig. 109), un

point se meut avec une vitesse uniforme, et, en *h*, est placé un observateur, qui voit le cercle de profil, et non de face. Il semblera à cet observateur, que le point. parcourant le cercle, monte et descend le long du diamètre *a b* : le mouvement de ce point suivra exactement la loi du pendule (1). Pour représenter une vibration pendulaire progressive, l'espace *e g*, correspondant à une longueur d'onde entière, est divisé en autant de parties égales, que la périphérie du cercle (ici en 12);

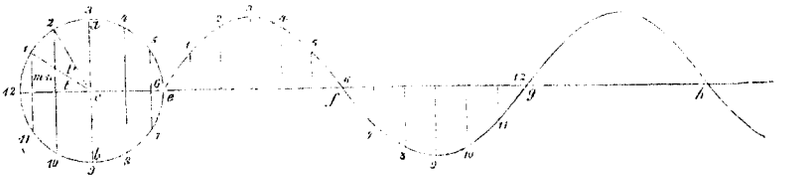


Fig. 109.

et, sur les diverses parties de ligne *e g*, des perpendiculaires sont élevées, égales en nombre à celles, qui touchent les points partiels correspondants *1*, *2*, *3*, etc., du cercle : la courbe *e f g*, qui unit ces perpendiculaires, est alors une courbe vibratoire, simple et pendulaire.

Chaque forme périodique de vibration se compose d'un nombre déterminé de courbes vibratoires simples, ayant la configuration que nous venons de décrire ici. Mais, pour que la forme de vibration résultante soit *régulièrement* périodique, les longueurs d'ondes des vibrations simples, qui sont additionnées, doivent être dans un *rapport simple*. Si la longueur d'onde des vibrations les plus lentes est = 1, les longueurs d'ondes des vibrations plus rapides, qui sont additionnées avec elle, seront donc = $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, etc. Dans le cas opposé, la forme de vibration est irrégulièrement périodique, comme celle de la fig. 108. Une construction facile nous montre, que l'on peut de cette manière composer, avec les formes des vibrations simplement pendulaires, les formes les plus hétérogènes des vibrations régulièrement périodiques ; il faut pour cela laisser varier la hauteur des diverses vibrations par-

1. Si, du centre *c*, on tire des rayons vers les points *1*, *2*, etc., les angles *t*, *t'* correspondent aux espaces de temps écoulés ; et, si *r* désigne le rayon du cercle décrit autour de *c*, alors *m* est = *r* . *sin. t*, *n* = *r* . *sin.* (*t* + *t'*) etc. ; en d'autres termes, la distance des points *1*, *2*, etc. de la position d'équilibre est proportionnelle au sinus du temps écoulé. A cause de cette relation mathématique, les vibrations pendulaires sont nommées *vibrations sinusoïdales*.

tielles, et, par exemple, les vibrations paires ou impaires doivent être prépondérantes ou supprimées entièrement. Alors, la période de la forme de la vibration totale se détermine constamment d'après cette vibration partielle, qui possède la plus grande longueur d'onde. La fig. 110 décrit différentes formes de vibration de longueur d'onde égale. Les courbes pleines représentent les formes de vibrations résultantes, et, les courbes à chaînons interrompus, les vibrations simplement pendulaires, dont les premières sont composées. La forme *A*, l'une des plus fréquentes, se réalise, si un ton s'unit à un autre ton un peu plus faible, d'un nombre double de vibrations. La forme *B* n'est point rare. Elle correspond à ces sons, où chaque ton est réuni à un ton plus faible, d'un nombre triple de vibrations. Comme de cette manière, en additionnant les vibrations simplement pendulaires, on obtient toutes les formes possibles de vibrations régulièrement périodiques, inversement toute forme de vibration régulièrement périodique se

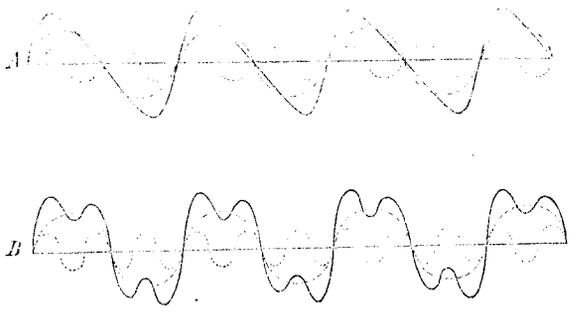


Fig. 110.

résoudra certainement en vibration simplement pendulaire. Cette décomposition n'est pas une pure fiction ; elle existe réellement dans la nature. Chaque particule, dont l'équilibre est ébranlé, exécute des vibrations simplement pendulaires, si toutefois ses mouvements ne sont pas troublés et si l'amplitude vibratoire reste très-petite. Quand de nombreuses particules opèrent simultanément ou successivement des mouvements vibratoires, les vibrations peuvent, grâce à l'addition de leurs mouvements, revêtir une forme plus complexe, alors même qu'elles restent régulièrement périodiques ; néanmoins, elles doivent toujours se laisser décomposer en ces vibrations simplement pendulaires, qui les ont primitivement engendrées.

Une sensation de son, remarquable par sa *simplicité*, correspond au mouvement pendulaire des particules de l'air : c'est le *son simple* ou le *ton*. Dans un son ordinaire composé et occasionné par un mouvement de l'air régulièrement périodique, mais complexe, on distingue généralement avec netteté plusieurs tons, qui résonnent simultanément. Le plus grave de ces derniers est constamment caractérisé par une grande énergie : c'est le ton fondamental. Il détermine donc la hauteur de ton du son. Les *résonnateurs*, sorte de tubes ou de sphères creuses accordés, tenus contre l'oreille, et dont les colonnes d'air sont mises spécialement en mouvement par ces vibrations, qui correspondent à leur ton propre, facilitent cette analyse des sons (1). Si, à l'aide d'un résonnateur on a perçu un ton faible, qui forme un élément constituant d'une sensation complexe, on arrive ensuite sans difficulté à distinguer ce ton, sans recourir à cet instrument. On constate de cette manière, que chaque son se compose d'un certain nombre de tons simples, du *ton fondamental*, qui a la plus grande énergie et détermine par conséquent la hauteur de ton du son, et d'un certain nombre d'*harmoniques* ou *tons supérieurs*, auxquels correspond le nombre double, triple, quadruple etc., de vibrations. L'énergie diverse et le nombre de ces harmoniques décide de la *couleur du son* ou du *timbre* des sons musicaux et d'autres sons. D'ailleurs, un grand nombre de sons sont accompagnés de bruits (rappelons-nous par exemple le raclement de l'archet du violon, le sifflement des tuyaux d'orgue, etc.) ; mais, ces bruits ne font pas partie du timbre proprement dit. L'oreille résout donc le son complexe en sons simples ou tons, de la même manière que le processus vibratoire objectif se compose d'un certain nombre de vibrations simplement pendulaires. Elle perçoit la plus forte de ces vibrations pendulaires, comme étant le ton fondamental du son, et, comme harmoniques, les vibrations plus faibles. Jusqu'à un certain point, cette analyse s'applique même aux bruits. Dans la plupart des bruits, nous distinguons nettement divers sons. Jamais un bruit ne se laisse complètement décomposer en tons simples ; mais, à part les tons de hauteur déterminée, que l'on peut discerner, constamment il persiste ici une sensation particulière, variable selon la nature du bruit, différente des qualités de son et que nous considérerons, par conséquent, comme la *sensation spécifique de bruit*. Les mécanismes physiologiques, qui aident à la constituer, sont probablement (nous

1. Helmholtz, *Lehre v. d. Tonempf.* 3e édit. p. 72

l'avons déjà vu p. 341) les otolithes et les cellules épithéliales sensorielles ciliées, rencontrées dans tous les organes auditifs ; tandis que les dispositions, destinées à recueillir séparément les vibrations simples, par conséquent la sensation de son, ne se présentent, que dans les appareils auditifs parfaitement développés (1). D'ailleurs, dans toutes les sensations de bruit, les sensations concomitantes de son sont perçues indistinctement, parce que, grâce à l'origine objective des bruits précédemment démontrée, origine provenant de mouvements de tons qui se troublent, les sensations sonores existantes ne sont pas continues, mais se révèlent uniquement sous forme de diverses secousses de ton, d'une durée très-courte. Ces intermissions de la sensation concomitante de son conférent à tous les bruits persistants un caractère de *discontinuité*, à l'opposé de la sensation continue de ton et de son.

Sous ce rapport, nos sensations auditives suivent donc fidèlement le trajet du mouvement excitatif extérieur. Nous sentons, comme son continu, le mouvement vibratoire uniformément persistant, et, comme bruit discontinu, le mouvement vibratoire variant irrégulièrement. Nous décomposons le mouvement vibratoire régulièrement périodique, le son, en ces vibrations pendulaires simples ou tons, dont il se compose ; et, jusqu'à un certain degré (si des sensations de ton concomitantes existent), nous résolvons le mouvement irrégulièrement périodique, le bruit, en vibrations régulièrement périodiques ou sons.

1. Selon la plupart des physiologistes modernes, qui imitent l'exemple d'Helmholtz, le bruit serait une somme de sensations de tons, qui se troublent irrégulièrement. Cette opinion provient, de ce que l'on attribue, sans motifs, à la sensation la faculté de faire l'analyse physique des bruits. Si, à l'égard des sons, cette manière de voir est positivement justifiée, puisque la sensation de ton peut être réellement décomposée en une somme de sensations de son, il n'en est nullement de même pour les bruits. Car ici, indépendamment des sensations de son, accompagnant ces derniers, il persiste constamment une sensation spécifique de bruit, qui est réfractaire à une analyse de ce genre ; cette sensation est uniquement perçue, lors des vibrations les plus lentes et les plus rapides, qui dépassent les limites des sensations de ton. Les rapports morphologiques, précédemment étudiés (p. 319) qui concernent l'appareil auditif et son développement, ne militent pas moins, suivant la remarque de Preyer, en faveur d'une séparation des sensations de bruit d'avec celles de son. (Preyer, *Akustische Untersuchungen*. Iéna 1879, p. 38.) D'ailleurs, quand Preyer est amené, pour cette raison, à assigner exclusivement aux appareils de bruit (Geraüschapparaten) la sensation des *coups* ou *secousses* (Stösse) et des battements, cette assertion pourrait être plausible. D'abord, les battements sont des intermissions de la sensation de son, auxquelles doivent correspondre des augmentations et des diminutions dans l'excitation des nerfs du limaçon. Les secousses exciteront donc soit directement les appareils de bruit, et d'autant plus vivement, qu'elles seront plus énergiques, ou se révéleront comme une perturbation des sensations de son. C'est pourquoi, les intermissions de la sensation sonore contribueront toujours à la composition caractéristique des diverses sensations de bruit, bien que celles-ci ne dérivent pas exclusivement de ces intermissions.

On pourrait imaginer (et effectivement on l'a cru souvent), que cette analyse correspond en un certain sens à celle, que l'on fait à l'aide des mathématiques, et non à une distinction ou séparation réalisée dans la nature. Or, seulement les trajectoires des vibrations complexes des particules existent ici, mais non les diverses vibrations pendulaires. Cependant, ces dernières ne sont contenues dans le mouvement complexe, qu'autant que celui-ci résulte réellement d'impulsions, dont chacune, à l'état isolé, engendrerait une vibration pendulaire simple. Ici, l'oreille opère, sans doute, une analyse plus parfaite, que l'œil, qui, observant par exemple une onde liquide, ne perçoit rien de cette sorte d'addition des vibrations et n'introduit, dans le phénomène objectif, rien de ce qui y est déjà renfermé. Seulement, sous *un* rapport, la sensation persiste après le phénomène extérieur : comme une qualité continue, et non comme une qualité ondoyant en divers sens, elle suit la vibration régulièrement périodique, excepté à propos des tons musicaux les plus graves, où nous pouvons encore distinguer les diverses vibrations.

Un très-petit nombre de sons, produits par des instruments de musique, ont à un degré plus ou moins complet le caractère de sons simples ou de tons, pris au sens physiologique. Et, même pour certains sons, ceux par exemple des diapasons ou des tuyaux bouchés de l'orgue, sons correspondant assez exactement, au point de vue objectif, aux vibrations pendulaires, la structure de l'organe de l'ouïe comporte des conditions, par suite desquelles, les vibrations arrivant aux extrémités du nerf auditif ne sont plus parfaitement simples, mais mélangées à de faibles vibrations, qui correspondent aux harmoniques du ton fondamental émis (1). Par conséquent, les tons, que nous percevons, ne sont, probablement, jamais absolument dépourvus de timbre ; et le ton simple est, en ce sens, seulement un objet d'abstraction, dont certains sons se rapprochent sans doute à un haut degré. Cependant, grâce à leur mode objectif d'origine, la plupart des sons possèdent un timbre défini ; en d'autres termes, chez eux, un ton fondamental est mélangé à des harmoniques plus faibles, d'un nombre double, triple, quadruple etc., de vibrations. La faible énergie de ces harmoniques distingue les sons d'avec ces sons *résultants*, qui sont

1. Helmholtz, *Lehre von den Tonempfindungen*, 3e édit. p. 259. J. J. Müller a étudié quelques phénomènes de ce genre. (*Berichte der kgl. sachs. Ges. der Wiss.* 1872, p. 117 et suiv.)

engendrés par la production simultanée de plusieurs sons, et dont les divers éléments constituants possèdent, absolument ou à peu près, une énergie égale. Puisque notre sensation décompose le son en ses tons partiels, il n'y a pas de limite bien tranchée entre le son complexe et le son résultant. Néanmoins, les harmoniques d'un son ont, par rapport au ton fondamental, une hauteur plus importante, que la plupart des sons partiels d'un accord, et leur énergie est beaucoup plus faible : cette circonstance suffit généralement à les distinguer assez nettement l'un de l'autre. Ordinairement, nous sentons le son comme *une* qualité ; et, l'attention et un exercice plus considérables nous permettent de reconnaître la nature complexe du son. Dans les hauteurs moyennes de ton et les énergies de son, la qualité de son est généralement accusée de la façon la plus claire. Avec les tons les plus graves, le ton fondamental est trop faible par rapport aux harmoniques ; avec les tons les plus aigus, les harmoniques dépassent le degré, où l'oreille est capable de percevoir encore les sons. En outre, si un son est faiblement émis, les harmoniques, déterminant le timbre, disparaissent partiellement : mais, avec les sons très-énergiques, les harmoniques deviennent si forts, que les différences caractériques du timbre sont très-souvent moins distinctes. Enfin, quand des harmoniques plus élevés accompagnent un son, les différences relatives de leurs nombres de vibrations sont d'autant plus faibles. Pour les sons contenant des harmoniques élevés et énergiques, on observe donc des phénomènes analogues à ceux de la résonnance simultanée de tons fondamentaux, très-voisins les uns des autres : des dissonances tranchées d'harmoniques se produisent, et elles engendrent, comme pour la trompette et tous les instruments de cuivre, un timbre strident. D'autres différences de son prennent naissance, selon la prépondérance des harmoniques pairs ou des harmoniques impairs. Ces sortes de sons, composés simplement de tons partiels pairs avec les proportions de vibrations 2, 4, 6, etc., ou bien purement de tons partiels impairs 1, 3, 5, 7, etc., offrent, par rapport à ceux qui contiennent la série totale des harmoniques 2, 3, 4, 5, 6, une composition de timbre particulièrement défectueuse ; cependant, celle-ci trouve parfois son application, quand il s'agit d'obtenir un certain effet esthétique (1).

1. La clarinette et l'alto, au timbre nasillard, nous offrent des exemples de sons avec des harmoniques impairs. Les sons des cordes, qui sont pincées ou frappées dans le tiers de leur longueur, contiennent seulement des harmoniques pairs. Voir chap. X.

Notre sensation de ton a une limite inférieure et une limite supérieure. L'oreille perçoit encore, comme diverses secousses de l'air, mais non plus comme ton, des vibrations très-lentes ; des vibrations très-rapides forment un bruit continuel et sifflant. Dans les deux cas, la sensation auditive ne cesse donc pas ; elle perd seulement son caractère de son. La détermination du nombre de vibrations, où ceci se produit, présente des difficultés, qui sont de nature expérimentale et tiennent aussi à la composition de notre sensation. Évidemment, il ne s'agit pas ici de limites précises ; et, les tons les plus graves perdent alors leur caractère de son, si les vibrations sonores n'ont pas l'énergie suffisante. Ainsi, cette donnée, que la limite inférieure des tons (pour les tons utilisés en quelque sorte dans la musique) est de 28-30 ou même de 40 vibrations (1), provient certainement, de ce que l'on a employé des sources de son beaucoup trop faibles. D'autre part, si l'on n'examine pas des sons simples, on s'expose à opérer une confusion avec les harmoniques qui, dans les tons graves, atteignent une énergie relativement considérable. La distinction de la hauteur des tons, qui est très-défectueuse dans les régions inférieures, entraîne facilement cette confusion. Selon les déterminations expérimentales de Preyer, exécutées à l'aide de très-gros diapasons, fixés, en vue de renforcer le ton, sur des caisses résonnantes, la limite inférieure serait atteinte vers 16 doubles vibrations (à l'octave sub-contra ut_{-2}) ; d'ailleurs, elle est sujette à de faibles oscillations individuelles (2). Le même observateur, se servant de diapasons très-petits, a trouvé, comme limite supérieure, un ton de 40,360 vibrations (le mi_{-1} de l'octave $''''''''$). Ici, les différences individuelles peuvent être assez importantes. En même temps, les tons les plus hauts sont douloureux pour l'oreille (3).

Entre les limites indiquées, la sensation de ton se nuance, d'après la loi qui sert de fondement à l'échelle musicale. Nous mettons les sen-

1. Helmholtz, *Lehre v. d. Tonempfind.* 4e é lit. p. 293.

2. Preyer, *Akustiche Untersuch.* p. 1 et suiv. L'ouvrage suivant du même auteur : *Die Grenzen der Tonwahrnehmungen*, Iéna 1876 p. 1, contient des expériences plus anciennes. Elles aboutissaient au même résultat, mais ne sont pas absolument probantes, parce que Preyer s'est servi de tuyaux à anche, qui n'empêchent pas la confusion avec les harmoniques. En utilisant les tons différentiels des tuyaux bouchés de l'orgue, on réussit mieux à découvrir la limite inférieure des tons ; car, ici, la comparaison avec les deux tons primitifs nous préserve de cette confusion avec les harmoniques. De cette manière, j'ai trouvé (je l'avais déjà annoncé dans la première édition de ce livre p. 362), que un peu moins de 16 battements, si l'énergie est suffisante, sont nettement perçus comme un ton grave.

3. Preyer, *Die Grenzen der Tonwahrn.* p. 18.

sations de ton dans une série continue, où nous désignons par le terme de *hauteur de ton* la place de chaque sensation. Mais les hauteurs de ton sont en relation constante avec les nombres objectifs de vibrations des tons, puisque des *différences égales absolues de hauteur de ton correspondent à des différences égales relatives des nombres de vibrations*. Donc, pour que la hauteur de ton croisse ou diminue des mêmes grandeurs absolues, le nombre de vibrations doit être augmenté ou diminué dans la même proportion. L'échelle musicale emprunte certains degrés à la série continuellement graduée des sensations de tons: elle substitue de cette manière au continuum non interrompu des hauteurs de tons un continuum *discret*, puisqu'elle franchit les passages ou transitions existant entre les diverses gradations de tons choisies par elle. Le choix des gradations ou nuances de ton est déterminé par des règles, qui sont basées sur les lois de l'affinité ou parenté des sons (voir chap. XII). Mais la loi de relation entre la hauteur de ton et le nombre de vibrations trouve son expression dans l'échelle musicale, puisque partout des rapports égaux des nombres de vibrations répondent à des gradations égales de ton. Ainsi, dans toute l'échelle musicale, le rapport des nombres de vibrations est

pour l'octave	1 : 2,	pour la quarte	3 : 4,
— la duodécime	1 : 3,	— la sixte	3 : 5,
— la quinte	2 : 3,	— la tierce majeure	4 : 5,
		— la tierce mineure	5 : 6.

Ces rapports restent immuables, malgré les variations des nombres absolus de vibrations. Nous sommes en état de reconnaître, très-exactement et sans grande préparation, les intervalles de hauteur des tons. Mais un long exercice est nécessaire, pour déterminer la hauteur absolue des tons. Dans ce dernier cas, il faut s'être livré à une répétition fréquente des impressions de ton et en avoir un souvenir très-précis; tandis que l'égalité ou la différence de deux intervalles de ton, alors même que ceux-ci appartiennent à des hauteurs diverses de l'échelle musicale, s'accuse directement dans la sensation. Pour la même raison, l'accord absolu d'un instrument de musique peut varier considérablement, sans que nous percevions ce changement, tandis que nous sentons sur-le-champ de très-faibles déviations de ces intervalles réguliers. Ceci nous amène à la conclusion suivante : nous sentons directement et uniquement les *rapports* des nombres de vibrations et non leurs différences absolues ; et, à des rapports égaux des nombres de vibrations correspondent des différences égales absolues de la sen-

sation. Par sa forme, cette loi concorde entièrement avec celle qu'on a trouvée pour la relation entre l'intensité de la sensation et l'énergie de l'irritation ; nous avons seulement à remplacer, ici, l'énergie de l'irritation par le nombre de vibrations. Représentons-nous par conséquent la série des tons, comme étant une ligne droite, dont des segments égaux correspondent à des accroissements égaux de la hauteur des tons, et élevons sur cette ligne des ordonnées, qui soient proportionnelles aux nombres correspondants de vibrations : la courbe reliant les sommets des ordonnées sera de nouveau une ligne logarithmique. Si H désigne la hauteur de ton, S le nombre de vibrations du ton émis, b le nombre de vibrations du ton le plus grave de la série des tons et K une constante, alors

$$H = K \cdot log.\ nat.\ \frac{S}{b}.$$

D'après le sens de la formule de mensuration, établi antérieurement (p. 405), b indique ici la valeur de seuil de l'irritation, en d'autres termes, le nombre de vibrations, où commence la sensation de ton. Mais, on peut choisir pour cela ce nombre de vibrations, par lequel on laisse commencer volontairement la série des tons : alors, avec les modifications de la valeur de b, seule la constante K revêt d'autres valeurs (1). Chose remarquable, dans ce cas, la loi de la fonction logarithmique n'est pas abstraite de la détermination des valeurs limites de la sensation ou des différences à peine perceptibles ; mais, elle est directement empruntée à la comparaison des valeurs finies de la sensation. Cela prouve déjà, que la mesure de sensation pour les hauteurs de ton est développée d'une façon relativement plus délicate, que la mesure pour les énergies de sensation, quoique (comme nous l'avons vu pour les graduations d'intensité de la lumière) toujours ici, selon les circonstances, une appréciation quantitative de différences dépassant le point perceptible soit possible (p. 373).

Même, si on pratique des investigations à l'aide des modifications minima de la vitesse des vibrations, il se confirme, que le sens auditif est bien supérieur à tous les autres sens, pour distinguer qualitative-

1. Euler a été le premier à appliquer les logarithmes au rapport des tons (*Tentamen novæ theoriæ musicæ*, Pétrop. 1739, p. 73). Voir aussi Herbart, *Ueber die Tonlehre*, vol. VII, p. 224 de ses œuvres complètes. Dernièrement, Schubring a calculé à l'aide des logarithmes tous les nombres de vibrations employés en musique. (Schlömilch, Kahl et Cantor, *Zeitschr. f. Mathem. und Physik*. XIII, supplém. p. 103.)

ment les irritants, qui lui sont homogènes. Dans les hauteurs moyennes de l'échelle musicale, les gens, même non initiés, distingueront des tons émis successivement, qui diffèrent seulement de quelques vibrations à la seconde ; bien plus, une oreille exercée est capable de reconnaître la différence, quand celle-ci mesure seulement des fractions d'une vibration (1). C'est ce que montre le tableau suivant, dressé par Preyer, de quelques expériences de divers auteurs, où n et n' sont les nombres de vibrations de deux tons comparés, $a = \frac{1}{n - n'}$ désigne la sensibilité différentielle absolue réduite à l'unité, et $r = \frac{n}{n - n'}$ la sensibilité différentielle relative (2).

(Expérimentateurs)	n	n'	$n-n'$	a	r
DELEZENNE	120,209	119,791	0,418	2 39	289
SEEBECK	440	439,636	0,364	2,75	1212
PREYER	500,3	500	0,300	3,33	1666
	1000,5	1000	0,500	2,00	2000

Ces observations ne comportent pas d'autres conclusions, puisqu'elles proviennent de divers expérimentateurs et ont été exécutées, d'après des méthodes trop imparfaites. Elles sont surtout incapables de confirmer ou d'infirmer la validité de la loi de Weber, qui a été établie au moyen des graduations dépassant le point perceptible, pour les sensations de ton.

La sensation de hauteur de ton est un produit de la perception directe des rapports de ton ; des conditions accessoires, par exemple, des tons partiels concomitants de hauteur correspondante ne peuvent l'occasionner. Or, ces sortes de conditions accessoires sont susceptibles de varier, sans que la détermination des intervalles de ton en soit modifiée. Nous percevons ces intervalles dans les tons purs, de la même manière que dans les sons d'une composition plus ou moins complexe. Cela prouve, que nous reconnaissons dans l'octave et le ton fondamental, dans la quinte et le ton fondamental, etc., toujours les mêmes différences de sensation, n'importe la hauteur absolue des

1. La comparaison des tons émis *successivement* est indispensable ; car, avec la résonnance simultanée, il se produit des battements, qui nous révèlent la différence de hauteur des tons, alors même que cette différence n'est pas directement perçue dans la sensation. Voir plus loin p. 455.

2. Preyer, *Die Grenzen der Tonwahrn.* p. 26 et suiv

tons. Evidemment, ceci ne veut pas dire, que le choix des degrés ou nuances de ton, contenus dans l'échelle musicale, est basé sur la mesure directe des sensations, ainsi qu'on l'a souvent affirmé. Ce choix est (comme nous le verrons ultérieurement) plutôt déterminé par les lois de l'harmonie, qui, de leur côté, ont pour fondement ce fait, que les sons se composent de tons partiels. Seulement, de l'existence de l'échelle musicale et de la possibilité de son application aux tons simples, on doit conclure ici, que nous possédons dans notre sensation une mesure pour la graduation qualitative des tons, et, qu'à l'égard des rapports objectifs des tons, cette mesure suit la loi de Weber. Cette conséquence ne serait pas moins autorisée, si la musique eût choisi des intervalles tout autres ; et, en effet, des changements de ce dernier genre n'ont pas manqué de se produire, dans le cours de l'évolution de la musique.

La série des tons forme un continuum d'*une* seule dimension. Nous pouvons la représenter par une ligne, et, le plus simplement, par une ligne droite d'une étendue indéterminée. Ses deux points terminaux sont les limites inférieure et supérieure des hauteurs de ton. Ces deux limites, purement physiologiques, varient selon les divers êtres organisés et, même, selon les individus différents de même espèce ; car, elles dépendent de la façon variable, dont sont accordés les mécanismes unis à l'extrémité du nerf auditif. Si l'on considère simultanément l'intensité de la sensation, la ligne des tons se convertit en un continuum de *deux* dimensions, qui est exprimé de la manière la plus simple sous forme d'un plan. De plus, dans notre conscience, la durée des sensations de ton a, comme *troisième* dimension, une importance essentielle. Mais, l'intuition de temps, résultant de la relation réciproque de sensations, qui alternent ou se succèdent, nous l'étudierons en détail, lors de la combinaison des sensations de ton en représentations complexes.

Résumant ses propres observations et celles d'autres expérimentateurs, sur la sensibilité pour les modifications minima des vibrations sonores, Preyer a été amené à poser la conséquence suivante : dans le domaine des hauteurs de ton, la loi de Weber est sans valeur ; et, c'est plutôt ici la sensibilité différentielle absolue, et non la sensibilité différentielle relative, qui reste approximativement constante dans certaines limites. Or, cette conclusion s'appuie sur les chiffres obtenus par divers observateurs, dans des conditions entièrement différentes, et à l'aide de sons de timbre différent. Quand même, toutes ces expé-

riences auraient été pratiquées avec les sons purs des diapasons (ceci est évidemment le moyen le plus convenable), la méthode des différences à peine perceptibles serait justement celle qui permet le moins de comparer des observations, qui ont été exécutées indépendamment les unes des autres. Car, tout observateur de ce domaine sait, que constamment il se produit une espèce d'entente sur la grandeur, qui est suffisante pour devenir perceptible, puisque surtout, comme cela avait lieu ici, non pas tant la modification à peine perceptible, mais la modification dépassant le point perceptible, est déterminée. Les faits personnels de Preyer concernent seulement *deux* hauteurs de ton, où la sensibilité différentielle absolue était encore moins constante, que la sensibilité différentielle relative. Mais ne l'oublions pas, chez les individus véritablement musiciens, d'où proviennent les observations communiquées par Preyer, la connaissance, acquise par l'expérience, des hauteurs absolues de ton et l'habitude de distinguer les tons, *qui résonnent ensemble*, engendrent, avec la méthode des modifications minima, une complication telle, qu'il n'en existe point de semblable dans aucun autre domaine sensoriel. En jugeant les faibles différences des hauteurs de ton à l'aide des battements, qui prennent naissance lors du son résultant, le musicien possède en même temps avec ces battements un moyen de pouvoir distinguer d'une façon approximativement exacte, à tous les degrés de l'échelle musicale, des différences absolues égales de vibrations; puisque le nombre des battements de deux tons, qui sont près de l'unisson, est égal à la différence des nombres de vibrations. Inévitablement, chez les musiciens exercés, cette circonstance influe sur la distinction des hauteurs de ton. Il vaudrait donc mieux faire les expériences sur les individus, qui ne sont nullement dressés à discerner les hauteurs absolues de ton et les différences de hauteur de ton.

L'exercice musical influe puissamment sur l'appréciation des hauteurs de ton. Ceci ressort spécialement des observations que Preyer a colligées (1) sur la *sensibilité concernant la pureté des intervalles musicaux*, quand il s'agit de percevoir successivement les tons. Sous ce rapport, les intervalles se présentent dans l'ordre ci-dessous : octave, quinte, ton entier, quarte, tierce majeure, sixte majeure, tierce mineure, septième naturelle, sixte mineure. Abstraction faite du ton entier, cette série est la même, que celle où les intervalles se suivent par rapport au degré d'harmonie. (Voir chap. XII.) Il est donc certain, que nous apprécions la pureté des intervalles harmoniques d'après cette coïncidence des tons partiels, qui a déterminé leur choix. Par conséquent, on ne découvre pas là le moindre prétexte d'attribuer ce choix à une espèce de mécanisme inné de l'appareil auditif, comme l'admet par exemple Preyer ; car, selon cet auteur, l'appréciation des intervalles aurait pour base les distances des extrémités excitées des filets nerveux dans le limaçon ; en d'autres

1. Preyer, *Die Grenzen der Tonwahrnehmung*, p. 38 et suiv.

termes, elle dépendrait du nombre des extrémités inexcitées, qui se trouvent entre deux extrémités excitées, de la même manière que l'appréciation des distances s'opère à l'aide de la rétine et à l'aide de l'organe tactile (1). Les anciens acousticiens croyaient, que nous avons une conscience obscure des rapports les plus simples de vibrations ; leur opinion était certes bien préférable à cette idée étrange, que notre sentiment de l'harmonie émane d'une connaissance innée de l'expansion des nerfs du limaçon. La coïncidence ou la non-coïncidence des tons partiels explique suffisamment, pour les intervalles harmoniques, la finesse de la distinction. Assurément, la perception de cette coïncidence est uniquement basée sur l'exercice musical. Ceci est en partie confirmé par le fait suivant : un intervalle non harmonique, d'où cette coïncidence est absente, mais qui est favorisé par un usage fréquent, à savoir le ton entier, appartient aux intervalles, que l'on peut le mieux distinguer. En même temps, cette circonstance indique de nouveau, que le moyen de reconnaître des intervalles déterminés n'est pas absolument lié à la perception des harmoniques, mais que, indépendamment de cela, nous avons la faculté de mesurer comparativement des différences finies de la sensation. Jusqu'à quel point sommes-nous capables, grâce à cette faculté, de reconnaître des intervalles déterminés ? Pour trancher cette question, il serait convenable de comparer les observations sur les sons riches en harmoniques avec celles pratiquées sur les tons purs du diapason.

Abstraction faite des observations, concernant la sensibilité différentielle pour les hauteurs de ton, on a vu finalement se produire une autre opinion, qui conteste l'application de la loi de Weber et de la loi logarithmique aux sensations de ton. Helmholtz a eu raison (comme nous le constaterons plus loin) de ramener les intervalles de l'échelle musicale à des concordances déterminées dans les tons partiels des sons. Aussi a-t-il cru devoir admettre, que la distinction des hauteurs de ton repose généralement sur l'affinité ou parenté des sons. Si cette opinion était juste, il serait impossible de connaître les intervalles dans les sons, qui sont dépourvus d'harmoniques. Ceci a été effectivement affirmé en partie par Helmholtz (2) et, d'une façon plus explicite, par G. E. Müller (3). Selon ce dernier auteur, seule l'association avec des impressions antérieures permettrait de reconnaître les intervalles dans les sons purs du diapason. Assurément, toujours et partout, seule l'association avec des expériences antérieures fait reconnaître l'octave, la quinte, etc., comme octave, comme quinte, etc. Mais je ne comprends pas, comment une association de ce genre peut avoir lieu, si une appréciation, concernant la mensuration des différences finies de hauteur de ton, n'est pas directement possible dans la sensation, de la même manière que nous graduons les intensités lumineuses des étoiles

1. Preyer, *Akustische Untersuchungen*, p. 60.
2. *Lehre v. d. Tonempf.* 3e édit. p. 321, 451.
3. *Zur Grundlegung der Psychophysik*, p. 285.

ou d'autres impressions lumineuses, d'après des différences dépassant le point perceptible. Si, lors de cette estimation des hauteurs de ton, en employant des tons purs, nous reconnaissons toujours la quinte, la quarte etc., à tous les degrés de l'échelle musicale, comme étant la même différence finie de la sensation, cela prouve justement, que cette mensuration directe des hauteurs de ton répond à la loi de Weber. Naturellement, ceci ne signifie pas, que les intervalles harmoniques soient engendrés par cette appréciation directe de la hauteur de ton ; l'affinité des sons (étudiée plus loin) a exercé sur leur choix une influence prépondérante, qui s'est accrue depuis l'emploi de la musique polyphone. Comment peut-on trouver (1) une contradiction entre la concession de ce fait et la proposition, que dans la sensation nous percevons directement, comme étant égaux, des intervalles quelconques égaux de la hauteur de ton ? C'est d'ailleurs difficile à comprendre, quoique peut-être justement l'opinion erronée, que ces deux hypothèses s'excluent, explique en quelque sorte la tendance, contradictoire à l'expérience directe, de dériver seulement de l'affinité des sons toute distinction des hauteurs de ton. On croyait, en concédant, que les intervalles pouvaient être appréciés sans recourir aux harmoniques, retomber sur-le-champ dans l'ancienne hypothèse, d'après laquelle nous devons sentir directement les rapports simples des nombres ; tandis qu'il s'agit justement en cela, comme à propos des intensités lumineuses, d'une seule chose, à savoir que nous sommes généralement en état de comparer les différences de sensation dépassant le point perceptible, faculté qui permet alors, grâce à l'affinité des sons, de fixer la position des intervalles musicaux. Assurément, dans les tons purs, ces intervalles résonnent « à vide et sans causer de satisfaction » ; mais, un pareil jugement sur les propriétés harmoniques des intervalles ne doit pas cependant être confondu avec l'appréciation directe des différences finies de la qualité de la sensation. Parfois, sans doute, on a encore objecté contre l'adoption des sensations de ton pures, que nous ne disposons d'aucun moyen pour produire des sons, dépourvus totalement d'harmoniques ; mais ce reproche est sans valeur, surtout pour les diapasons, qui vibrent sur des résonnateurs accordés. En revanche, il faut noter, que les observateurs les plus exercés ont trouvé, dans ces sortes de sons des diapasons, émis avec une énergie perceptible, uniquement des tons supérieurs inharmoniques relativement très-élevés, qui ne doivent pas être pris en considération dans la question, dont il s'agit ici (2). Seulement Preyer avait cru pouvoir démontrer, dans les sons des diapasons, un nombre relativement plus grand de tons supérieurs harmoniques (3) ; or, nous verrons plus loin, que ses expériences n'ont pas établi l'existence objective de ces tons.

1. Müller, *loc. cit.*, p. 285.
2. Helmholtz, *Lehre v. d. Tonempf.* 4e édit. p. 263.
3. Preyer, *Akust. Untersuch.* p. 16.

Généralement, le *son résultant* ne se distingue du son, que par l'énergie plus uniforme des tons partiels, qui le constituent. Aussi, notre oreille le décompose-t-il plus facilement en ses divers éléments. Selon nos appréciations, le son est une sensation unique, mais l'analyse plus intime de sa composition complexe nous oblige à concevoir le son résultant, comme une sensation complexe. La nature si variable des sons résultants contribue à leur donner ce caractère. Le son d'un instrument, par exemple, contient, à quelques déviations près, toujours la même série d'harmoniques. Mais nous pouvons, sur un même instrument à plusieurs accords, produire des accords très-différents et d'autres sons résultants. Sur ces rapports sont basés deux phénomènes, qui apparaissent exclusivement avec les sons résultants et ont une grande importance, surtout à propos de l'effet musical de ces sons. Le premier de ces phénomènes consiste dans les *tons de combinaison*. Ceux-ci se forment, parce que deux tracés d'ondes de ton d'une énergie suffisante engendrent un troisième mouvement de ton, qui correspond à la différence ou à la somme de leurs nombres de vibrations. Le second phénomène réside dans les *battements*, qui sont occasionnés par la perturbation réciproque de deux tracés d'ondes de ton, présentant une faible différence des nombres de vibrations.

Les *tons de combinaison* se produisent dans toutes les circonstances, où les tons émis simultanément sont assez énergiques, pour que la grandeur des vibrations ne puisse plus être considérée, comme infiniment petite, par rapport à la grandeur de la masse vibrante. Dans ce cas, le principe (développé p. 437) de la superposition des ondes sonores, d'après lequel, la vibration résultante est toujours obtenue par la simple addition de ses composantes, n'est plus rigoureusement juste ; mais il se manifeste, indépendamment du mouvement vibratoire primitif, deux *nouveaux* mouvements vibratoires : le nombre de vibrations de l'un répond à la *différence* des vibrations des deux tons primaires, et, le nombre des vibrations de l'autre, à la *somme* des vibrations des deux tons primaires (1). Par conséquent, deux tons simples peuvent engendrer deux sortes de tons de combinaison : un *ton différentiel* et un *ton additionnel*. Le ton différentiel est généralement plus énergique. Ces deux espèces de tons de combinaison sont susceptibles d'être produits par les tons fondamentaux des sons, comme par

1. Helmholtz, *Annalen* de Poggendorff, tome 94, p. 297, et *Lehre v. d. Tonempf.* 3e édit. p. 239, 618.

leurs harmoniques. L'énergie des tons de combinaison dépendant de l'énergie des tons géniteurs, les tons fondamentaux fournissent ordinairement les tons de combinaison les plus forts. Même les tons additionnels, dans les hauteurs de l'échelle musicale, atteignent, à cause de leur nombre important de vibrations, bientôt les limites, où l'oreille est incapable de percevoir les sons. En outre, des tons de combinaison énergiques, associés à des tons primaires, forment encore des tons de combinaison. De cette manière naissent des *tons différentiels* et des *tons additionnels d'ordre plus élevé*, qui cependant, surtout ces derniers, sont très-faibles. Dans de nombreuses circonstances, les tons de combinaison ont d'ailleurs une intensité si faible, qu'ils peuvent être nettement perçus à l'aide des résonnateurs, qui sont accordés avec eux. Néanmoins, les tons de combinaison ont une influence importante sur le son résultant, comme nous le verrons plus loin, en étudiant l'effet esthétique des représentations de son (1); cependant, cette influence ne s'étend principalement, qu'aux tons différentiels de premier ordre. Mais les tons additionnels, si faibles par eux-mêmes, sont parfois renforcés par des harmoniques, qui coïncident avec eux. D'ailleurs, selon la remarque de G. Appun, pour chaque son composé de deux sons, il existe un ton différentiel de deuxième ordre, qui possède un nombre de vibrations égal au ton additionnel de premier ordre et, par conséquent, peut renforcer celui-ci. Par exemple, à deux tons, avec l'intervalle de la quinte 2 : 3, correspond un ton différentiel 1 et un ton additionnel 5; et le ton différentiel de deuxième ordre, que forme le premier harmonique (6) du ton plus aigu avec le premier ton différentiel 1, est également = 5. Donc, si nous désignons par n et n' les nombres de vibrations des tons primitifs, leur ton additionnel coïncide généralement avec le ton différentiel $2n' - (n - n')$ (2).

Le rapport des vibrations des tons primaires, qui engendrent les tons de combinaison, exerce une grande importance sur la perceptibilité et l'effet de ces derniers. Si ce rapport de vibration est simple, de manière que les tons primaires forment entre eux un intervalle har-

1. Voir chap. XII et XIV.

2. Appun, auquel se rattache Preyer, a conclu de là, que les tons additionnels n'existaient pas et étaient seulement des tons différentiels de second ordre. (Preyer, *Akust. Untersuch.* p. 12.) Comme la déduction mathématique, donnée par Helmholtz, des tons additionnels, n'a pas été réfutée par ces auteurs, on peut voir, dans cette remarque d'Appun, uniquement la possibilité ou la vraisemblance, que le ton additionnel est renforcé par un ton différentiel.

monique (octave, quinte, etc.), la proportion de vibrations du ton de combinaison par rapport aux tons primaires est simple. Par exemple, à l'octave, avec le rapport de vibrations 1 : 2, correspond un ton différentiel 1 et un ton additionnel 3 ; le premier coïncide donc avec le plus grave des tons primaires, qui en éprouve un renforcement ; le second forme sa duodécime. A la quinte, avec le rapport de vibrations 2 : 3, répond un ton différentiel 1 et un ton additionnel 5 ; le premier constitue l'octave plus grave du premier des tons primaires; le second, la tierce majeure de son octave plus aiguë. Dans les cas de ce genre, les tons de combinaison, unis à leurs sons primaires, produisent une sensation continue, indépendamment de laquelle, on perçoit seulement, lors des tons différentiels les plus graves, les diverses secousses ou coups de ton (Tonstösse), qui engendrent le ton de combinaison. Il en est autrement, si les nombres des vibrations des tons primaires ne sont nullement en rapport simple. Quand, par exemple, les vibrations de ces derniers se comportent comme 10 : 23, il nait un ton différentiel 13, qui avec le ton plus grave 10 ne résonne plus en même temps, sans présenter généralement des perturbations. On voit plutôt apparaître ici le cas suivant, déjà décrit dans la fig. 108: deux courbes de vibrations, dont chacune est régulière, se combinent en un mouvement irrégulièrement périodique, qui est incapable d'occasionner une sensation continue. Ainsi prennent naissance les *battements* des tons, qui seront étudiés tout à l'heure et servent de base à la dissonance. Par suite de ces battements, les tons de combinaison des unions inharmoniques des tons sont beaucoup plus difficiles à percevoir; cependant, ils peuvent renforcer la dissonance des tons primaires, ou même ils sont aptes à la produire, si entre ces tons il n'existait aucune dissonance.

Les *battements des tons* ou les *secousses des tons* apparaissent entre tous les éléments constituants de deux sons, entre leurs tons fondamentaux comme entre leurs harmoniques ; de plus, les tons de combinaison peuvent participer à ces battements. Ces perturbations du son résultant sont basées sur l'interférence des ondes sonores. Quand on émet deux tons de hauteur et d'énergie égales, il nait un ton d'intensité double, à condition que les montagnes et les vallées des deux ondes coïncident. D'après le principe de l'addition des ondes, exposé p. 437, il se produit ici un tracé d'onde unique, dont les montagnes et les vallées ont une grandeur double. En disposant au contraire l'expérience, de façon que les montagnes d'une onde rencontrent les vallées de l'autre onde et inversement, les deux mouvements s'anéantissent et

aucune sensation de ton ne se manifeste. Si les deux sources de ton sont à une certaine distance l'une de l'autre, généralement les vibrations s'influencent tellement, que le ton est renforcé par l'interférence. Cela tient aux lois des vibrations associées. Puisque, par exemple, une corde entre en vibration sympathique ou associée, lors de l'émission d'un ton, avec lequel elle est accordée, les vibrations, engendrées en frappant directement cette corde, s'adapteront à la phase de vibration d'un autre ton de hauteur égale. Seulement, dans certaines circonstances, on observe un résultat inverse : si, par exemple, le même ventilateur chasse de l'air dans deux gros tuyaux bouchés d'orgue, qui se touchent. Dans ce cas, l'air provenant d'un tuyau entre toujours simultanément dans l'autre tuyau, et alors tous les deux vibrent suivant des phases opposées. Par conséquent, au lieu du ton, on entend seulement un bruit sifflant (1).

Les mêmes phénomènes, que nous observons ici pendant toute la durée des tons résonnant ensemble, peuvent même se montrer durant une petite fraction de ce temps. Il en est ainsi, lorsque deux tons, dont les nombres de vibrations diffèrent très-peu l'un de l'autre, résonnent ensemble. Si, par exemple, deux tons diffèrent d'une vibration à la seconde et si, au début de leur résonnance simultanée, existent deux mouvements de phase égale, au commencement de la deuxième seconde de nouveau des phases égales se rencontreront ; mais, dans le cours de la première seconde, un ton aura fait, en moins que l'autre, une vibration totale, composée d'une montagne et d'une vallée : donc, durant ce temps, et après l'écoulement de la moitié de la première seconde, une montagne d'une onde a dû se rencontrer avec une vallée de l'autre onde. Il résulte de là, que les tons, différant d'*une* vibration, se renforcent par l'interférence une fois à la seconde, à savoir quand des phases égales se rencontrent, et s'affaiblissent une fois par l'interférence, lors de l'existence de phases opposées. Si les tons diffèrent de 2, 3, 4.... n vibrations à la seconde, naturellement 2, 3, 4.... n augmentations et diminutions de ce genre ou des battements

1. Helmholtz, *Lehre v. d. Tonempf.* p. 252. Cette même expérience s'exécute avec la double sirène d'Helmholtz, si on place les deux disques disposés pour le même ton, de manière que les courants d'air de l'un des disques arrivent dans l'intervalle de temps compris entre deux courants d'air de l'autre. (Helmholtz, *loc. cit.* p. 286.) L'expérience avec les tuyaux bouchés est plus démonstrative, parce que les sons de ces tuyaux ont presque absolument le caractère des sons simples ; c'est pourquoi, le ton disparaît ici réellement, tandis que ce ton, dans le son de la sirène accompagné de forts harmoniques, se convertit en octave plus élevée.

de ton se manifestent. Ces derniers permettent, lors de la résonnance simultanée des tons, de reconnaître des différences extrêmement minimes de hauteur. Les tons, que nous percevons absolument égaux, quand ils résonnent successivement, peuvent donc encore être facilement distingués par les battements.

Les battements, provenant ainsi de l'interférence directe des tons, se distinguent parfaitement dans le voisinage de l'unisson. Ils diminuent alors avec l'accroissement de l'intervalle, et disparaissent, quand les intermissions de la sensation sont trop rapides. Il existe encore une seconde espèce de battements : ceux-ci deviennent très-nets, si les deux tons résonnant ensemble se rapprochent de l'intervalle de l'octave (1). Le nombre de ces secousses ou coups *supérieurs* (on les désigne ainsi, pour les distinguer des coups inférieurs déjà mentionnés) correspond à la différence des nombres de vibrations du ton supérieur et de l'octave du ton plus grave. Par conséquent, les battements disparaissent ici, quand l'octave est atteinte, de même que les battements inférieurs cessent lors de l'unisson (2). Ces derniers ont pour origine l'interférence objective des vibrations. Mais les coups supérieurs prennent probablement naissance dans l'oreille ; car, comme le prouve leur existence chez les tons purs, qui sont dépourvus de timbre spécifique, ils ne peuvent pas provenir de l'interférence avec des harmoniques. Cependant, leur mode d'origine intime est encore inconnu.

L'effet perturbateur des battements est dû à la transformation de la sensation continue de ton en une sensation intermittente. Si les battements sont très-lents, l'effet perturbateur se révèle donc encore un peu ; il augmente, avec l'accroissement des battements, jusqu'à un maximum, d'où il décroît rapidement, et disparaît bientôt entièrement, puisque les battements cessent d'être perceptibles. Ce maximum de la perturbation se produit, lors de 30 battements à la seconde. Si cette vitesse ou une vitesse approximative existe, les battements engendrent un bruit de crécelle, semblable à l'émission de la lettre *R* ; mais la grande rapidité, avec laquelle les divers coups de ton se succèdent, ne permet plus de percevoir nettement la hauteur de ton. Le son perd donc ici son caractère de sensation continue et se convertit

1. R. König, *Annalen* de Poggendorff, vol. 157, p. 181.
2. Puisque le nombre m des battements inférieurs est $= n' - n$, si nous désignons par n et n' les nombres de vibrations des tons primaires, les coups supérieurs m' seront $= 2n - n'$.

directement en bruit. Celui-ci, au point de vue physique, est un mouvement sonore irrégulier (p. 437 fig. 108) ; et, envisagé physiologiquement, il dépend probablement de l'irritation « d'appareils particuliers de bruit », tandis que simultanément l'excitation des appareils de ton de l'oreille est troublée par les battements (p. 342). Si les battements dépassent notablement le chiffre de 30, notre oreille n'est plus capable de discerner les divers tons. Déjà, lors de 30 battements, le caractère intermittent de la sensation est très-indistinct ; et à 60 battements, il a totalement disparu. Nous pouvons encore distinguer, dit-on, des intermissions bien plus nombreuses appartenant à des tons résonnant ensemble, et même jusqu'à 132 intermissions à la seconde (1). Mais, cette allégation est, peut-être, basée sur une confusion avec l'impression disharmonique, que font sur nous des sons non alliés, quand ils sont émis simultanément. Or, nous devons absolument distinguer les perturbations du son résultant, originaires des battements, d'avec la relation, où entrent les divers sons grâce à leur affinité, c'est-à-dire à la concordance ou à la différence de leurs tons partiels. Pour prévenir toute erreur de ce genre, nous emploierons exclusivement le terme de *dissonance* à propos de ces perturbations du son résultant, qu'occasionnent les battements, par conséquent les intermissions de la sensation. Et nous nommerons *consonnants* tous les sons, qui ne forment entre eux aucun battement perceptible à notre oreille. Mais nous nous servirons du terme d'*harmonie*, toutes les fois qu'un certain nombre de tons partiels de plusieurs sons coïncidera. Les mots de consonnance et d'harmonie ont été, presque toujours, confondus entre eux. Helmholtz, s'appuyant sur les sciences naturelles, a essayé de démontrer l'identité de ces deux expressions. D'après lui, la disharmonie dériverait des battements, par conséquent de ce que nous avons appelé la dissonance ; et, au fond, le concept de l'harmonie serait seulement négatif, l'absence de la dissonance (2). Néanmoins,

1. Helmholtz, *Lehre v. d. Tonempf.* 3e édit. p. 273.

2. Sur cette confusion repose, selon ma croyance, cette assertion d'Helmholtz, déjà mentionnée et acceptée par de nombreux observateurs, que nous sommes capables de percevoir jusqu'à 132 intermissions de ton à la seconde. Si on commence aux degrés moyens et supérieurs de l'échelle musicale par l'accord de deux tons, et si l'on désaccorde alors l'un d'eux de plus en plus, la rudesse du ton, occasionnée par les battements, augmente graduellement et s'abaisse ensuite rapidement : aussi, bientôt les deux tons résonnent de nouveau simultanément et d'une façon continue. Mais la disharmonie persiste ; elle disparaît, quand un intervalle, caractérisé par l'affinité des sons, est atteint. Or, il arrive parfois, que l'on rapporte la continuité de la disharmonie à une persistance de la rudesse du ton, à la dissonance.

toutes deux diffèrent essentiellement. La dissonance est capable, selon les circonstances, de renforcer l'impression perturbatrice de la disharmonie; celle-ci peut exister sans dissonance, et même, jusqu'à un certain degré, la dissonance peut se produire sans disharmonie. La dissonance, la rudesse faible ou considérable d'un son résultant, est une propriété appartenant directement à la qualité de la sensation. Mais l'harmonie, puisqu'elle a pour base la perception de la composition analogue ou disparate des sons, consiste dans un acte de combinaison des sensations; elle appartient donc à la représentation et non à la sensation pure (1). Les tons peuvent être disharmoniques, sans offrir de trace de rudesse. La meilleure manière de s'en convaincre est de recourir aux sons simples des diapasons, posés sur des caisses résonnantes, parce que, dans ce cas, on évite les battements des harmoniques. Dans les positions moyennes et supérieures de l'échelle musicale, il est facile de donner à ces diapasons une différence de vibrations, par laquelle les interférences des tons se succèdent beaucoup trop rapidement, pour que des battements puissent être perçus. Cependant, l'impression perturbatrice des intervalles disharmoniques persiste (2). D'autre part, on peut produire des battements de deux tons, sans y remarquer aucune disharmonie. Cela tient à ce que nous percevons les intermissions de ton plus nettement, que les différences de hauteur de ton. Par conséquent, deux tons peuvent ensemble engendrer des battements, quoiqu'ils paraissent à l'unisson ou appar-

1. Pour l'étude détaillée de l'harmonie et de la disharmonie, voir chap. XII et XIV.

2. Voici comment j'ai pratiqué ces expériences. Deux diapasons, également accordés, avaient été placés sur des caisses à résonnateurs. L'un d'eux fut graduellement désaccordé par de petits poids collés à ses branches; et l'accord de sa caisse à résonnateur fut de même modifié, en tirant un châssis de carton. Cette disposition permet de découvrir, de suivre facilement la naissance des battements, depuis l'unisson jusqu'au maximum de la rudesse, et de celle-ci jusqu'à la disparition de la dissonance. Dans toutes les circonstances, je trouvai, vers 50 battements, la rudesse si indistincte, qu'on était autorisé à douter de son existence; au-dessus de 60, nulle trace sensible de perturbation. Les vastes expériences de R. König (*Annalen* de Poggendorff, vol. 157, p. 177 et suiv.) témoignent en faveur de cette limite. Les coups (Stösse), qu'il désigne, comme étant encore perceptibles, oscillent généralement autour de 40 à la seconde; au-dessus de ce chiffre apparaît « la rudesse » du son, en d'autres termes, selon notre interprétation, la disharmonie sans dissonance proprement dite. Enfin, l'observation des tons les plus graves indique la même limite. Si deux gros tuyaux d'orgue, bouchés, qui varient dans leur accord entre l'*ut*$_0$ de 64 et l'*ut'* de 128 vibrations, sont accordés pour le ton fondamental et la quinte (*ut*$_0$ et *sol*$_0$), il se produit un ton différentiel *ut*$_{-1}$ de 32 vibrations, où l'on remarque encore les intermissions des diverses secousses de l'air. Aucune trace de ces intermissions ne se présente avec l'*ut*$_0$ de 64 vibrations. D'ailleurs, ne l'oublions pas, les tons simples, alors même que chez eux les diverses secousses de l'air sont senties, n'ont jamais cette rudesse, qu'on observe à propos des battements et qui est occasionnée par l'alternance rapide entre les deux tons dissonants.

tenir à un intervalle harmonique. Ces sortes de battements sont parfois utilisés, comme auxiliaires de l'effet musical ; à la vérité, très-souvent ils sont perturbateurs, non parce qu'ils donnent naissance à la disharmonie, mais parce que la nature tremblotante du son ne convient pas la plupart du temps à l'expression musicale. Généralement, nous ne faisons pas trop attention à de légères dissonances de ce genre, tant que le rapport des hauteurs de ton et l'affinité des sons restent invariables. De là dépend l'importunité relativement faible, que nous occasionnent des instruments accordés d'après le tempérament égal. Or, les différences, qui séparent cet accord de l'accord pur, n'exercent, très-souvent, sur la sensation de hauteur de ton et l'affinité de son, aucune influence digne d'être signalée.

Des tons simples forment ensemble des battements et engendrent par conséquent la dissonance ; les divers tons partiels des sons composés peuvent, à cet égard, se comporter de la même manière. Parmi les éléments constituants d'un son, les tons fondamentaux occasionneront la dissonance ; et celle-ci, à cause de l'énergie prépondérante du ton fondamental, est alors si puissante, que les dissonances des harmoniques, qui dans ce cas ne sont jamais absentes, disparaissent. Ou bien, les tons fondamentaux seront consonnants, mais leurs harmoniques engendreront une dissonance plus ou moins accentuée. Dans une circonstance de ce genre, la dissonance est moindre que dans le cas précédent ; et son énergie se règle d'après l'intensité des harmoniques dissonants, par conséquent d'après leur nombre d'ordre ; car, pour la plupart des sons musicaux, l'énergie des harmoniques décroît avec la hauteur. Enfin, les tons de combinaison, mis ensemble ou avec les tons primaires, sont capables de former des battements. Justement, les dissonances des harmoniques sont facilement occasionnées par ces sortes d'intervalles de sons, qui se rapprochent d'un rapport simple des nombres de vibrations, mais sans l'atteindre complètement. Des harmoniques *coïncidants* ou *concordants* correspondent régulièrement à ces intervalles simples. Par exemple, pour le rapport du ton fondamental et de la quinte (*ut'* : *sol'*) la duodécime du ton fondamental (sol_2) est en même temps l'octave de la quinte, par conséquent un harmonique coïncidant des deux sons. Si les deux tons sont discordants de quelques vibrations, on ne remarque alors aucun battement entre les deux tons fondamentaux. Mais les harmoniques sol_2 ne sont plus identiques pour deux sons ; ils doivent donc former ensemble des battements, et le nombre de ces derniers correspond

exactement au nombre de vibrations, dont les deux tons fondamentaux diffèrent l'un de l'autre. D'autres harmoniques des deux sons sont encore dans un rapport analogue. On trouve, par exemple pour le rapport du ton fondamental et de la quinte, qu'à part la duodécime ou le troisième ton partiel du ton fondamental, le cinquième, le septième, le neuvième etc., coïncident avec le quatrième, le sixième, le huitième etc., de la quinte. Dès qu'ils ne coïncident plus exactement, tous ces harmoniques forment par conséquent des battements. Plusieurs sons, qui se déroulent simultanément, doivent donc avoir leurs tons fondamentaux, d'autant plus exactement accordés pour des intervalles harmoniques, qu'ils sont plus accompagnés d'harmoniques. Voilà pourquoi, la consonnance des harmoniques est le principal moyen d'accorder les sons d'après des intervalles harmoniques; cette circonstance explique en partie la confusion, que l'on commet fréquemment, de la consonnance et de l'harmonie (1).

Voici un autre phénomène, par suite duquel, les sons résultants, provenant surtout des tons graves, peuvent revêtir une composition plus complexe. Ce phénomène consiste, en ce que les battements se combinent pareillement, pour donner lieu à un ton. Ceci se produit toujours : 1° si leur nombre est tellement considérable, que la limite inférieure des sensations de ton est atteinte, et 2° si les tons, émis simultanément, possèdent une énergie suffisante. On obtient alors les *tons de secousses* (Stosstöne) étudiés par R. König (2). Ce sont simplement des battements, qui ont simultanément le caractère de ton et renforcent essentiellement les tons de combinaison plus graves, avec lesquels ils coïncident partiellement. Comme ils apparaissent seulement, durant l'existence des battements, ils sont uniquement perceptibles, lors de l'émission des tons les plus graves, presque à tous les intervalles compris dans l'octave. Avec les tons plus aigus, on les remarque, ainsi que les battements, mais seulement dans le voisinage de l'unisson et de l'octave, où ils correspondent aux battements inférieurs et supérieurs, déjà mentionnés p. 457. Les tons de secousses se distinguent des tons de combinaison par leur énergie beaucoup plus considérable; car, ils sont capables d'atteindre presque l'énergie des tons primaires, tandis que les tons de combinaison proprement

1. Quant à la dissonance des harmoniques dans les différents intervalles, voir Helmholtz, *loc. cit.* p. 287.
2. R. König. *loc. cit.* p. 193 et suiv.

dits sont toujours très-faibles. Les tons de combinaison, qui prennent naissance simultanément et ont le même nombre de vibrations, correspondent seulement aux tons de secousses inférieurs et non aux tons de secousses supérieurs. Naturellement, si cette dernière condition se réalise, le ton de secousse coïncide avec le ton de combinaison. Néanmoins, les tons de secousses doivent avoir un autre mode d'origine, puisqu'ils sont absolument et uniquement liés à l'apparition des battements. Les tons de combinaison ont une origine objective. Mais les tons de secousses naissent très-probablement dans notre oreille, parce que les intermissions soudaines du mouvement sonore mettent en jeu des vibrations indépendantes, dans les parties de cet organe, qui sont susceptibles de vibrer.

A l'exemple de Thomas Young, on attribuait autrefois une origine subjective aux tons de combinaison, découverts par Tartini. Mais, d'après les démonstrations d'Helmholtz, les tons différentiels, comme les tons additionnels trouvés par ce dernier auteur, consistent en un phénomène objectif, qui doit se manifester à propos de toutes les vibrations d'une grande amplitude, auxquelles ne s'applique plus le principe de la superposition des ondes. Or, très-probablement, ce rôle, que Th. Young assignait aux tons de combinaison, appartient aux tons de secousses si bien étudiés par R. König; mais il y a, dans ce cas, une différence importante : les tons de secousses sont uniquement perceptibles, durant l'existence des battements; tandis qu'au contraire les tons différentiels sont plus énergiques dans les intervalles des tons aigus. Malgré cette différence et d'autres de ce genre déjà signalées plus haut, Preyer a de nouveau réuni les tons de combinaison avec les tons de secousses ; il est revenu à l'opinion ancienne, il est donc partisan de leur origine subjective. Les tons de secousse supérieurs, qui s'opposent surtout à cette manière de voir, sont produits, selon Preyer, par les battements du ton plus aigu avec le premier harmonique (l'octave) du ton plus grave, quoique König ait observé ces secousses supérieures dans les tons purs des diapasons. Pour prouver que, même dans ces derniers sons, le premier harmonique et les harmoniques les plus immédiats se manifestent, Preyer plaça des diapasons très-sensibles, sur des caisses résonnantes, qui avaient été accordées pour les harmoniques, qu'il fallait démontrer. Il arriva effectivement, que les diapasons d'essai entrèrent en vibration sympathique, quand leur ton était une ou deux octaves au-dessus du ton du diapason, que l'on examinait (1). Or, ces expériences ne sont pas probantes : car, un diapason sensible vibre sympathiquement, non seulement, quand il est atteint par des secousses qui correspondent à son ton propre, mais aussi

1. Preyer, *Akust. Unters.* p. 13.

quand son ton propre possède un nombre double, triple ou quadruple de vibrations. L'expérience suivante le démontre d'une façon péremptoire. On prend un diapason électromagnétique *A*, pareil à celui dont se servait Helmholtz, dans ses expériences sur la composition des sons des voyelles (1), et on laisse ce diapason effectuer les interruptions d'un courant galvanique. Dans les fils conducteurs de ce courant est placé l'électro-aimant d'un diapason *B* plus petit et très-facilement excitable. Les deux diapasons sont accordés, de façon que *B* répond à l'octave, à la duodécime ou à la double octave de *A*. En même temps, ils sont tellement écartés l'un de l'autre, qu'on ne peut pas penser, que les ondes sonores émanant de *A* fassent vibrer directement par sympathie le diapason *B*. Dans ce cas, les aimantations alternatives de l'électro-aimant rapproché des branches du diapason *B* constituent seulement les impulsions de mouvement pour ce diapason : toutefois, il vibre sympathiquement, au moment où on laisse commencer les vibrations de *A*. Or, si des impulsions magnétiques, du nombre de vibrations $^1/_2$, $^1/_3$ ou $^1/_4$, mettent en vibration un diapason sensible, des impulsions sonores doivent évidemment produire le même effet. Par conséquent, toutes les autres conclusions, déduites par Preyer à l'aide de cette méthode d'analyse des sons, sont ruinées. D'ailleurs, quant à l'analyse des sons avec les résonnateurs, H. Grassmann (2) a déjà indiqué, qu'on ignore généralement, si les tons trouvés par les résonnateurs existent indépendamment d'eux, tant que l'on ne réussit pas à remarquer le ton partiel en question dans le son invariable.

4. — Sensations lumineuses.

Nous distinguons nos *sensations lumineuses* d'après trois modalités variables, qui sont : 1° La *qualité de la couleur* ou le *ton de la couleur*. 2° La *saturation de la couleur* ou la *gradation de la couleur*. Par ce dernier terme, nous voulons désigner le degré, où la sensation lumineuse incolore s'unit à une sensation colorée (3). Une couleur est, disons-nous, d'autant plus saturée, qu'elle est moins mélangée avec de la lumière incolore (avec du blanc, du gris ou du noir). Le blanc

1. *Lehre v. d. Tonempf.* 2e édit. p. 186.
2. *Annalen* de Wiedemann, vol. I, p. 606.
3. Aubert (*Grundzüge der physiologischen Optik*, p. 517) avait proposé le mot de *nuance de la couleur*, pour désigner la saturation d'une couleur. Depuis longtemps, un grand nombre d'auteurs emploient cette expression dans le même sens, que le ton de la couleur ; je me permettrai donc de la remplacer par le terme de *gradation de la couleur*, qui paraît moins exposé à ces sortes de confusions et est, peut-être, plus caractéristique ou plus expressif.

lui-même, à part ses graduations d'intensité jusqu'au noir, peut, en ce sens, être considéré comme le degré de saturation le plus faible d'une couleur quelconque. 3° L'*intensité lumineuse* ou l'*énergie* de la sensation. De ces trois modalités de la sensation lumineuse, généralement la première, le ton de la couleur, dépend de la longueur d'onde; la deuxième, la gradation de la couleur, du mélange de lumières d'autres longueurs d'onde; la troisième, l'énergie lumineuse, de l'amplitude des vibrations. Provisoirement, nous examinerons ces trois propriétés, comme si, à l'exemple de la hauteur et de l'énergie d'un son, elles pouvaient varier indépendamment les unes des autres ; mais il n'en est pas ainsi, car (nous le verrons plus tard) l'énergie lumineuse modifie la saturation, et celle-ci modifie à son tour la qualité de la couleur. Abstraction faite de ces influences, nous prendrons, ici, pour base de l'étude de la qualité, seulement les *couleurs simples* ou *saturées*. Le blanc, quoiqu'il ait le même droit, que toute couleur, à être considéré comme une qualité de la sensation, sera examiné à propos de la saturation, parce qu'il forme, dans l'échelle des graduations d'une couleur, un cas limite opposé à la saturation parfaite. Enfin, les graduations d'intensité du blanc seront discutées, en troisième lieu, avec les intensités des couleurs.

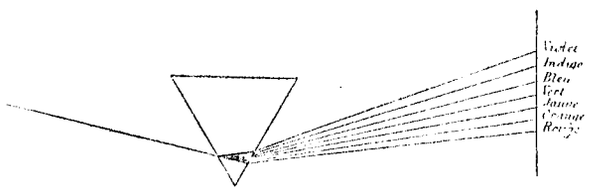


FIG. 111.

Le seul moyen d'obtenir les sensations simples colorées avec leur saturation complète est le suivant. Il consiste à dissocier la lumière mixte ordinaire ou blanche, à la réfracter en diverses sortes de lumières simples d'une longueur d'onde et d'une réfrangibilité différentes (1). Si, après avoir pratiqué une fente au volet d'une chambre obscure, on laisse tomber un rayon de soleil sur un prisme de flint-glass à trois faces, le rayon blanc, grâce à la réfrangibilité différente des sortes de

1. La dissociation par diffraction ou interférence ne produit pas une séparation suffisamment complète, et par conséquent aucune couleur parfaitement saturée.

lumières à longueur d'onde variable, qui le composent, se résout en une série de rayons colorés : on a alors le spectre. La lumière de la plus grande longueur d'onde est le plus faiblement réfractée, et, celle de la plus petite longueur d'onde, le plus énergiquement. La première est le rouge, et l'autre, le violet ; entre ces deux lumières, viennent toujours et successivement, dans le même ordre, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu (1) et le bleu indigo (fig. 111) (2). Un œil, regardant dans la direction des rayons émergents du prisme, perçoit directement cette série de couleurs comme spectre *subjectif*. Si, à l'endroit, où notre œil est placé, nous posons une lentille convergente d'une énergie convenable, et derrière cette lentille un écran blanc, un spectre *objectif* se dessinera sur cet écran et aura la forme d'une bande colorée. Si on répète la réfraction, en disposant plusieurs prismes l'un après l'autre, les diverses couleurs spectrales sont isolées bien plus complètement (3). Toutes les couleurs, obtenues d'une autre manière et non par la dissociation de la lumière solaire, ne possèdent aucune saturation complète : ce sont donc, surtout, celles qui prennent naissance par suite de l'absorption, qu'éprouvent certains rayons de lumière blanche, lors de la réfraction et de la réflexion. Par conséquent, les verres colorés ou les pigments colorés émettent toujours une lumière de réfrangibilité différente, ainsi qu'on peut s'en convaincre, en dissociant cette lumière à l'aide du prisme.

Les couleurs simples du spectre prismatique constituent une série

1. Au lieu de bleu pur, on dit souvent le *bleu cyanique* (cyaneum de Newton).

2. Le petit tableau suivant contient les longueurs d'ondes, calculées d'après les expériences faites sur les interférences, en dix millionièmes de millimètre, et, les nombres de vibrations correspondantes, en billions à la seconde. La ligne ou raie de Fraunhofer, qui limite le ton de la couleur, est placée entre deux crochets.

	Longueur d'onde.	Nombre de vibrations.
Rouge..... (*B*)...	6878.....	450
Rouge..... (*C*)...	6564.....	472
Jaune..... (*D*) ..	5888.....	526
Vert..... (*E*)...	5260.....	589
Bleu ..... (*F*)...	4843.....	640
Bleu indigo. (*G*) ..	4291.....	722
Violet..... (*H*)...	3928.....	790

En mettant dans l'obscurité le reste du spectre, on peut encore reconnaître une petite étendue au-delà de la ligne sombre *L*, qui limite le violet ordinairement visible : cette étendue est une couleur, l'ultraviolet, qui s'avance jusqu'à une ligne *R* correspondant à une longueur d'onde de 3108 (nombre de vibrations 912). Le rouge s'observe, dans les circonstances favorables, jusqu'à une ligne *A*, avec la longueur d'onde 7617 (nombre de vibrations 412). Le spectre de la vapeur du rubidium présente, un peu au-delà de *A*, deux lignes d'un rouge très-intense.

3. Relativement à ces méthodes, consulter Helmholtz, *Physiolog. Optik*, p. 261 et suiv.

de sensations, qui passent continuellement de l'une à l'autre. La multiplicité des couleurs simples peut donc, à l'exemple de la série des tons (1), être représentée par une *ligne*. Toute sensation colorée, qualitativement déterminée, forme un point de cette ligne ; et ce point permet d'arriver, par des passages graduels, à tout autre point quelconque de cette même ligne. Mais la ligne chromatique se distingue de la ligne des tons, car une série de sensations, correspondant aux graduations de l'irritant extérieur, ne peut être démontrée. Une échelle chromatique, si on entend désigner par-là une échelle analogue à celle des tons, n'existe point. Si nous voulions graduer quantitativement la série chromatique, à l'exemple de la série des tons, nous ne pourrions pas, à cet effet, employer des intervalles finis, mais seulement des différences minima, comme lors de la mensuration d'intensité de la plupart des sensations (2). Les sensations colorées présentent alors une caractéristique remarquable : le rouge et le violet, ces deux couleurs situées aux deux extrémités du spectre, se rapprochent de nouveau l'une de l'autre, quant à leur composition qualitative ; leur conduite est donc analogue à celle de deux couleurs voisines dans le spectre, par exemple du rouge et de l'orangé, ou du bleu et du bleu indigo. Ainsi, les couleurs ne forment pas, comme les tons, une ligne progressant toujours dans la même direction ; mais l'extrémité de cette ligne se rapproche de nouveau de son point de départ. Ceci indique évidemment, que cette ligne n'est pas droite et a une configuration un peu incurvée ou infléchie. Voici le moyen de démontrer avec la plus grande netteté la parenté des deux couleurs terminales du spectre : si on mélange ces deux couleurs, il se produit une couleur, qui contient tous les tons de transition possibles entre le rouge et le violet ; cette couleur est le *pourpre*. Celui-ci se rapproche davantage du rouge, si le rouge prédomine dans le mélange (rouge carmin) ; et du violet, si le mélange contient une plus grande quantité de cette dernière couleur (pourpre proprement dit). La multiplicité des couleurs simples est donc figurée par une ligne courbe, dont les extrémités se rapprochent, et le plus simplement par une ligne circu-

1. Il s'agit des tons ou *sons* (voir p. 449).

2. Selon ce principe, et non d'après l'analogie avec l'échelle des tons, comme cela a eu lieu plusieurs fois (Newton, *Optice* lib. I, pars II, tab. III, fig. 11 ; Helmholtz, *Physiol. Opt.*, planche IV, fig. 1), les divers tons colorés du spectre devraient être déterminés, quant à leur largeur, si l'on voulait obtenir une série correspondant à la gradation de la sensation. (Voir plus loin à ce sujet.)

laire, à laquelle il manque un petit segment d'arc, pour constituer un cercle parfait : si on y ajoute les tons de couleurs engendrés par le mélange des couleurs terminales du spectre, cet arc est alors complété. Nos sensations colorées forment une *ligne qui revient sur elle-même* ; ce qui constitue une autre différence entre les sensations colorées et les sensations de ton. La pensée ne conçoit pas la ligne chromatique se prolongeant à l'infini d'après deux directions, à l'exemple de la ligne des tons ; mais, l'étendue des sensations colorées est en soi plus restreinte. Bien plus, si nous voulions imaginer, que les modifications du violet et du rouge, telles qu'elles se manifestent vers les extrémités du spectre, se prolongent davantage, cette continuation s'effectuerait seulement dans la direction des tons de couleur du pourpre. Cependant, il se peut que ceci soit basé sur l'expérience, plutôt que sur la sensation primitive (1). D'ailleurs, le cercle est la forme la plus simple, mais non l'unique, qui soit admissible pour la ligne chromatique ; une ellipse ou tout autre courbe, revenant vers son point de départ, même une ligne infléchie, composée de parties incurvées ou droites, par exemple un triangle rectiligne, la représenterait aussi bien. Une condition indispensable pour toutes ces descriptions, c'est que les deux extrémités se rapprochent de nouveau et passent de l'une à l'autre, si on y ajoute le complément dû au pourpre. Parmi toutes les couleurs mixtes, les tons colorés purpurins sont en même temps les seuls, qui ne ressemblent à aucune des couleurs simples du spectre. Grâce au complément opéré par le pourpre, notre ligne chromatique présente donc toute espèce de sensations colorées saturées.

Si, sans avoir égard aux phénomènes des mélanges des couleurs, que nous étudierons ultérieurement, on veut construire la ligne chromatique d'après la gradation de la sensation, le cercle est la forme la moins compliquée, parce que c'est la ligne la plus simple qui revient sur elle-même. Mais l'extension, que l'on doit donner aux divers tons colorés, reste alors arbitraire. Si, dans ce but, nous nous proposions d'emprunter une mesure à la sensation directe, nous serions obligés,

1. Les rayons spectraux les plus réfrangibles, ordinairement invisibles, mais devenant visibles si l'on supprime toute autre lumière, en d'autres termes les rayons *ultraviolets*, apparaissent sans doute non avec la couleur pourpre, mais plus bleuâtres, que le violet proprement dit. Or, ceci n'est nullement en contradiction avec l'hypothèse, qui admet, que la courbe chromatique revient sur elle-même. Car, ce ton coloré bleuâtre est occasionné par la fluorescence de la rétine, qui, lors des rayons ultraviolets, atteint sa plus grande énergie par rapport à l'intensité de la sensation. La lumière de la fluorescence est blanchâtre, mais le blanc mêlé avec le violet donne un ton coloré bleuâtre.

puisque nous sommes incapables de sentir la gradation des intervalles colorés finis, à procéder comme pour la graduation de l'intensité de la sensation ; en d'autres termes, notre point de départ serait la sensation pour les différences minima. Or, dans le jaune, domine la plus grande sensibilité pour le changement du ton coloré ; ensuite, viennent le bleu et le vert bleuâtre; dans le vert, cette sensibilité est moindre ; elle diminue aussi considérablement vers les extrémités violette et rouge du spectre. La plus grande longueur d'arc du cercle chromatique serait donc occupée d'un côté par le jaune, de l'autre par le bleu ; la plus petite, par le rouge et le violet, et enfin par le vert. Ce sont, ici, les mêmes couleurs, qui (nous le verrons ultérieurement) jouent un rôle remarquable, lors des phénomènes du mélange des couleurs. Dans la fig. 112, cette graduation est indiquée par la largeur des différents

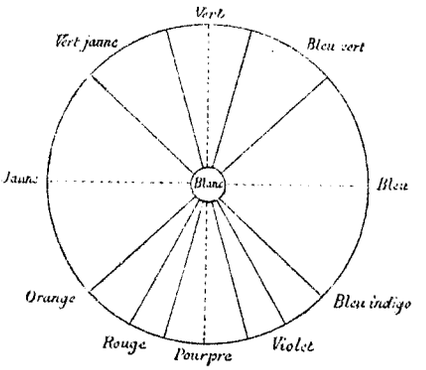


Fig. 112.

secteurs. Les expériences de Dobrowolsky (1) donnent avec plus de précision les nombres proportionnels, concernant la sensibilité différentielle des divers tons de couleur :

dans le rouge (ligne $B—C$), l'orangé ($C—D$), le jaune (D), le vert jaunâtre ($D—E$), le vert (E), le bleu verdâtre ($E—F$), le bleu (F), le bleu indigo (G), le violet ($G—H$).
$\frac{1}{115}—\frac{1}{167}$ $\frac{1}{340}$ $\frac{1}{431}$ $\frac{1}{615}$ $\frac{1}{772}$ $\frac{1}{746}$ $\frac{1}{246}$ $\frac{1}{272}$ $\frac{1}{156}$

1. Dobrowolsky, *Archiv f. Ophthalm.* XVIII, p. 66. Les chiffres, obtenus auparavant par Mandelstamm (*ibid.* XIII, p. 399), sont beaucoup plus faibles. Quant aux méthodes employées, consulter Snellen et Landolt, in *Handb. d. Augenheilk.* de Græfe et Sœmisch, tome III, p. 39 et la 4e édit. de mon *Lehrb. d. Physiol.* p. 665.

La relation, exprimée par ces chiffres, peut encore être représentée de la manière suivante. Supposons, par la pensée, les segments d'arc du cercle chromatique, qui servent à mesurer la sensibilité différentielle, convertis en ordonnées verticales et portés sur une ligne d'abscisse, dont les unités sont des différences à peine perceptibles de la sensation. Chaque ordonnée doit être alors inversement proportionnelle à cette différence des longueurs d'onde, qui occasionne une modification à peine perceptible de la sensation. On obtient ainsi une courbe, qui s'élève avec le rouge, atteint son premier maximum avec le jaune, tombe avec le vert à un minimum relatif, remonte avec le bleu à un second maximum et, enfin, s'abaisse encore avec le violet. Les trois points les plus bas de cette courbe correspondent à la couleur du commencement et de la fin, ainsi qu'à celle du milieu du spectre.

Certaines couleurs simples sont désignées dans le langage par des expressions plus anciennes et plus primitives, que celles des autres couleurs. On les a appelées *couleurs principales*, pour les distinguer des autres couleurs, qui sont les couleurs *intermédiaires*. Les couleurs

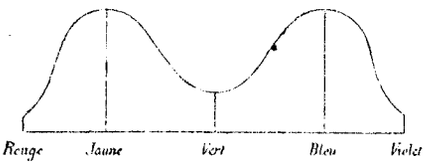


Fig. 113.

principales portent des noms très-caractéristiques : le *rouge*, le *jaune*, le *vert* et le *bleu*. Comme les couleurs intermédiaires sont placées entre deux couleurs principales, évidemment, elles ont plus d'affinité ou de parenté avec chacune de ces dernières, que celles-ci n'en ont entre elles ; par conséquent, la sensation les perçoit comme des gradations intermédiaires. C'est ce qu'expriment même les termes du langage, tels que le violet (le bleu de la violette), le vert orangé, le vert jaunâtre etc. Or, il ne faut pas conclure de là, que dans notre sensation directe les couleurs principales possèdent un caractère spécifiquement différent des couleurs intermédiaires. Mais, les couleurs principales empruntant, comme nous l'indique l'histoire du langage, leurs noms primitifs à certains objets marquants, par exemple le vert à la matière verte des plantes, le rouge à la coloration rouge du sang, des impressions déter-

minées semblent avoir plutôt occasionné le choix des couleurs principales ; c'est pourquoi, le rôle des couleurs intermédiaires devait naturellement appartenir aux autres couleurs. Seulement, ce fait, qu'il existe justement *quatre* couleurs principales, est en quelque sorte basé sur la nature subjective de la sensation ; car, deux couleurs principales voisines doivent être assez rapprochées l'une de l'autre, pour qu'une parenté sensible avec ces deux couleurs soit perceptible, dans toutes les couleurs intermédiaires. Si nous considérons la série chromatique, comme une courbe revenant sur elle-même, où l'on passe de différences imperceptibles à des différences perceptibles et de plus en plus accusées, il y aura sans doute, pour chaque point de cette courbe, un autre point, qui correspondra à une sensation de la variété qualitative la plus grande possible. Or, en mesurant, d'après les degrés de la sensibilité différentielle, les longueurs d'arc déjà indiquées du cercle chromatique, il faut (si ces arcs sont complétés par le pourpre (1)) regarder, comme points de la plus grande différence des couleurs, ceux qui sont touchés par les extrémités d'un diamètre du cercle. Et l'on obtient les quatre couleurs principales, si l'on unit, par un diamètre, le pourpre, situé entre les extrémités du spectre, avec le vert, couleur spectrale moyenne qui lui est opposée ; de plus, si l'on coupe ce diamètre par un autre, qui lui sera perpendiculaire, ce dernier diamètre atteint alors les deux autres couleurs principales, le jaune et le bleu (fig. 112). On semble autorisé à choisir le pourpre, au lieu du rouge, parce qu'il présente une différence également accusée par rapport aux trois autres couleurs principales, et qu'avec lui la couleur du commencement et celle de la fin du spectre apparaissent alliées dans la même mesure. Quand *une* couleur principale a été déterminée, les trois autres s'offrent d'elles-mêmes ; et ce sont celles qui, sur le cercle chromatique construit d'après les unités de la sensibilité différentielle, s'éloignent l'une de l'autre de 90°.

La *gradation de la couleur* consiste dans cette particularité de la sensation lumineuse, qui est constituée par le mélange plus ou moins considérable de la sensation incolore avec une sensation pure colorée. Le blanc est le plus faible degré de saturation de toute espèce de sen-

1. Afin d'obtenir pour le pourpre les valeurs correspondantes de la sensibilité différentielle, il faudrait utiliser, comme mesure de la sensibilité différentielle, les modifications minima des mélanges du rouge et du violet ; mais, actuellement, aucune expérience de ce genre n'a été pratiquée.

sation colorée ; et ses graduations différentes d'intensité, le gris et le noir, sont, à cet égard, synonymes de blanc. L'expression de « couleur saturée » n'a, d'ailleurs, qu'une importance subjective ; par conséquent, la sensation des gradations de couleur dépend, à un haut degré, des variations de notre sensibilité. Si, par exemple, l'œil est émoussé pour la lumière d'une certaine couleur, un faible mélange de celle-ci peut nous échapper : donc, une lumière peu colorée nous semblera complètement blanche. D'autre part, les sensations, qui engendrent les couleurs spectrales pures dans un œil non fatigué, ne possèdent par la plus grande saturation, qui appartient ordinairement à une couleur. Par exemple, quand l'œil est fatigué par la lumière verte, dès les premiers moments le rouge spectral paraît plus saturé, que ne le voit habituellement l'œil reposé. Le concept de saturation est donc un concept limitatif, dont nos sensations réelles peuvent s'approcher plus ou moins, sans que nous soyons autorisés à dire d'une sensation déterminée, qu'elle est absolument saturée. Si nous prenons, pour mesure des sensations colorées saturées, les couleurs spectrales pures, telles qu'elles apparaissent à l'œil non fatigué, cela signifie seulement, qu'effectivement ces couleurs sont généralement le plus saturées, parmi nos sensations réelles. Or, nous donnons le nom de blanc, de gris ou de noir à toutes ces sensations, où il est impossible de découvrir le moindre mélange coloré.

Le mode ordinaire, par lequel les sensations saturées engendrent des sensations d'un degré de saturation plus faible, consiste à *mélanger les couleurs saturées*. C'est en même temps l'unique moyen, quand la sensibilité de la rétine reste invariable, de modifier la gradation de la couleur, sans changer simultanément l'énergie de l'irritation ; c'est donc le seul, que nous étudierons ici, car l'influence de l'intensité de la sensation sur la qualité de la sensation colorée nous occupera plus tard.

Diverses méthodes produisent un mélange des couleurs saturées ou presque saturées. On mélange directement les couleurs spectrales, en réunissant de nouveau par la réfraction tous les rayons du spectre prismatique. Ou bien, on mélange la lumière réfléchie par les pigments; mais assurément, dans cette circonstance, les composants, qui font partie du mélange, ne possèdent jamais la saturation des couleurs spectrales. Au lieu de mêler directement les ondes éthérées, on peut mélanger, pour ainsi dire, les sensations, si, à l'aide du disque chromatique, mis en rotation très-rapide, des impressions hétérogènes

agissent sur un même point de la rétine. Ces diverses méthodes nous révèlent, que le mélange de toutes les couleurs spectrales, dans le rapport d'intensité offert par le spectre solaire, engendre du blanc; ce fait confirme seulement la conclusion, qui découle de la dissociation de la lumière solaire mixte en diverses couleurs spectrales. De plus, on trouve, qu'un nombre plus faible de couleurs, et même *deux* couleurs simples, convenablement choisies, produisent un résultat identique. Deux couleurs, voisines l'une de l'autre dans le spectre, donnent, si elles sont mélangées ensemble, un ton de couleur qui, dans la série des couleurs spectrales, est situé entre elles. Ce ton, si les couleurs sont éloignées l'une de l'autre, devient graduellement blanchâtre ; et, en présence d'une certaine différence des couleurs mélangées, quand celles-ci agissent ensemble dans des proportions d'intensité convenables, la couleur résultante passe au blanc. En éloignant davantage la distance des couleurs spectrales, on voit de nouveau apparaître une couleur ; celle-ci n'est plus intermédiaire aux deux couleurs mélangées, mais à la deuxième couleur (plus réfrangible) et à l'extrémité du spectre, ou bien, c'est le pourpre, si les extrémités du spectre sont mêlées ensemble. Or, ces couleurs, qui mêlées ensemble dans des proportions d'intensité convenable, donnent le blanc, sont les *couleurs complémentaires*. On trouve de cette manière, que

le rouge et le bleu verdâtre,
l'orangé et le bleu,
le jaune et le bleu indigo,
le jaune verdâtre et le violet

sont complémentaires l'un de l'autre (1). Le vert du spectre n'a aucune couleur simple complémentaire; le pourpre est sa couleur complémentaire. D'après ce qui précède, il résulte de ce tableau, que le rouge, mêlé à une couleur placée *avant* le bleu verdâtre, par exemple au vert, donne, selon la prépondérance plus considérable du rouge ou du vert, successivement l'orangé, le jaune, le vert jaunâtre ; et au contraire, le rouge, mêlé au bleu, engendre le bleu indigo ou le violet ; les autres couleurs se comportent d'une manière analogue. De ces faits découlent, en même temps, des conditions, qui déterminent plus intimement la configuration de la ligne chromatique. Cette configuration, au lieu d'être développée, comme précédemment, d'après la gradation de

1. Grassmann, *Annalen* de Poggendorff, vol. 89, p. 78.

la sensation colorée, l'est plutôt d'après la conduite réciproque des diverses couleurs simples dans les mélanges. On peut construire, par exemple, la ligne chromatique, de façon que deux couleurs complémentaires soient reliées par une ligne droite d'une longueur constante : alors, elle se convertit de nouveau en cercle. Mais, dans ce cercle, d'autres longueurs d'arc répondent aux divers tons colorés, si, comme auparavant, la sensibilité différentielle sert de mensuration. Dans la courbe chromatique, on essaie encore de donner à la loi du mélange une expression quantitative, quand on procède selon les conditions suivantes. A l'exemple du cercle chromatique, toutes les droites, tirées entre deux couples de couleurs complémentaires, doivent se couper en un point unique. Mais ces droites, au lieu d'être égales entre elles, seront ainsi déterminées : la distance d'une couleur complémentaire, par rapport au point d'intersection, sera inversement pro-

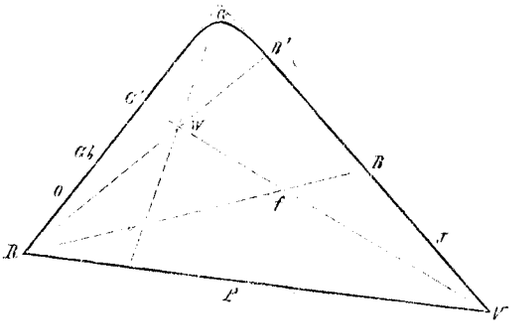


Fig. 114.

portionnelle à l'intensité, avec laquelle cette couleur (la saturation spectrale étant supposée) doit être employée, pour produire le blanc. Ou bien, en d'autres termes, les parties des lignes droites, existant des deux côtés du point d'intersection, seront directement proportionnelles à l'efficacité complémentaire des couleurs spectrales correspondantes. Grâce à cette condition, on obtient la courbe, décrite fig. 114, qui se rapproche d'un triangle ; mais, à la place de l'angle du sommet (en *G*), nous avons un arc. La ligne de base entre *R* et *V* correspond au pourpre (*P*). *W* est le point d'intersection de toutes les droites, qui unissent deux couleurs complémentaires. Celles-ci sont totalement coupées par le point *W*, puisque, par exemple, $V \cdot V\,W$ est $= G' \cdot G'\,W$, si V est

l'intensité du violet, G' celle du vert jaunâtre complémentaire, VW et $G'W$ indiquant les distances rectilignes des points V et G' de la courbe chromatique, par rapport à W. On peut, à l'exemple de Newton (1), voir, dans les lignes convergeant en W, des bras de levier, sur lesquels les diverses couleurs agiraient d'une manière analogue à des poids : alors, W sera le *centre de gravité* du système chromatique ; quant au choix des intensités des couleurs complémentaires, il faut que celles-ci, considérées comme des forces, soient équilibrées entre elles.

La forme, ici adoptée, de cette courbe exprime un autre fait, qui se manifeste lors du mélange des couleurs. En mêlant ensemble deux couleurs spectrales, rapprochées et voisines en même temps de l'une ou de l'autre extrémité du spectre, la couleur mixte résultante a la saturation spectrale. Le rouge et le jaune du spectre $(R + G\ b)$, mêlés ensemble, donnent un orangé spectral (O) ; de même, le violet et le bleu du spectre $(V + B)$ engendrent un bleu indigo spectral (J). Il n'en est plus ainsi pour les couleurs, qui se rapprochent du milieu du spectre, du vert. Ici, le mélange de couleurs voisines occasionne toujours un ton coloré moins saturé, plus blanchâtre, que celui de la couleur spectrale intermédiaire. Par conséquent, la courbe se dirige d'abord en droite ligne : 1° du rouge, jusqu'au vert jaunâtre (de R à G') et 2° du violet, jusqu'au vert bleuâtre (de V à B') ; mais dans le voisinage du vert, elle est infléchie.

Les modifications, que doit recevoir la courbe chromatique, afin d'exprimer la conduite des couleurs dans les mélanges, obligent à la compléter par la description simultanée de tous les degrés de saturation possible. Si nous nous bornons au cercle chromatique, son centre, où se coupent tous les diamètres reliant deux couleurs complémentaires, sera considéré comme le siège du blanc (fig. 112). Alors, les divers degrés de saturation d'une couleur se trouvent totalement sur le rayon, qui unit avec le centre le point de la périphérie correspondant à la couleur saturée. Supposons le cercle entier divisé en plusieurs anneaux. Ces derniers contiennent, de dehors en dedans, des graduations colorées toujours plus blanchâtres ; mais, à l'intérieur de chaque anneau, il existe une transition des divers tons colorés, qui est aussi continue, que pour les couleurs saturées occupant la périphérie. On a donc deux sortes de passages

1. *Optice*, lib. I, pars II, prop. VI.

continus : l'un dans la direction du rayon, à partir des gradations saturées, jusqu'à celles qui le sont moins ; un second, dans la direction de l'arc angulaire, et allant d'un ton coloré à un autre ton. Plus petit est l'arc comprenant le même degré angulaire, en d'autres termes, plus on s'approche du centre, plus faibles sont les différences des tons des couleurs, jusqu'à ce qu'elles finissent par disparaître entièrement au centre; car, ici, le blanc représente, en même temps, le minimum de saturation pour toutes les couleurs. Si, pris en soi, les tons des couleurs constituent par conséquent un continuum d'*une* dimension ; considérés dans leur union avec les degrés de saturation, ils donnent lieu à un continuum de *deux* dimensions ; et comme la *ligne circulaire* représente les tons des couleurs, la *surface circulaire* nous les traduit, ainsi que leurs saturations, sous la forme la plus simple. Cependant ici, la surface circulaire est insuffisante, quand la forme représentée doit en même temps exprimer le côté quantitatif de la loi des mélanges ; mais alors, le système chromatique est dessiné par la surface, que délimite la courbe de la figure 114. Le centre de gravité W est ici le siège du blanc, et les tons colorés blanchâtres se trouvent sur les lignes droites, tirées de la périphérie de la courbe vers le point W. La surface chromatique, ainsi obtenue, ne joue pas seulement un rôle dans le mélange des couleurs complémentaires, qui nous donne le blanc, mais elle est également importante, lorsque des couleurs simples engendrent des couleurs mixtes quelconques. Par exemple, le ton de couleur, situé au point f, est occasionné par le mélange de deux couleurs R et B, dont le rapport d'intensité est fourni par l'équation $R \cdot R\,f = B \cdot B\,f$; d'autres couleurs, V et G', dont les lignes d'union se coupent en f, peuvent encore produire le même ton de couleur, et alors de nouveau $V \cdot V\,f = G' \cdot G'\,f$. Voilà pourquoi, la ligne chromatique simple doit (comme nous l'avons déjà remarqué) rester rectiligne, tant que la couleur moyenne, résultant du mélange de deux couleurs spectrales, possède une saturation spectrale. Or, dans ce cas, la ligne droite d'union des couleurs mixtes coïncidera avec la ligne chromatique ; tandis que cette première ligne, là où la couleur mixte est blanchâtre, sera en dedans de la ligne chromatique, vers le milieu blanc. Ceci ne se produit, que si la ligne chromatique est courbe dans son parcours. Il faut donc admettre cette dernière disposition dans le voisinage du vert, parce qu'ici les couleurs mixtes blanchâtres résultent du mélange de couleurs spectrales rapprochées l'une de l'autre. Pour le motif précédent, la ligne d'union correspondant au pourpre doit

être regardée, comme une ligne droite : le mélange du rouge et du violet spectraux ne produit jamais des tons colorés blanchâtres.

D'après les phénomènes du mélange des couleurs, toute espèce de lumière objective n'est nullement nécessaire, pour occasionner toutes les sensations colorées possibles ; mais pour cela, un nombre limité de tons de couleur est suffisant. Ces couleurs, qui, mélangées en proportions variables, peuvent engendrer toutes les sensations colorées possibles, et même la sensation de blanc, portent le nom de *couleurs fondamentales*. L'étude des couples de couleurs complémentaires et la configuration du tableau chromatique, construit d'après les phénomènes de mélange, indiquent nettement, qu'il existe *trois* de ces couleurs fondamentales. La liste des couleurs complémentaires montre, que le rouge et le violet, ces deux couleurs simples occupant les extrémités opposées du spectre, possèdent des couleurs complémentaires très-voisines, le bleu verdâtre et le jaune verdâtre. Or, l'addition de deux couples de couleurs complémentaires, du rouge et du bleu verdâtre, soit du violet et du jaune verdâtre, donnent également le blanc ; mais, le mélange du bleu verdâtre et du jaune verdâtre engendre un ton de couleur, vert. On peut donc substituer à l'addition de ces deux couples de couleurs complémentaires le mélange de *trois* couleurs, du rouge, du violet et du vert. Le mélange du rouge et du vert fournit encore toutes les couleurs, situées entre le rouge et le vert ; celui du violet et du vert, toutes les couleurs existant entre le violet et le vert ; tandis que le rouge et le violet, mêlés, engendrent le pourpre. Évidemment, on peut donc tirer du rouge, du vert et du violet le blanc, les tons colorés spectraux et le pourpre, comme leurs degrés de saturation, en d'autres termes, toute sorte de sensations lumineuses et colorées. Ceci est encore démontré par l'étude du tableau chromatique (fig. 114), où la position des couleurs au commencement et à la fin du spectre, sur les deux côtés formant un angle, montre clairement, que le mélange d'une couleur terminale du spectre avec cette couleur moyenne située à la place de l'angle, produit les tons colorés, qui sont intermédiaires dans le spectre. Le vert, cette couleur qui occupe l'angle, est complémentaire du pourpre, du mélange des deux couleurs placées aux extrémités du spectre : par conséquent, cette construction nous conduit au rouge, au vert, au violet, ces couleurs fondamentales.

Si l'on a égard au ton de la couleur, et non au degré de saturation, on peut encore obtenir, à l'aide d'autres couleurs que les trois couleurs citées, le blanc, le pourpre et les tons colorés spectraux. Par exemple,

le rouge, le vert et le bleu ou l'orangé, le vert et le violet, généralement, trois couleurs, qui,si on les unit par des lignes droites, délimitent un espace, lequel contient le blanc et tous les tons colorés venant se fondre dans le blanc, donnent toutes les sensations colorées possibles. Mais, dans ces cas, toutes les couleurs provenant du mélange sont blanchâtres. Voici ce qui distingue les trois couleurs fondamentales, déjà nommées : elles engendrent non seulement tous les tons colorés possibles , mais la plupart de ces derniers sont souvent produits avec la saturation spectrale. La combinaison du rouge, du vert et du bleu se rapproche également à un haut degré de cette condition, puisque le bleu et le rouge (si le bleu prédomine sensiblement) fournissent des tons colorés bleu indigo et violet avec la saturation spectrale, presque complète. En s'appuyant sur cette présomption, que les couleurs fondamentales sont en même temps les *couleurs principales*, prises au sens indiqué déjà p. 469, on a souvent préféré, pour construire le tableau chromatique, la combinaison, formulée par Newton, du rouge, du vert et du bleu (1) Les expériences sur le mélange des couleurs spectrales semblent cependant favorables à la combinaison de Thomas Young, du rouge, du vert et du violet (2). Or, le mélange de ces trois couleurs n'engendre pas *toutes* les couleurs simples avec la saturation spectrale parfaite ; mais, seulement vers le commencement et l'extrémité du spectre, la sensation directe ne permet pas de déclarer, si une couleur donnée est réellement simple ou si elle est mélangée avec une couleur, qui la précède ou qui la suit dans le spectre. Les mélanges résultant, dans le voisinage du vert, de deux couleurs qui se touchent, sont au contraire toujours plus blanchâtres, que les tons colorés spectraux correspondants, ainsi que l'indique le trajet infléchi de la courbe délimitant le tableau chromatique. Par conséquent, la construction des sensations colorées, opérée à l'aide des trois couleurs fondamentales, a seulement une valeur approximative. Pour qu'elle eût une importance réelle, les lignes de la courbe chromatique, inclinées l'une vers l'autre, devraient, en se rencontrant, former un angle véritable. C'est pourquoi, Helmholtz, adoptant l'hypothèse de Th. Young, a essayé de

1. Par exemple, Maxwell, *Phil. transactions*, 1860, p. 57; *Phil. mag.* XXI, 1860, p. 141.

2. Primitivement, Th. Young a substitué au bleu le violet, à cause de sa place distinguée à l'extrémité du spectre. Helmholtz suivit Young; mais, plus tard, il fut ébranlé par les expériences de Maxwell (*Physiol. Optik*, p. 209 et 813). Cependant, J. J. Muller (*Archiv f. Ophthalm.* XV, p. 248) a contesté cette assertion de Maxwell, que le rouge et le bleu produisent le bleu indigo et le violet saturés.

sauvegarder ce rôle pour les trois couleurs fondamentales ; car, il les considère comme des *sensations fondamentales*, qui, par elles-mêmes, ne coïncideraient pas nécessairement avec les couleurs du spectre, mais pourraient s'en distinguer par leur saturation. En admettant l'existence des trois sensations fondamentales, correspondant au rouge, au vert et au violet, et *plus saturées* que les couleurs spectrales de ce nom, on construit un tableau des sensations colorées, qui n'est pas identique au tableau des couleurs réelles, mais qui l'implique. Si, selon l'hypothèse primitive de Th. Young, *chaque* couleur spectrale excite, seulement d'après la longueur d'onde et à un degré différent, les trois filets nerveux correspondant aux sensations fondamentales, aucun point limitatif du premier tableau ne coïnciderait avec un point pareil du second tableau ; et, entre chaque couleur simple et la sensation fondamentale correspondante, il y aurait encore un espace intermédiaire, occupé par des tons colorés saturés (1). Or, d'après les expériences de Maxwell et de J. J. Müller, sur une grande partie de la courbe chromatique, le couleur mixte équivaut, même par son degré de saturation, à la couleur spectacle intermédiaire ; c'est pourquoi, du rouge au vert jaunâtre, et d'autre part du violet au vert bleuâtre, il faudrait supposer une coïncidence parfaite des deux courbes ; et, dans la région du vert, le tableau des sensations devrait être complété par le segment angulaire, élevé au-dessus de la courbe chromatique et marqué par des points dans la fig. 114. Ceci, traduit dans le langage de l'hypothèse de Young, indiquerait, que la supposition d'une excitation sympathique des deux autres processus nerveux est admissible seulement pour le vert, non pour le rouge et le violet (2). L'*une* des trois couleurs fondamentales aurait une situation exceptionnelle ; c'est là une circonstance fâcheuse pour cette hypothèse, soit que nous adoptions celle-ci dans sa forme primitive ou que nous substituions trois processus nerveux aux trois sortes de filets nerveux. Ce fait, que justement la couleur intermédiaire aux trois couleurs fondamentales nécessite cette exception, nous indique, qu'il vaut mieux recourir à une autre explication, qui ne réduise pas la sensation des couleurs à un mélange de

1. D'après cette supposition, Helmholtz a effectivement introduit (fig. 120 de son *Physiol. Optik*, p. 293) le tableau chromatique dans le tableau hypothétique des sensations fondamentales.

2. En faveur du violet, on pourrait citer encore le fait suivant : la rétine, fatiguée pour le vert, sent le rouge spectral ou le violet plus saturés, que d'ordinaire ; or, ceci sera suffisamment expliqué par les lois du contraste, étudiées tout à l'heure.

processus disparates, au sujet desquels nous ignorons absolument, comment ils doivent se combiner, pour donner un résultat simple et continuellement gradué. Voici quelle est la véritable et unique signification de la loi des mélanges : 1° les longueurs d'ondes, situées toutes deux à droite ou à gauche d'un point moyen *G* du spectre et mélangées ensemble, engendrent des sensations, qui correspondent à des longeurs d'ondes intermédiaires ; 2° les longueurs d'ondes, dont l'une occupe la droite et l'autre, la gauche de ce point moyen, produisent des tons colorés blanchâtres ou le blanc. Si, par supposition, des sensations égales ont pour base des processus physiologiques égaux, la première de ces propositions nous montre, que la dépendance du processus d'irritation à l'égard du mouvement lumineux est telle pour les plus grandes et les plus petites longueurs d'ondes, que le processus résultant de deux longueurs d'ondes différentes, mais situées sur la même moitié du spectre, est identique à ce phénomène, occasionné par l'irritation avec des longueurs d'ondes de grandeur intermédiaire. Cette proposition s'applique aussi au milieu du spectre, quand les longueurs d'ondes mélangées diffèrent entre elles de très-faibles grandeurs, et qu'alors le segment en question de la courbe chromatique peut être encore considéré, comme rectiligne. Par conséquent, la deuxième proposition de la loi des mélanges se formule simplement de la manière suivante : pour chaque partie de la courbe chromatique, il existe une certaine valeur limite de la différence de couleur, où la couleur résultante présente une faible saturation. Cette diminution de saturation augmente premièrement jusqu'à un maximum, au blanc parfait (conformément au point de la couleur complémentaire) et s'abaisse ensuite de nouveau ; c'est pourquoi, la courbe chromatique se traduit par une courbe revenant sur elle-même. Ce dernier fait est d'ailleurs exprimé dans la sensation directe, d'après laquelle, les couleurs du commencement et de l'extrémité du spectre sont de nouveau semblables entre elles ; d'où on conclut, que même les phénomènes physiques concomitants ont une composition analogue.

La loi des mélanges, qui, grâce à la lumière de trois sortes de longueurs d'ondes, nous permet de produire, à peu près parfaitement, des sensations lumineuses et des sensations colorées, correspondant à toutes les longueurs d'ondes possibles, tient donc essentiellement à ce que la relation entre l'excitation physiologique et l'irritant extérieur se modifie continuellement dans une même direction, excepté au coude ou point de raccordement déjà signalé. Nous nous représentons de la

façon suivante cette marche de la fonction. Supposons le point W du tableau chromatique (fig. 114) le centre d'un système de coordonnées polaires, et, de ce point, tirons des rayons vers tous les endroits possibles de la courbe chromatique : les angles, formés par ces rayons, se compteront à partir du rayon *W R*, de sorte que leurs valeurs positives croîtront dans la direction du trajet de la courbe chromatique spectrale. L'accroissement de l'angle polaire doit correspondre à la diminution de la longueur d'onde, à partir de la limite du rouge le plus extérieur. Les sensations du violet, appartenant aux plus courtes longueurs d'ondes, se rapprochent de nouveau de la limite de sensation de la plus grande longueur d'onde : aussi, la courbe, dans la région du milieu du spectre, doit offrir un coude ; et, d'après la loi des mélanges pour les longueurs d'onde du rouge au vert jaunâtre et du bleu verdâtre au violet, les deux branches de la courbe, cheminant vers le point de raccordement, auront un parcours à peu près rectiligne. La courbe, ainsi obtenue, possède donc généralement la configuration de la ligne chromatique (fig 114). Les valeurs d'angles, situées en bas entre les rayons *W R* et *W V*, seront considérées, comme ces valeurs dépassant la limite supérieure de la sensation ou bien n'atteignant pas sa limite inférieure : les sensations, qui se manifestent ici, ne peuvent plus être produites par de simples longueurs d'ondes ultra-rouges ou ultra-violettes, mais seulement par le mélange des rayons rouges et violets ; et, par suite, la courbe des sensations colorées simples est une courbe fermée. A cette marche de la fonction, liée au retour de la ligne chromatique sur elle-même, se rattachent les autres phénomènes des mélanges, qui trouvent spécialement leur expression dans l'existence des couples de couleurs complémentaires. A cause de la forme de la courbe chromatique, la sensation, qui émane du mélange de ces sortes de couleurs, entre lesquelles la courbe ne chemine pas en droite ligne, n'est pas toujours saturée. Comme la courbe tout entière est fermée, il doit y avoir pour chaque point de la ligne chromatique un second point, où la saturation de la couleur mixte est abaissée à un minimum, et, par suite de sa progression, cette saturation doit se modifier de nouveau dans un sens opposé. Ce minimum de saturation ou la sensation de blanc existera alors pour deux points, si la partie de la courbe, située entre eux, a atteint le maximum du changement de direction ; en d'autres termes, si les rayons vecteurs, tirés à partir de *W*, font ensemble un angle de 180°. De cette manière, nous arrivons, comme précédemment, à la même détermination du siège des couleurs complémentaires.

Au lieu de la loi des mélanges, la construction de la surface chromatique aurait encore pour base un autre rapport ; et, par suite, elle traduirait, d'une façon plus directe, le système de nos sensations lumineuses. Puisque la gradation de la sensibilité différentielle, concernant les tons de couleur, opère les diverses divisions de la ligne chromatique, on pourrait exécuter les mensurations de la surface chromatique, d'après la sensibilité différentielle pour les degrés de saturation. Une couleur, qui parcourt un grand nombre de nuances, avant de passer au blanc, devrait donc être placée à une plus grande distance du point du tableau chromatique, qui correspond au blanc. Aubert (1) et Woinow (2) ont essayé de mesurer la *sensibilité différentielle pour les gradations des couleurs*. Selon Aubert, la valeur de seuil différentiel, lors du mélange d'une couleur avec le blanc, est $^1/_{120}$ — $^1/_{180}$; d'après les chiffres de Woinow, elle est pour

le rouge,	l'orangé,	le bleu.
$^1/_{120}$	$^1/_{144}$	$^1/_{160}$

Ces déterminations, pratiquées à l'aide de disques rotatifs, sont encore très-incomplètes ; par conséquent, elles ne comportent pas d'autres conclusions. Elles montrent seulement (et ceci s'applique même aux expériences faites sur les mélanges des couleurs, principalement au bleu et au violet), que les couleurs plus réfrangibles possèdent une plus grande valeur de saturation; en d'autres termes, des quantités, relativement minimes de ces couleurs, déploient déjà leur effet dans les mélanges avec le blanc ou avec une autre couleur. Ce fait est exprimé, dans la courbe des mélanges (fig. 114), par la distance relativement éloignée des points *B* et *V* vis-à-vis de *W*.

La parenté des sensations colorées saturées avec le blanc paraît être en rapport plus direct avec la configuration de la courbe des mélanges, que ne l'est la sensibilité différentielle, concernant les gradations des couleurs. Nous appelons le degré de cette parenté la *clarté d'une couleur*. Nous attribuons une clarté différente aux couleurs saturées, puisque le jaune, par exemple, nous semble plus clair, que l'orangé, et celui-ci plus clair, que le rouge ; or, ceci témoigne en faveur de l'union absolue des sensations colorées et des sensations incolores. Fraunhofer avait cherché à obtenir directement une mesure

1. *Physiologie der Netzhaut*, p. 138.
2. *Archiv. f. Ophthalm.* XVI, p. 256.

de cette clarté des couleurs ; dans ce but, il comparait la clarté des diverses couleurs spectrales avec la clarté d'une lumière incolore, réfléchie par un petit miroir (1). Vierordt a essayé d'arriver d'une manière indirecte au même résultat, en déterminant cette quantité de lumière blanche, qui doit être ajoutée à chaque couleur spectrale, afin d'obtenir une modification minima de sa saturation. Il s'appuyait sur cette supposition, que cette quantité doit être d'autant plus considérable, que la clarté de la couleur est plus grande (2). Effectivement, les chiffres de Vierordt coïncident presque avec ceux, que Fraunhofer avait trouvés par appréciation directe. Si la couleur la plus claire du spectre, le jaune, situé entre les lignes *D* et *E*, est posé = 1000, les valeurs suivantes, concernant les autres couleurs, quand on utilise la lumière solaire, comme source lumineuse incolore, sont :

		FRAUNHOFER	VIERORDT			FRAUNHOFER	VIERORDT
Rouge	(*B*)	32	22	Vert	(E)	480	370
Orangé	(*C*)	94	128	Vert bleuâtre	(F)	170	128
Jaune rougeâtre	(*D*)	640	780	Bleu	(G)	31	8
Jaune	(*D—E*)	1000	1000	Violet	(H)	5,6	0,7

Si l'on compare ces chiffres avec la position des couleurs sur la courbe des mélanges, on s'aperçoit, qu'ils se comportent inversement, comme les distances par rapport au point du blanc (fig. 114) ; en d'autres termes, une couleur est d'autant plus saturée, qu'elle possède moins de clarté ; mais, d'autre part, plus grand est l'effet, qu'engendre une quantité déterminée de cette couleur dans son mélange avec d'autres couleurs.

L'intensité de la sensation lumineuse doit, dans certaines limites, être regardée comme un élément constituant, indépendant du ton de la couleur et de la saturation ; car, une sensation, déterminée d'après la couleur et le degré de saturation, peut posséder des degrés divers d'énergie. A la vérité, nous verrons bientôt, que cette proposition subit des restrictions essentielles. En considérant provisoirement l'énergie lumineuse, comme une grandeur variable par elle-même, il est évident, que celle-ci ajoute la troisième dimension au continuum des couleurs, construit selon deux dimensions. Si on se borne au tableau chromatique *plan*, qui représente complètement notre système ordinaire de sen-

1. Fraunhofer, *Denkschriften der bayr. Ak. d. Wiss.* 1815, p. 193.
2. Vierordt, *Die Anwendung des Spectralapparats zur Messung und Vergleichung der Stärke des farbigen Lichtes*. Tubingue 1871.

sations, tel que ce tableau est dressé d'après la graduation des couleurs concernant le ton et la saturation ou d'après la loi des mélanges, alors la graduation d'intensité correspondant à une qualité lumineuse quelconque sera figurée par une ligne verticale, tirée au point en question du tableau chromatique. Choisissons la forme la plus simple, le cercle et commençons par le centre qui est le siège du blanc (fig. 112, p. 468) : la ligne verticale, décrite ici, indiquera donc toutes les gradations du blanc allant du gris au noir. Si l'on voulait prendre pour base un principe régulateur, les différences minima pourraient servir d'unités de mensuration. Les valeurs, trouvées à cet égard et concernant l'énergie de la lumière blanche, soit celle des diverses couleurs, ont déjà été mentionnées à propos de l'étude de l'intensité de la sensation (p. 383). Selon les chiffres communiqués alors, la sensibilité différentielle pour l'intensité des couleurs est la plus faible dans le rouge $^1/_{14}$ et augmente continuellement jusqu'au violet ($^1/_{268}$) ; tandis que simultanément, la sensibilité différentielle pour la lumière mixte semble avoir une valeur intermédiaire entre ces deux extrêmes.

Si l'on essaie d'interpréter les graduations d'intensité de toutes les couleurs et de leurs mélanges, comme une dimension de hauteur ajoutée à la surface chromatique, il résulte de là, que cette construction ne peut être exécutée d'une façon absolue pour chaque qualité. Quand l'intensité lumineuse est affaiblie, la sensation de rouge, par exemple, diminue d'énergie, même de ton de couleur et de saturation, jusqu'à ce qu'elle se convertisse finalement en noir, par conséquent en cette sensation, qui correspond à l'intensité la plus faible de la lumière blanche. Le même fait se produit avec toutes les autres sensations colorées, quels que soient leur ton et leur degré de saturation. Seulement, la limite de l'énergie lumineuse, où cesse la différence qualitative de la sensation, varie selon les diverses couleurs ; car, l'éclairage étant considérablement diminué, les couleurs de longueur d'onde moyenne (le jaune, le vert) sont encore perçues colorées, comme celles situées au commencement et à l'extrémité du spectre ; tandis que, si l'énergie lumineuse est plus faible, les couleurs de l'extrémité rouge sont encore reconnues, comme celles de l'extrémité violette (1). Quand

1. Aubert, *Physiologie der Netzhaut*, p. 125 et *Grundzüge der physiol. Optik*, p. 535 (expériences de Landolt). Chodin, *Die Abhängigkeit der Farbenempfindungen von der Lichtstärke*. Iéna 1877, p. 3. Les indications d'Aubert, Landolt et Chodin s'accordent essentiellement entre elles, mais semblent en contradiction avec d'autres données, plus anciennes de Purkinje (*Beobachtungen und Versuche*, II, p. 109) et de Dove

on étudie graduellement les sensations colorées, depuis l'intensité qui leur appartient dans le spectre jusqu'au minimum de leur énergie, leur système ne peut donc être figuré par un cylindre. Mais ce système, si on utilise le cercle comme tableau chromatique, sera uniquement représenté par un cône à base circulaire, dont la pointe correspond au noir. Dans les diverses sections pratiquées parallèlement à la base, se succèdent alors de bas en haut les couleurs les plus faiblement lumineuses et, au milieu, le gris avec une gradation continue. D'une manière analogue, on obtient ces modifications, qu'éprouve la sensation lumineuse, quand l'énergie objective de la lumière est augmentée. Selon les renseignements fournis par l'observation, il y a une énergie lumineuse déterminée, où la saturation des couleurs simples du spectre prismatique est la plus considérable. Cette intensité lumineuse, correspondant au maximum de saturation, n'est probablement pas la même pour toutes les couleurs ; c'est un sujet qui réclame de nouvelles études. Mais il est établi, qu'en prenant cette intensité pour point de départ, le degré de saturation diminue, lors de l'affaiblissement et, même, de l'augmentation de l'intensité lumineuse. Dans le premier cas, toutes les couleurs se convertissent finalement en noir ; dans le second, elles se rapprochent du blanc. En renforçant graduellement l'énergie lumineuse du spectre, le jaune et le bleu s'étendent des deux côtés ; si l'intensité s'accroît, d'abord le rouge, l'orangé et le vert passent au jaune, le bleu verdâtre et le violet au bleu blanchâtre ; de nouveau, le bleu et, en dernier lieu, le jaune se transforment en blanc (1). Supposons par la pensée, que le cercle chromatique représente le système des sensations colorées, quand les énergies lumineuses sont en rapport avec le maximum de saturation. Dans ce cas, à la pointe correspondant au noir, où, lors de la diminution de l'énergie lumineuse, viennent se rencontrer finale-

(*Annal.* de Poggend. vol 85, p. 397), d'après lesquelles, lors de la diminution de l'éclairage, le rouge disparaîtrait le premier, et, le bleu, le dernier. Or, probablement, ces données se rapportent à la perception lumineuse, et non à la sensation colorée proprement dite. Nous l'avons déjà signalé, c'est à partir d'une certaine limite de l'éclairage, que toutes les couleurs sont perçues incolores. Dans ce cas, elles possèdent une clarté différente. Par conséquent, étant observées sur fond noir avec une diminution de l'énergie lumineuse croissante, elles se convertissent en noir, non pas simultanément, mais par séries déterminées ; et à la vérité, le rouge disparaît tout d'abord, et le bleu, en dernier lieu. C'est pourquoi, selon la remarque de Dove, quand l'obscurité nous surprend en présence d'un tableau, les tons colorés bleus sont encore visibles, lumineux, tandis que les autres tons, surtout les rouges, apparaissent complètement noirs. Le même résultat, concernant la clarté des diverses couleurs, découle des observations de Burckhardt et Faber, *Archiv* de Pflüger, vol. XI, p. 127.

1. Helmholtz, *Physiol. Optik*, p. 233. — Chodin, *loc. cit.* p. 33.

ment toutes les sensations, sera opposée sur l'autre côté de la surface circulaire une pointe correspondant au blanc le plus intense; et, en cet endroit, se réunissent toutes les sensations, lors de l'accroissement de l'énergie lumineuse. Le système tout entier des sensations lumineuses est donc figuré par un double cône, où le cercle limitant les deux moitiés de cône renferme les couleurs de la plus grande saturation. Au lieu d'un double cône, on peut naturellement choisir une double pyramide ou, comme forme la plus simple, une sphère contenant dans son

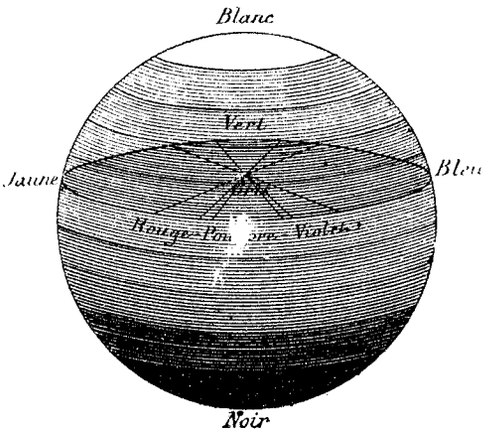


Fig. 115.

plan équatorial les couleurs de la plus grande saturation et les graduations des couleurs, obtenues par les mélanges; or, l'un des pôles répond au blanc le plus intense et l'autre, au noir le plus sombre, qui sont alors réfractaires à toute action, provenant d'une augmentation ou diminution quelconque de l'énergie lumineuse (fig. 115). Sur la ligne unissant les deux pôles, se trouvent toutes les gradations possibles de lumière, depuis le blanc absolu jusqu'au noir absolu (1). Si, laissant le

1. Afin de faire servir, en même temps, la construction du système chromatique à l'étude des énergies lumineuses, Lambert a, le premier, ajouté la troisième dimension au tableau chromatique ordinaire; il a ainsi dressé une *pyramide chromatique* et posé le blanc à la pointe. (Lambert, *Beschreibung einer mit dem Calau'schen Wachse ausgemalten Farbenpyramide.* Berlin, 1772.) Cette construction est basée sur le passage de toutes les sensations colorées au blanc, quand la saturation diminue. Le peintre Philippe Otto Runge dessina une *sphère* représentant simultanément le passage au blanc et au noir. (*Die Farbenkugel oder Construction*

disque chromatique, on voulait prendre pour base cette surface chromatique, qui résulte de la loi des mélanges (fig. 114), le système complet des sensations colorées serait enfin représenté par une double pyramide, dressée d'après ce tableau chromatique.

Toutes ces discussions concernent les sensations de la fosse centrale de la rétine (la vision directe) ; et, dans ce cas, on suppose, que l'organe visuel a une structure normale. Déjà, des déviations ou différences essentielles se présentent sur les *parties latérales de la rétine*. La distinction des couleurs fait défaut dans les régions les plus latérales : ici, chaque couleur apparaît purement, comme clarté. En se rapprochant du milieu de cette membrane, le bleu et le jaune, et ensuite, en avançant davantage, le rouge et le vert sont perçus (1). Cependant, la grandeur de la surface éclairée exerce alors une influence : dans une région, où un petit objet coloré est vu blanc, la couleur se distingue encore nettement, si l'objet est plus considérable (2). Chose remarquable, la réduction des sensations colorées, qu'on observe sur les parties latérales, ne concorde pas avec celle qui se manifeste, lors de la diminution de la clarté objective, mais avec celle qui se présente sur le milieu de la rétine, lors de l'augmentation de clarté objective. Ceci pourrait avoir une certaine connexion avec ce fait, que les régions latérales ne sont pas plus insensibles pour la lumière incolore, mais au contraire plus sensibles, que la fosse centrale (3).

Parfois, même sur le milieu de la rétine, les sensations montrent une composition différente ; et celle-ci est analogue, sous certains rapports, à celle qui a lieu régulièrement sur les parties latérales de cette membrane. Il se produit alors l'état d'*achromatopsie* ou de *cécité pour les couleurs*. Dans la plupart des cas, cet état est congénital et semble, presque toujours, héréditaire. Des phénomènes analogues, quelquefois consécutifs à d'autres troubles centraux ou périphériques, portent le nom d'achromatopsie acquise ; ils n'offrent, jusqu'à présent,

des Verhältnisses aller Mischungen der Farben zu einander. Hambourg 1810.) Il a même suggéré l'idée d'exécuter une double pyramide des couleurs. (*Ibid.* p. 8.) Chevreul (*Exposé d'un moyen de définir et de nommer les couleurs*, Paris 1861. Atlas) établit dix cercles chromatiques, très-beaux, montrant les passages des couleurs saturées au noir. Dans une figure spéciale de son livre (planche II), nous trouvons pour une *seule* couleur, le bleu, vingt nuances marquant les passages de cette couleur au noir, et, d'autre part, au blanc. Tous ces travaux ne poursuivent, d'ailleurs, qu'un intérêt spécialement artistique.

1. Aubert, *Grundzüge der physiol. Optik*, p. 541.
2. Snellen et Landolt, in *Handbuch der Augenheilkunde* de Græfe et Sœmisch, III, p, 69.
3. Schadow, *Archiv* de Pflüger, vol. XIX, p. 499.

qu'un intérêt secondaire pour la théorie des sensations visuelles (1). Dans des circonstances très-rares, l'achromatopsie innée est *totale :* ici, il existerait, sur toute la rétine, un état analogue à celui qui se manifeste normalement sur ses parties les plus latérales ; seulement, des différences d'intensité lumineuse, et non des différences du ton de couleur, sont perçues. Très-souvent, l'achromatopsie est uniquement *partielle :* alors, certaines couleurs sont régulièrement confondues entre elles ; et l'examen approfondi de l'individu montre, qu'une certaine partie du spectre est entièrement absente du système des sensations, ou qu'à la place de cette partie prend naissance simplement une sensation incolore, dans divers cas peut-être encore une sensation colorée, mais d'une intensité trop faible ; ces derniers faits portent le nom d'achromatopsie *incomplète.* Evidemment, l'étude de l'achromatopsie congénitale est beaucoup plus difficile, que la détermination de l'état de sensation sur les parties latérales de la rétine ; parce qu'ici nous pouvons toujours utiliser, comme comparaison, les sensations de la fosse centrale, tandis que l'homme aveugle pour les couleurs ignore absolument le système des sensations colorées normales. Seulement, la comparaison précise des confusions commises par ce sujet, et, selon les circonstances, la détermination des parties du spectre solaire, qui lui font défaut, permettent donc en quelque sorte de découvrir la nature individuelle de son système de sensations (2). D'après le résultat d'une investigation de ce genre, les individus, affectés d'achromatopsie congénitale, et dont les statistiques d'Holmgren fixent le nombre à environ 3

1. Voir à ce sujet Leber, in *Handbuch* de Græfe et Sœmisch, V, p. 1036.

2. La comparaison des divers tons colorés et clartés s'effectue très-simplement à l'aide de la toupie chromatique, dont Maxwell s'est servi, le premier, dans cette intention. Si l'on emploie deux disques rotatifs ou si l'on compare les diverses zones d'un seul disque, il est facile, grâce à des pigments colorés et à du noir avec du blanc disposés différemment, de donner aux secteurs de la toupie chromatique une largeur telle, que les mélanges soient perçus égaux par le sujet affecté d'achromatopsie. On obtient ainsi des équations de sensations, où la portion contributive des divers pigments ou clartés au mélange est exprimée par la largeur angulaire des secteurs. Par exemple, 200 rouge + 160 bleu = 195 noir + 165 blanc signifierait, que pour un œil déterminé un mélange de rouge et de bleu est équivalent à un autre mélange de noir et de blanc, qui paraît gris à l'œil normal. D'autres méthodes d'examen consistent à comparer directement les couleurs spectrales, à mélanger diverses couleurs spectrales, afin d'avoir des équations de couleurs, à utiliser les contrastes des couleurs qui seront étudiés tout à l'heure, enfin à disposer un grand nombre de pigments colorés, que l'on assortira d'après leur analogie. Cette dernière méthode a été l'objet des vastes expériences d'Holmgren, entreprises dans un but pratique sur des échantillons de laines. Voir sur cette question Helmholtz, *Physiol. Optik,* p. 299 ; Snellen et Landolt, in *Handbuch* de Græfe et Sœmisch, tome III. p. 39 ; Holmgren, *Die Farbenblindheit in ihrer Beziehung zu den Eisenbahnen und zur Marine.* Leipzig 1878.

et 6 p. % de la population, constituent plusieurs classes, où les confusions des tons des couleurs se comportent de nouveau très-diversement. Une première classe, de beaucoup la plus nombreuse, embrasse les individus confondant ensemble le rouge et le vert, mais distinguant parfaitement bien les couleurs plus réfrangibles. Le rouge et le vert sont confondus tous les deux, non seulement entre eux, mais même avec le gris (1). Cette classe présente encore deux subdivisions ; certains individus confondent le rouge clair avec le vert foncé ; d'autres, le rouge foncé avec le vert clair. D'après cela, dans le premier cas, la rétine est moins sensible à la lumière rouge, qu'à la lumière verte; et dans le second cas, elle est moins sensible au vert, qu'au rouge. Donc, les aveugles pour le rouge-vert se divisent de nouveau en *aveugles pour le rouge* et en *aveugles pour le vert*. Chez les premiers, très-souvent, sinon toujours, l'extrémité rouge du spectre est raccourcie. En revanche, la confusion du vert spectral avec le gris n'est pas un critérium ; car, une confusion de ce genre se manifeste avec la cécité pour le rouge et, peut-être même, avec la cécité pour le violet. Cette deuxième classe principale de l'achromatopsie, la cécité pour le violet (fréquemment nommée cécité pour le bleu ou pour le jaune-bleu), est beaucoup plus rare, que la cécité pour le rouge-vert. Dans ce cas, le bleu et le jaune paraissent seulement différer par leur clarté, et, d'ailleurs, être confondus avec le vert ; la partie la plus réfrangible du spectre est, ce semble, considérablement raccourcie, et, dans diverses circonstances, jusqu'au voisinage du vert (2).

On a parfois regardé l'achromatopsie congénitale comme un état, où les propriétés de la sensibilité lumineuse, qui se produisent sur les parties latérales de la rétine de l'œil normal, s'étendent jusqu'au milieu de cette membrane. Cette manière de considérer les choses n'est, en quelque sorte, justifiée que pour l'achromatopsie totale, extrêmement rare, quand on établit la comparaison avec les parties les plus excentriques de la rétine. De même, l'état des régions médianes de la rétine est essentiellement semblable à la cécité pour le rouge-vert, dont les

1. Holmgren, *loc. cit.* — Von Kries et Küster, *Archiv f. Physiol.* 1879, p. 513. Très-souvent, les observateurs disent, que le rouge et le vert sont « perçus gris ». Cette expression est au moins incorrecte. Car, très-probablement, l'individu aveugle pour les couleurs ne perçoit pas le gris, comme le sujet doué d'une vue normale. Nous avons seulement le droit de dire, que cet individu ne perçoit pas différemment les uns des autres certains mélanges ou les couleurs spectrales et le gris.

2. J. Stilling, *Beiträge zur Lehre von den Farbenempfindungen*. 2e cahier. Stuttgart, 1875, p. 44.

symptômes, par suite de l'examen relativement défectueux, qui est possible dans la vision indirecte, ne peuvent plus être distingués, par rapport aux deux subdivisions de la cécité pour le rouge et le vert. Ainsi, l'existence de l'achromatopsie totale avec l'état des parties rétiniennes excentriques indique sûrement, que dans les éléments rétiniens les processus, correspondant à la sensation de lumière incolore ou des différences de clarté, sont nécessairement indépendants de ces processus, qui accompagnent la sensation colorée. Il en est autrement des conséquences, que l'on doit tirer de l'achromatopsie partielle et des états des régions rétiniennes médianes, qui lui ressemblent en quelque sorte. Si les cas de cécité pour le rouge existaient d'une part et ceux de cécité pour le violet d'autre part, cet état devrait être purement interprété comme l'indice d'une sensibilité limitée, par rapport aux longueurs d'ondes les plus extrêmes de la lumière, les plus longues ou les plus courtes. Mais, puisque de la cécité pour le rouge-vert se sépare nettement la *cécité pour le vert*, comme un cas particulier, toujours caractérisé par des symptômes spéciaux, ces conditions ne peuvent être uniquement déterminantes. Or, il faut se rappeler ici, qu'indépendamment des deux couleurs terminales du spectre, la couleur moyenne, le vert, occupe, à plusieurs égards, une place remarquable. Par suite du retour de la ligne chromatique vers son point de départ, le vert désigne le lieu de raccordement, le coude entre la série des couleurs du commencement et celle des couleurs de la fin du spectre ; ajoutez à cela, qu'il est la seule couleur, qui ne donne le blanc avec aucune autre couleur simple, mais bien avec le pourpre (ce mélange du rouge et du violet). Enfin, ne l'oublions point surtout en ce moment, le vert apparaît comme cette sensation, où la sensibilité différentielle pour le ton de couleur atteint un minimum relatif, se comporte d'une manière analogue au rouge et au violet (voir p. 468). Dans la courbe de la sensibilité colorée, le rouge, le vert et le violet occupent (pour l'œil normal) trois positions remarquables (fig. 113). Il n'y a donc rien de surprenant, si les modifications anormales des sensations colorées se révèlent spécialement dans ces points. La théorie des sensations colorées, mise en connexion avec tous les autres faits, nous expliquera, comment nous pouvons nous figurer ces phénomènes.

D'après la description précédente, nos sensations lumineuses normales constituent une multiplicité continue à *trois* dimensions. Voici la différence la plus marquée de ce système d'avec celui des sensations

de son : le premier forme un continuum *fermé en soi ;* au contraire, la ligne des sons, bien que, à cause de la réceptivité bornée de nos organes à l'irritation, elle ait certaines limites, peut autrement être conçue par la pensée, comme s'étendant à l'infini. Cet enchainement rigoureux et borné du système chromatique qui, si on le représente, est exprimé par une figure géométrique fermée, sphère ou double pyramide, est fondé d'abord sur la forme définie de la courbe chromatique simple et ensuite sur la corrélation de la gradation des couleurs et de l'énergie lumineuse, qui sont des modalités de la sensation, *dépendantes les unes des autres.* Grâce à ce rapport, le système *tout entier* des sensations lumineuses est donc une forme extensive à trois dimensions et fermée en soi. D'ailleurs, cette corrélation entre la gradation de la couleur ou la saturation et l'énergie lumineuse est cause, que nous ne distinguons pas sûrement, dans la sensation pure, les différences d'intensité et celles de qualité de la lumière. Aussi, selon les anciens et Gœthe lui-même dans sa « Farbenlehre », le blanc et le noir n'étaient pas des degrés d'énergie, mais des qualités fondamentales de la sensation lumineuse : opinion à laquelle on est parfois revenu récemment, lorsqu'on a voulu juger les sensations lumineuses à un point de vue exclusivement subjectif.

Quand la sensibilité pour le ton de couleur est complètement ou partiellement supprimée, le système des sensations lumineuses revêt une autre forme. Pour un œil atteint d'achromatopsie totale et discernant seulement les clartés, ce système se trouve réduit à un continuum *d'une* dimension, à une ligne droite, qui comprend toutes les gradations de l'énergie lumineuse, du blanc jusqu'au noir. Mais, lors de l'achromatopsie partielle, les sensations lumineuses constituent un système à *deux dimensions.* L'une de ces dimensions contient, comme points terminaux, les deux couleurs fondamentales qui restent conservées (le vert et le violet, le rouge et le violet, le rouge et le vert) ; elles passent par des tons colorés différents à une étendue moyenne, qui correspond à la sensation incolore ; enfin, la deuxième dimension est la nuance des degrés d'intensité.

Il résulte de la dépendance déjà signalée, existant entre la sensation colorée et l'énergie lumineuse pour l'œil normal, que deux moyens permettent, dans le système à trois dimensions des sensations lumineuses, d'arriver d'une couleur quelconque à la sensation de blanc ou de noir : 1° le mélange de la lumière colorée avec la lumière d'une autre couleur, en choisissant le plus simplement la couleur complé-

mentaire, 2° l'augmentation ou la diminution de l'énergie lumineuse ; dans ce dernier cas, toujours l'énergie de la sensation est simultanément modifiée. Ici se rattache une série de phénomènes, que nous devons rapporter à une *modification de l'irritabilité* de la rétine.

La loi suivante, basée sur la mécanique physiologique des nerfs, s'applique, dans certaines limites, à toutes nos sensations sensorielles : un irritant, agissant sur un nerf fatigué par une excitation antérieure, donne le même résultat, qu'un irritant plus faible, porté sur un nerf non fatigué. Or, toutes les fois que l'intensité et la qualité sont des éléments de la sensation, complètement indépendants les uns des autres, par exemple à propos des sons simples, cette loi n'exerce absolument aucune influence sur leur caractère qualitatif. Il en est autrement pour les sensations lumineuses. Si nous faisons agir sur la rétine une couleur, le rouge par exemple, la sensation perd graduellement son caractère qualitatif et, selon l'énergie lumineuse, se rapproche du gris ou du noir ; bien plus, elle est capable de se convertir entièrement en noir. Ceci dérive directement de la loi précédente de la fatigue, d'après laquelle la sensation doit, si la durée de l'impression a été considérable, se rapprocher graduellement du pôle du noir. Sous le rapport de la qualité de la sensation, la fatigue donne donc lieu au même résultat, qu'occasionnerait l'adjonction d'une certaine quantité de lumière complémentaire. Si l'œil ne s'arrête pas à l'impression du rouge et si, après que cette impression a perdu sensiblement de sa saturation, cet organe passe à un nouvel irritant qui correspond à la lumière blanche ordinaire, la sensation est, ici, évidemment modifiée. Or, quant aux rayons diversement colorés composant le blanc, la rétine sent les rayons rouges avec une saturation relativement diminuée ; en d'autres termes, comme s'ils étaient mélangés à la couleur complémentaire : elle voit donc le blanc avec une coloration complémentaire du rouge, par conséquent verdâtre (1). De cette manière, chaque impression colorée, si elle a duré un certain temps et si alors de la lumière blanche ou blanchâtre atteint la rétine, engendre une *image consécutive complémentaire*. Pour les impressions rouges, cette image consécutive est bleu verdâtre ; pour les violettes, jaune verdâtre ; pour les vertes, pourpre, etc. (2) ; pour la lumière blanche, elle est noire,

1. Fechner, *Annalen* de Poggendorff, vol, L, p. 200, 427.
2. Voy. les couples de couleurs complémentaires à la page 472.

tandis qu'au contraire un objet noir sur fond clair produit une image consécutive blanche. A l'objet noir correspond une partie rétinienne relativement non fatiguée, par rapport à l'entourage. Mais si, comme dans ce cas, le rapport de la sensation avec les sensations des parties environnantes est simultanément pris en considération, on voit intervenir les phénomènes de contraste, que nous étudierons tout à l'heure.

Dès les premiers moments, après qu'une impression a eu lieu, l'image consécutive complémentaire n'apparait pas aussitôt avec toute son énergie, puisque l'excitation de la rétine surpasse en durée l'application de l'irritant ; c'est pourquoi, une sensation de composition égale, une *image consécutive de même couleur*, persiste. On observe nettement cette dernière image, quand l'impression lumineuse a eu une durée très-courte : souvent, dans ce cas, l'image consécutive de même couleur (homochroïque) se dissipe, sans être suivie d'une image consécutive complémentaire, clairement perceptible. Si, au contraire, l'action de l'irritant a été plus longue, on remarque d'abord l'image consécutive de même couleur et, ensuite, l'image consécutive complémentaire. Le passage de l'une à l'autre est accéléré, si l'impression lumineuse, qui vient après, possède une clarté considérable. Les images consécutives de même couleur se présentent donc, de la façon la plus nette et la plus durable, dans le champ visuel obscur de l'œil fermé; cependant, ce passage s'opère même ici, puisque la faible clarté du champ visuel obscur se comporte d'une manière analogue à l'action d'un irritant lumineux extérieur.

L'image consécutive complémentaire d'une couleur est *positive* ou *négative*. Positive, si elle apparait avec une clarté en apparence égale ou même supérieure à l'impression primitive; négative, si elle se montre avec une clarté affaiblie. Le plus souvent, elle est négative; aussi, elle est plus sombre, que l'objet. Ceci s'explique directement par la fatigue ou bien (si nous nous servons ici d'expressions empruntées à notre description du système chromatique), parce que la sensation est obligée, grâce à l'irritabilité émoussée, de se rapprocher du pôle du noir de la sphère chromatique. Les images consécutives complémentaires *positives* se manifestent spécialement, quand les images consécutives des objets sont observées dans le champ visuel obscur (1).

1. Brücke, *Denkschriften der Wien. Ak.* III, p. 95 et *Untersuch.* de Moleschott. IX, p. 13. Helmholtz. *Physiol. Optik*, p. 384. Brücke a étudié spécialement les images consécutives complémentaires positives, mais n'en a pas donné d'explication. Helmholtz les a considérées comme un phénomène de mélange, qui apparait.

Regardons, par exemple, une flamme claire à travers un verre rouge, assez longtemps pour que l'image consécutive de même couleur ne puisse pas se montrer, et fermons les yeux : alors, dans le fond obscur du champ visuel, apparaît une image consécutive de la flamme, d'un vert extrêmement intense. Si, ouvrant les yeux, nous les dirigeons vers une surface blanche, l'image consécutive est momentanément obscure. Le même point de la rétine, qui, en présence d'une irritation lumineuse faible, accuse en apparence une augmentation d'excitabilité, offre par conséquent, si l'irritation lumineuse est énergique, une diminution d'excitabilité : dans les deux cas, la lumière mixte est vue avec le ton complémentaire de la couleur primitive. Relativement à l'excitabilité pour les divers rayons colorés de la lumière mixte, le même état existera évidemment dans les deux circonstances : même, lors de l'image consécutive complémentaire positive, la fatigue pour la couleur, vue primitivement, doit se manifester. Si néanmoins, l'image consécutive apparaît claire sur fond sombre, nous pouvons ici attribuer cet effet uniquement au contraste, qui, dans ces expériences, détermine généralement les rapports de clarté de l'image et de l'entourage. Quand un objet coloré est vu sur fond uniformément gris, le contraste fait paraître l'objet plus clair et le fond plus sombre, qu'ils ne le sont en réalité. Ceci explique, comment les images consécutives complémentaires positives sont perceptibles, uniquement si les yeux sont fermés ou dans l'obscurité, et se convertissent aussitôt en images consécutives négatives, dès que le champ visuel est fortement éclairé. Grâce à cette alternance, seules les conditions du contraste sont modifiées, mais non les autres rapports qui déterminent la sensation (1).

lors de l'alternance de l'image consécutive complémentaire de même couleur et de l'image consécutive complémentaire, ordinairement négative.

1. Voir plus loin l'étude détaillée du contraste. D'après la distinction précédente, le système tout entier des images consécutives est représenté par le tableau synoptique suivant :

Positives		Négatives	
Homochroïques.	Complémentaires.	Homochroïques (non observées et probablement impossibles).	Complémentaires.

Si l'irritation par la lumière blanche se produit, les subdivisions consistant en images consécutives homochroïques et complémentaires se suppriment. Souvent, dans le langage, on emploie indifféremment les termes d'images consécutives positives et homochroïques, ainsi que d'images consécutives négatives et complémentaires ; la substitution de ces désignations doit être évitée, à cause de l'existence des images consécutives complémentaires positives.

En somme, les phénomènes des images consécutives dépendent spécialement des *trois* facteurs suivants qui, selon les circonstances, sont tantôt mélangés, tantôt isolés les uns des autres. Ces facteurs sont : 1° le processus d'excitation, provoqué directement par l'irritant lumineux et présentant toujours une durée sensiblement supérieure à l'irritant ; 2° l'irritabilité modifiée de la rétine, qui persiste plus ou moins longtemps, après le déroulement du processus d'excitation ; et 3° dans certaines conditions, que nous connaîtrons ultérieurement, le contraste des sensations. La modification d'irritabilité occasionne, dans toutes les circonstances, l'image consécutive complémentaire négative ou positive. L'action directe et continue de l'excitation se révèle par l'image consécutive de même couleur. Le contraste détermine principalement l'intensité forte ou faible, avec laquelle se traduisent les effets consécutifs de l'excitation (1).

Enfin, les phénomènes des images consécutives offrent un parcours plus complexe, quand l'irritant lumineux est mixte, au lieu d'être composé d'une seule couleur. Dans ce cas, l'excitation ne persiste pas toujours, en gardant la même composition lumineuse ; mais il se produit une transformation des couleurs, indiquant que les diverses couleurs, composant la lumière mixte, produisent des irritations rétiniennes de parcours différent. Nous nommerons ce phénomène la *dégradation colorée des irritations lumineuses de courte durée* (2).

Si, après avoir regardé momentanément un objet blanc très-éclairé, on ferme les yeux, l'image consécutive blanche, positive au début est transformée par le bleu, le violet, le rouge en image consécutive grise négative (3). Un phénomène analogue s'observe avec la toupie chromatique, si, traçant sur son disque des secteurs alternativement blancs et noirs, on choisit une vitesse de rotation telle, que ces secteurs ne se fusionnent pas, pour donner une impression uniformément grise. Il se produit alors un papillotage coloré ; car, si la vitesse est modérée, une co-

1. Hering (*Zur Lehre vom Lichtsinn.* Wien 1878, p. 14, 43 et suiv.) a fait ressortir, que dans des cas nombreux il est insuffisant de concevoir l'image consécutive négative, comme un phénomène de fatigue. Tous les exemples cités par Hering dérivent facilement du contraste, dont l'intervention dans les phénomènes des images consécutives est, sans doute, des plus évidentes.

2. Habituellement, ce phénomène est appelé « la dégradation colorée des images consécutives. » La désignation précédente me semble plus convenable, afin d'éviter la confusion avec d'autres phénomènes des images consécutives ; car, la courte durée de l'irritation, dans les expériences, dont nous nous occupons ici spécialement, est absolument essentielle.

3. Fechner, *Annalen* de Poggendorff, t. 50, p. 445.

loration rougeâtre, qui précède chaque secteur noir, est suivie d'une coloration bleuâtre ou verdâtre ; si la rotation est accélérée, la coloration rougeâtre s'étend complètement aux secteurs blancs, et la coloration bleuâtre aux noirs (1). Ces phénomènes s'expliquent, si on admet, que le trajet de l'excitation dépend de la longueur d'onde de la lumière ; et, certainement l'excitation rouge s'abaisse le plus rapidement, au début ; c'est pourquoi, elle emploie un temps considérable, pour disparaître complètement. Au contraire, l'irritation lumineuse verte doit décroître le plus lentement au début, et le plus vite à la fin ; tandis que l'irritation violette tiendra une conduite moyenne (2). Le papillotage coloré des secteurs blancs et noirs de la toupie chromatique exige une autre explication. Selon la remarque d'Helmholtz, les phénomènes démontrent ici, que l'*ascension* de l'excitation s'opère avec une vitesse différente ; et, à la vérité, le maximum de l'irritation est atteint d'abord par le rouge, plus tard par le vert, le bleu et le violet (3). En effet, cette présomption est confirmée par les expériences de Kunkel. D'après ce dernier auteur, quand l'intensité lumineuse est modérée, la lumière rouge met 0,0573 sec. à atteindre ce maximum ; la bleue 0,0916 ; la verte 0,133 (4).

Les images consécutives et les autres phénomènes, qui accusent une modification de l'irritabilité, nous apprennent, que la sensation lumineuse est une fonction non seulement de la longueur d'onde, mais de l'état respectif de la rétine. Toutes les observations, citées jusqu'à présent, attestaient, que l'irritabilité d'un point donné de la rétine est déterminée soit par les propriétés permanentes de cette membrane, telles que la réceptivité individuelle à l'irritation, la position relativement au centre rétinien, soit par des irritations antérieures, qui ont agi sur cette partie. Mais d'autres expériences nous indiquent, que la sensation lumineuse, provenant de l'irritation d'un point rétinien, est

1. Fechner, *ibid.* t. 47, p. 257.
2. Helmholtz, *Physiol. Optik*, p. 372. Appliquant ici même l'hypothèse de Young, Helmholtz attribue ces phénomènes à un trajet d'excitation, différent dans les filets nerveux sentant le rouge, le vert et le violet. Nous les avons expliqués indépendamment de cette hypothèse ; puisque, sans recourir à cette supposition de filets nerveux ou matières visuelles spécifiques, la pensée conçoit très-bien, ainsi que nous l'avons dit plus haut, un trajet de l'excitation dépendant de la longueur d'onde.
3. Helmoltz, *Phys. Optik*, p. 380, 381.
4. Kunkel, *Archiv f. Physiol.* de Pflüger, t. IX, p. 197. Nous passons sous silence les autres chiffres concernant le temps nécessaire à l'irritation lumineuse ; leur intérêt est exclusivement physiologique. On les trouvera, d'ailleurs, dans mon *Lehrbuch d. Physiologie*, 4e édit. § 123 (p. 663).

simultanément fonction de l'état d'irritation, dans lequel se trouvent d'autres parties, surtout les régions voisines. Les phénomènes, produits de cette manière, portent le nom de phénomènes de *contraste*.

Prenons deux carrés de papier noir mat et posons l'un sur un fond blanc, l'autre sur un fond gris : le premier paraîtra plus foncé, que le second. De même, un objet blanc sur fond noir est plus clair, que le même objet sur fond gris. Par conséquent, la clarté, avec laquelle une impression rétinienne est perçue, dépend de son énergie lumineuse propre, mais aussi de l'énergie lumineuse de son entourage ; car, notre sensation s'accuse d'autant plus dans une certaine direction, qu'elle est plus sollicitée vers la direction opposée, par suite de la composition de l'impression qui se produit dans l'entourage. C'est pourquoi, ce phénomène a été appelé *opposition* ou contraste des sensations. Celles-ci sont influencées dans un sens analogue, quand des impressions colorées et des impressions autrement colorées se manifestent simultanément dans l'entourage. La sensation de clarté étant d'autant plus grande, que le contraste par rapport à la clarté de l'entourage est plus énergique, la sensation colorée est d'autant plus saturée, qu'elle se trouve en opposition plus marquée avec la sensation colorée des parties rétiniennes environnantes. Les couleurs du plus grand contraste sont les complémentaires, qui sont justement opposées l'une à l'autre sur le tableau hromatique. Chaque couleur est donc perçue avec la saturation la plus considérable, quand les régions environnantes de la rétine sont atteintes par une impression colorée complémentaire. Or, pour laisser apparaître les diverses couleurs avec le maximum de leur saturation, il faut examiner le rouge par exemple sur fond bleu verdâtre, le jaune sur fond violet, le vert sur fond rouge pourpre. Evidemment, il existe ici une relation entre les phénomènes de contraste et ceux des images consécutives. Un point rétinien donné est mis alors dans un état, où il est disposé à la sensation la plus saturée possible d'une couleur, quand on a préalablement fatigué ce point par la couleur complémentaire. Par conséquent, la modification, engendrée par la fatigue, s'appelle le contraste *successif ;* et l'on a nommé contraste *simultané* les phénomènes de contraste, proprement dits, qui sont dûs à la corrélation de chaque partie sentante avec son entourage. Naturellement, le contraste successif peut exister indépendamment du contraste simultané. Si l'on irrite un point rétinien et si, tandis que l'impression a lieu, l'on irrite ensuite l'entourage de ce point avec la lumière complémentaire ou avec l'intensité lumineuse opposée, cette partie de la rétine acquiert la sen-

sibilité la plus considérable, pour un irritant lumineux donné. Chaque impression est donc sentie, de la façon la plus caractéristique, avec la couleur et la clarté qui lui sont propres, *quand elle est relevée autant par le contraste successif, que par le contraste simultané.*

Il est facile de constater, qu'il y a des *degrés* très-multiples de contraste. Nous fatiguons un point rétinien dans une mesure différente par une couleur déterminée, et nous pouvons ainsi augmenter l'irritabilité pour sa couleur complémentaire, en laissant agir, plus ou moins longtemps, avec une saturation considérable ou faible, l'impression colorée fatigante; de même, lors du contraste simultané, les gradations les plus différentes sont possibles. Celles-ci, s'il s'agit du contraste coloré, dépendent du degré de saturation des couleurs contrastantes, et de l'énergie lumineuse des impressions, s'il s'agit de contrastes de clarté. Posons un carré de papier blanc sur différentes surfaces foncées, placées l'une à côté de l'autre et nuancées depuis le noir complet passant par le gris foncé, jusqu'au gris-blanc. Ce carré blanc de papier apparaît avec une clarté graduée : sur le fond noir, il est extrêmement clair, et très-peu clair sur le fond gris-blanc. En variant non seulement la clarté du fond, mais aussi celle de l'objet, on voit, qu'un papier gris-blanc sur fond noir semble gagner relativement plus en clarté, qu'un papier blanc sur le même fond noir: les deux papiers paraissent avoir une blancheur parfaitement égale. Il résulte de cette observation, que le contraste atteint son maximum, quand les impressions présentent une certaine différence de clarté.

Dans les impressions colorées, le degré de contraste peut varier de deux manières: 1° si nous modifions le ton coloré des impressions contrastantes, 2° si nous changeons leur degré de saturation. Quant au premier point, nous avons déjà montré, que les couleurs complémentaires donnent le contraste le plus considérable. Celui-ci diminue par conséquent, si l'on choisit des tons de couleurs plus rapprochés ou plus éloignés les uns des autres. Pour la sensation, ces deux conditions reviennent au même, par suite de la configuration de la courbe chromatique qui est fermée : ici, toutes les couleurs non complémentaires sont plus *rapprochées* les unes des autres, que les couleurs complémentaires; et le relévement par le contraste diminue avec ce rapprochement. Dans ce cas, tant qu'on change seulement le ton de la couleur, la saturation étant maintenue constante, les modifications, qui apparaissent, ne sont également que des changements du ton coloré. Si donc, le maximum de contraste est atteint, quand les deux couleurs,

étant complémentaires l'une de l'autre, s'offrent à l'œil avec la plus grande pureté du ton de la couleur, il n'en est nullement de même avec le déplacement ou éloignement des deux couleurs, puisqu'alors le ton de chacune apparaît modifié dans un sens, qui correspond au rapprochement du couple de couleurs complémentaires voisines. Si, avec Brücke (1), nous appelons couleur *induite* la couleur influencée par une autre, et couleur *inductrice* celle exerçant l'influence, les phénomènes de l'induction des couleurs par le contraste se démontrent parfaitement de la manière suivante. On prend de la couleur, que l'on veut utiliser comme induite, des objets de grandeur et de couleur égales, par exemple des morceaux de papier, peints avec des pigments autant que possible saturés et on les pose sur une série de morceaux de papier plus grands, placés les uns à côté des autres et nuancés selon les couleurs principales du spectre. On peut donc considérer l'objet coloré comme couleur induite, et le fond d'une autre couleur, comme couleur inductrice. En mettant de cette façon, par exemple, des morceaux de papier rouge simultanément sur un fond orangé, jaune, vert jaunâtre, vert, bleu verdâtre, etc., le rouge apparaît avec le ton coloré absolument invariable sur son fond complémentaire, qui est, par conséquent, vert bleuâtre. Déjà, sur le fond vert, il se montre avec une légère modification pourpre ; sur le vert jaunâtre, jaune, orangé il revèt successivement une teinte violette et même bleuâtre ; en revanche, sur le vert bleuâtre, bleu etc., il se rapproche davantage de l'orangé et du jaune. D'une manière analogue, le vert reste invariable sur le pourpre, qui est sa couleur complémentaire ; sur les couleurs situées à l'extrémité du spectre, il prend un ton coloré jaunâtre, et un ton bleuâtre sur les couleurs, qui occupent le commencement du spectre. Si l'on considère en même temps le ton coloré du fond, on remarque d'ailleurs, que celui ci paraît généralement modifié, et, à la vérité, il l'est, mais en sens opposé. Si donc, par exemple le rouge sur fond jaune offre une teinte bleuâtre, le fond jaune lui-même acquiert une teinte verdâtre. Ainsi, chaque couleur inductrice est toujours simultanément induite par la couleur, sur laquelle elle exerce l'effet inducteur. Nous pouvons nous faire une idée très-simple de cette influence corrélative, lors du contraste, si nous construisons deux cercles chromatiques concentriques, tournés l'un vers l'autre de 360°, de façon qu'à chaque couleur d'un cercle corresponde la couleur complé-

1. *Denkschriften der Wiener Akd. Math.—naturw., Cl.* III. p. 98.

mentaire de l'autre cercle (fig. 116) (1). Si l'une des couleurs, qui produit sur une autre couleur l'effet inducteur, est représentée par un segment du cercle interne, les segments coïncidents du cercle externe et du cercle interne donnent toujours la direction de la modification. Choisissons par exemple le vert sur fond rouge : cela signifie, puisque le vert coïncide avec le pourpre, le rouge avec le vert bleuâtre, que le vert est modifié, comme s'il était mélangé de vert bleuâtre, et le rouge, comme s'il était mélangé de pourpre. Mais, si nous choisissons le vert sur fond rouge-pourpre, la coïncidence de ces deux couleurs dans la fig. 116

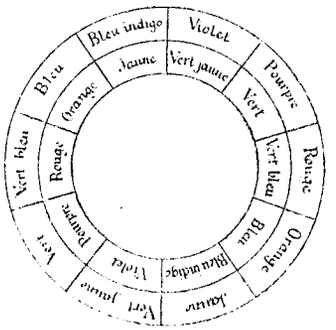


Fig. 116.

indique, qu'elles subsistent invariablement avec leur ton de couleur. Comme règle générale de la succession des couleurs, relativement au ton de la couleur s'applique donc, ici, cette proposition, que chaque couleur exerce une action modificatrice dans le sens de sa couleur complémentaire. C'est pourquoi, on a donné le nom de *couleurs de contraste* aux couleurs complémentaires.

En dehors du ton de la couleur, l'effet de contraste dépend de la *saturation* des couleurs. Ici, trouve son application cette loi générale, qu'une couleur est d'autant plus difficilement modifiée par le contraste, qu'elle est plus saturée. Il est aisé de se convaincre de ce fait, grâce à l'expérience déjà mentionnée, concernant l'induction chromatique des carrés de papier d'égale couleur, disposés sur un fond d'une couleur différente. La modification est beaucoup plus nette, si on recouvre les papiers colorés avec un papier blanc de soie ou avec une plaque de

1. A. Rollett, *Wiener Sitzungsberichte*. Mars 1867.

verre opalin, à travers lequel les couleurs sont vues par transparence, mais ont leur saturation notablement diminuée. Par exemple, un objet rouge sur fond bleu indigo n'a plus simplement une teinte jaunâtre : il paraît complètement jaune, et le fond bleu indigo semble vert-bleuâtre. Tandis que, pour les couleurs saturées, on reconnaît facilement, malgré le contraste, que les divers morceaux de papier placés ont été découpés dans la même feuille de papier, ceci n'est plus possible pour les couleurs blanchâtres ; car alors, l'observateur juge les couleurs absolument différentes.

Le blanc, étant considéré comme le plus faible degré de saturation d'une couleur quelconque, les objets blancs ou gris sont les meilleurs, pour faire apparaître les altérations de contraste les plus grandes possibles. Un objet incolore n'exerce plus d'effet inducteur sur un autre ton de couleur, mais il reçoit de celui-ci le plus grand effet inducteur, puisqu'il est vu purement avec la couleur de contraste, sans mélange aucun d'une autre couleur. Par conséquent, cette dépendance du contraste vis-à-vis du degré de saturation se représente très-simplement de la manière suivante. Une couleur *A* modifie l'impression existant sur une partie rétinienne voisine, comme si l'impression *B*, agissant ici, était mélangée à une certaine quantité de lumière de la couleur complémentaire de *A*. La sensation *B* se rapprochera donc d'autant plus de la couleur complémentaire de *A*, que son ton primitif de couleur est moins saturé ; et elle se convertit entièrement en la couleur complémentaire, quand cette saturation est nulle. Le procédé suivant de H. Meyer fait admirablement ressortir les couleurs de contraste (1).

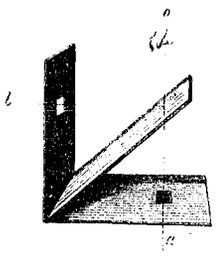


Fig. 117.

Sur un papier coloré est placé un petit morceau de papier gris ou noir, et le tout est recouvert d'une feuille de papier transparent : alors, le champ gris apparaît très-nettement avec la couleur de contraste. Dans ce cas, le contraste est évidemment encore favorisé, parce que la feuille de papier présente une surface uniforme, sur laquelle les lignes de contour des différents objets, les uns par rapport aux autres, n'affaiblissent pas la corrélation des sensations. On obtient des effets de contraste également énergiques, si par la réflexion (de la lumière) on supprime la netteté des lignes de contour des objets, comme dans

1. *Annalen* de Poggendorff, t. 95, p. 70.

l'expérience de Ragoni Scina (fig. 117) (1). Deux feuilles de papier blanc étant posées, l'une horizontalement, l'autre verticalement, on intercale, sous un certain angle, entre ces deux feuilles, une plaque de verre coloré ; ensuite, un petit morceau de papier noir *a* est placé sur la feuille horizontale. Par conséquent, l'œil *o* reçoit, dans la direction *a o*, presque seulement de la lumière blanche, qui vient de *b* et est réfléchie à la surface de la plaque de verre coloré ; partout d'ailleurs, il lui arrive en même temps la lumière réfractée, qui est énergiquement colorée par la plaque de verre. Or, la tache *a* apparaît nettement avec la couleur complémentaire de la plaque de verre (2). On peut modifier l'expérience de la manière suivante. A la place de la feuille blanche verticale on met une feuillle de papier noir, et on colle en *b* un petit morceau de papier blanc de grandeur égale à *a*, mais dont l'image réfléchie coïncide avec *a*. Maintenant, la couleur de la plaque de verre se montre beaucoup plus saturée, que dans le cas précédent, puisque seulement encore la lumière, qui a traversé la plaque, arrive à l'œil : de nouveau, le point *a* apparaît nettement avec la couleur complémentaire. Mais, un contraste de clarté se manifeste simultanément entre l'image claire réfléchie et le fond de couleur sombre : l'image réfléchie du morceau de papier blanc apparaît donc plus claire, en d'autres termes moins saturée, que si l'on prend, pour agent réflecteur, une surface uniformément blanche, qui diminue la saturation de la plaque de verre. Par conséquent, le contraste s'accroît non seulement, lors de la diminution de saturation de la couleur induite, car il atteint son maximum, si la saturation est nulle ; mais il augmente même, jusqu'à une certaine limite, quand la saturation de la couleur *inductrice* diminue. Cette limite (à condition, que l'objet vu avec la couleur de contraste soit lui-même incolore) est atteinte, si la couleur inductrice est assez claire, pour donner avec l'objet induit le contraste de clarté et si elle possède une saturation suffisante, pour occasionner une impression nettement colorée. L'objet incolore induit doit être assez foncé, pour donner le contraste de clarté avec le fond plus lumineux, et, d'autre part, il doit, cependant, être suffisamment clair, pour qu'une irritation lumineuse de certaine intensité ait encore lieu. Puisqu'elles effectuent seulement un minimum de sensation, les impressions

1. Helmholtz, *Physiol. Optik*, p. 405.

2. Dans ce cas, on doit s'exercer préalablement à donner l'inclinaison nécessaire à la plaque de verre, jusqu'à ce que la lumière réfléchie ait cette clarté, qui fait ressortir le contraste avec la plus grande netteté.

lumineuses les plus faibles peuvent ne pas avoir leur qualité de sensation notablement modifiée par le contraste. Ainsi, un gris foncé sur un fond coloré de faible saturation présente cette condition favorable pour le contraste ; c'est pourquoi, la couleur de contraste est vue avec la plus grande saturation possible. Si on élève, au-dessus de ce point qui est le plus favorable, la saturation du fond coloré ou la clarté de l'objet induit, la saturation de la couleur de contraste s'affaiblit dans les deux cas. Il en est de même, si on *diminue* la clarté de l'objet induit, puisque, par suite de la faible intensité lumineuse, la sensation colorée s'approche du pôle du noir. C'est ce qui explique l'action du papier à lettres transparent, dans l'expérience de Meyer. Ici, la couleur de contraste apparaît extrêmement saturée, si, après avoir posé sur un papier de couleur saturée un morceau plus petit de papier noir, on recouvre le tout d'une feuille de papier. Cette dernière feuille diminue, à un degré suffisant, la saturation du fond coloré et transforme le noir du petit morceau de papier en un gris foncé. Mais le contraste diminue énormément, si, au lieu du morceau de papier noir, on interpose un petit morceau de papier blanc. Si, d'autre part, pour recouvrir le petit morceau de

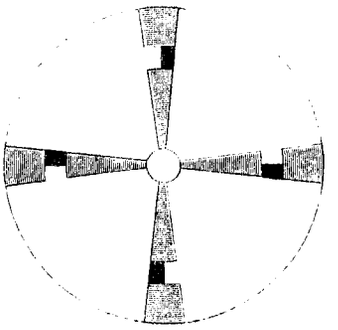


Fig. 118.

papier noir et son fond, on a choisi un papier de soie très-transparent, il faudra en superposer plusieurs couches, jusqu'à ce qu'on atteigne ce rapport de clarté, qui élève le contraste au maximum.

Le meilleur moyen de déterminer ces degrés de clarté et de saturation, qui sont les plus favorables pour le contraste, nous est offert par la toupie chromatique (1). Sur le disque de cet instrument, on dispose

1. Helmholtz, *Physiol. Optik*, p. 511

plusieurs secteurs colorés, tous interrompus en un même point par un segment intercalaire noir, comme dans la figure 118, où des hachures grises indiquent les parties colorées des secteurs. Si la toupie tourne rapidement, le disque tout entier présente un ton de couleur blanchâtre; mais, à l'endroit du segment intercalaire, apparaît un anneau avec la couleur complémentaire. La saturation de la couleur du fond peut facilement augmenter ou diminuer, si on dessine sur la toupie des secteurs plus ou moins larges; et, de même, la clarté de l'anneau augmente ou diminue, selon la largeur donnée au segment intercalaire noir. Si la largeur des secteurs a une certaine proportion, la saturation de la couleur de contraste est des plus considérables. On constate alors, que cette proportion la plus convenable est réalisée, quand les segments noirs des secteurs, considérés en eux-mêmes, par conséquent après le recouvrement de tout le restant du disque, apparaissent, si la rotation est rapide, comme un anneau gris foncé; et les secteurs colorés engendrent une couleur saturée si faible, que celle-ci est encore nettement reconnue. Quand le ton coloré est choisi un peu plus saturé, grâce à l'augmentation de largeur donnée aux secteurs, la saturation de l'anneau, coloré par induction de la couleur complémentaire, diminue. On peut, de nouveau, rapprocher plus intimement cet anneau de sa saturation précédente, si l'on augmente davantage la largeur des segments noirs des secteurs; alors, la même proportion de clarté se manifeste encore, comme auparavant. Mais on atteint bientôt une limite, où l'anneau gris devient si foncé, que, par suite, son ton de couleur est de nouveau diminué. Non seulement la proportion de clarté, mais même la clarté *absolue* des impressions doivent donc avoir une valeur déterminée, pour que le contraste soit des plus énergiques.

Les couleurs complémentaires, que des *ombres* grises montrent sur un fond coloré, sont sujettes aux mêmes conditions. Alors, la clarté de l'ombre et la saturation de la couleur inductrice sont, très-souvent, dans un rapport favorable pour la production du contraste. Ici se rattache ce phénomène très-connu, qu'avec l'éclairage rougeâtre du soleil couchant ou de la lumière de la lampe, les ombres affectent la coloration bleu-verdâtre. Dans toutes les couleurs de contraste possibles les ombres apparaissent, si, après avoir obligé la lumière du soleil ou de la lampe à traverser des verres colorés, on projette des ombres dans cet éclairage coloré. La nature subjective des couleurs de contraste, qui naissent de cette manière, ressort nettement d'une modification, que

Fechner a fait subir à cette expérience opérée à l'aide des ombres [1]. Prenez un tube noirci à l'intérieur et regardez à travers ce tube une ombre colorée, de façon que de l'entourage de l'ombre aucune lumière n'atteigne votre œil : l'ombre semble justement aussi colorée, que si vous l'examiniez à l'œil nu ; et la coloration ne disparaît même pas, si, après avoir enlevé la plaque de verre coloré, on supprime l'éclairage coloré ou si on le transforme, par une seconde plaque de verre, en un éclairage d'une autre couleur. Regardez, au contraire, à la lumière blanche, à travers un tube, une ombre qui est purement grise, et, sans changer la position de l'œil, remplaçez la lumière blanche par un éclairage coloré ; l'ombre restera cependant purement grise, pourvu qu'on n'arrive pas à une limite de cette ombre, où l'éclairage coloré environnant est perçu, et où alors la couleur complémentaire fait momentanément son apparition. Cette expérience est instructive. Elle montre, comment l'impression colorée inductrice peut être écartée, sans que son effet disparaisse. Or, il doit en être ainsi ; car, 1° l'impression induite persiste sans interruption, et 2° aucun nouvel effet inducteur ne vient s'y joindre. La couleur de contraste de l'ombre examinée à travers le tube disparaît par conséquent, si, après avoir fermé momentanément les yeux, on les ouvre ensuite, ou bien, si on arrive à la limite de l'ombre et si on trouve l'entourage éclairé d'une nouvelle couleur. Constamment, mais seulement durant un certain temps, l'effet de contraste a une durée supérieure à la continuation de l'impression inductrice. Quand nous considérons longtemps l'ombre à travers le tube, graduellement la couleur de contraste pâlit et disparaît enfin successivement.

D'après les observations étudiées en dernier lieu, chaque irritation lumineuse tend à exercer une action constante, qui, en présence d'autres impressions inductrices existant simultanément, est, selon des conditions particulières, supérieure ou inférieure à l'effet d'induction. Ce rapport se manifeste encore, avec une netteté remarquable, dans une série de phénomènes que, pour abréger, nous nommerons *effets marginaux* du contraste. Dans un éclairage coloré, une ombre large apparaît à sa limite vers cet éclairage, avec la couleur pure du contraste ; mais celle-ci décroît graduellement, en s'éloignant de la limite, et disparaît enfin entièrement. Si, dans l'expérience de Meyer, on adopte pour papier intercalaire une feuille noire très-grande, cette dernière présente,

1. *Annalen* de Poggendorff, t. 60, p. 138.

seulement au bord, un contraste très-net. Les phénomènes de contraste marginal se révèlent de nouveau avec toute leur beauté, si l'on a recours aux disques rotatifs de la toupie chromatique (1). Sur un disque blanc, posez des secteurs noirs, dont la largeur, pareille à ceux de la fig. 119, diminue de dedans en dehors. Pour qu'aucun effet de contraste n'eut lieu, il faudrait que, lors de la rotation rapide du disque, on vit apparaître des anneaux gris, dont la clarté diminuerait de dedans en dehors, mais resterait constante dans chaque segment. Or, il n'en est pas ainsi : en dedans, là où il confine à l'anneau voisin plus foncé, chaque anneau se montre plus clair, presque blanc ; en dehors, là où il confine à l'anneau plus clair, l'anneau est plus sombre. Après avoir choisi un disque semblable à celui de la fig. 118 (p. 502), donnons une couleur différente aux deux segments de secteurs contigus aux segments intercalaires noirs, colorons par exemple les intérieurs en rouge et les extérieurs en jaune. Lors de la rotation du disque, l'anneau gris moyen

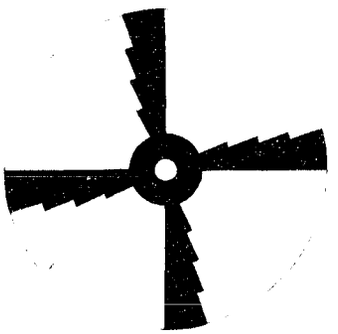


Fig. 119.

affectera des couleurs de contraste différentes : en dedans, le bleu-verdâtre ; en dehors, le violet. Le même phénomène peut être varié de bien des manières. Toujours le contraste se montre avec la plus grande netteté, quand la clarté ou le ton de couleur se modifient rapidement. Les effets de contraste dans un sens opposé se produisent donc, presque simultanément, si on modifie, dans un sens contraire et à des distances rapprochées, la clarté ou le ton de couleur. D'après les expériences d'Hering, ces sortes d'effets marginaux s'observent même sur les images

1. Helmholtz, *Physiol. Optik*, p. 443.

consécutives (1). Les images consécutives conviennent très-bien pour faire cette démonstration, de même que les mélanges sur les disques rotatifs, à cause des faibles degrés de clarté et de saturation qui leur appartiennent, tant que des effets énergiques de contraste ne se manifestent point. Or, nous avons vu précédemment (p. 501), que des nuances amorties de clarté et de couleur sont extrêmement favorables pour l'impression induite et, même, pour l'impression inductrice. Si, par exemple, à l'aide de deux disques clairs très-rapprochés, placés sur fond sombre, on produit une image consécutive négative, l'on aperçoit deux disques sombres entourés chacun d'une auréole claire, et à l'endroit, où les deux auréoles se recouvrent, on constate une augmentation de clarté. L'image consécutive négative du carré, représenté fig. 120 se compose d'un rectangle blanc à droite et d'un rectangle noir à gauche, avec une zone limite, engendrée par le contraste marginal et se distinguant par une clarté bien plus considérable. En outre, l'image consécutive du trait noir transversal apparaît avec une clarté encore plus intense, car ici se révèle le constraste par rapport aux *deux* images consécutives sombres limitantes. Enfin, si on obscurcit davantage ces images consécutives, en les projetant sur un fond noir, la clarté du trait blanc de l'image consécutive est encore plus rehaussée. D'après toutes ces expériences, qui peuvent être variées à l'infini : 1° l'énergie du contraste dépend des rapports de voisinage des impressions contrastantes ; 2° elle croît avec l'accumulation des influences inductrices ; 3° enfin, elle est plus favorable pour certaines clartés modérées des impressions, que pour d'autres. Evidemment, cette dernière condition est cause, selon la remarque d'Hering, que les contrastes, dans les images consécutives, sont plus énergiques dans des phases déterminées de dégradation, que dans d'autres (2).

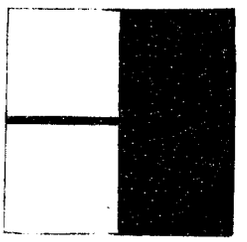


Fig. 120.

Il s'agissait, dans les observations précédentes, de faire prédominer

1. Hering, *Sitzungsber. der Wiener Akad. Math.—naturw. Cl.* 3e fascicule t. 66 et 68. Mémoire reproduit, in *Zur Lehre vom Lichtsinn*, 1re, 2e et 3e communications du même auteur.

2. Voir, in *Sitzungsber der Wiener Ak.* t. 52, p. 303 ; t. 54, p. 393 (mémoires de Mach) et in *Vierteljahrsschr. f. Psychiatrie*, II. p. 38, d'autres expériences, qui confirment les règles ci-dessus.

le plus possible l'effet inducteur sur l'effet constant des impressions lumineuses. Mais on établit facilement des conditions, qui permettent, en modifiant convenablement l'expérience, de faire disparaître totalement, ou bien alternativement disparaître et apparaître l'induction directe. Si, après avoir collé un petit morceau de papier gris sur une plaque de verre coloré ou sur un papier coloré, on choisit les rapports de clarté les plus favorables à la production de la couleur de contraste, le papier gris, vu de près, prend à peine la teinte de la couleur de contraste. Et, si l'observateur se place à une plus grande distance, afin que la netteté des lignes de contour disparaisse, la couleur de contraste se montre très-distinctement. Ici, ce n'est pas l'amoindrissement de l'image rétinienne, qu'il faut accuser de ce résultat ; car, on est aisément convaincu du contraire, en variant la grandeur du petit morceau de papier collé. Cette influence des contours est des plus évidentes dans l'expérience de Meyer. Si, dans le voisinage de l'endroit, où le morceau de papier noir, vu avec la couleur de contraste, se montre par transparence à travers la feuille de papier, on pose un petit fragment de papier gris, ayant exactement la même clarté, que le premier après son recouvrement par la feuille de papier, néanmoins, le fragment non recouvert n'affecte que très-peu la couleur de contraste (1). Voici la forme inverse de l'expérience. Sur la feuille de papier, qui recouvre la surface colorée avec la tache contrastante, on trace une ligne autour de cette tache : instantanément l'effet de contraste disparaît ; et, si on regarde de loin, il ne se présente plus. Egalement, dans les expériences avec la toupie chromatique, l'effet de contraste disparaît, si on limite par une ligne les points, où confinent les parties contrastantes du disque; si, par exemple, dans la fig. 118, on tire des lignes noires circulaires sur les segments des secteurs dirigés vers le segment noir intermédiaire, ou si, comme dans la fig 119, on sépare les uns des autres par des cercles noirs chaque segment des secteurs. Evidemment, nous sommes insensibles à l'effet de contraste, tant que nous avons un motif de rapporter à des *objets séparés* les impressions, qui exercent les unes sur les autres une action inductrice. Ici, notre sensation semble se trouver, partiellement, dans un état qui lui est spécial, si l'on fait abstraction de l'induction corrélative des impressions hétérogènes. Cette indépendance à l'égard de l'effet de contraste tient seulement à ce que le degré, où une sensation est déterminée par les

1. Helmholtz, *loc. cit.* p. 401.

impressions d'autres points rétiniens, est quelque peu variable ; et, en cela, l'influence des impressions antérieures, composées d'égales couleurs, y contribue à son tour. La sensation de blanc peut être modifiée par d'autres impressions simultanées ; et, d'autre part, elle agit sur elles, en fixant la reproduction des états d'excitation homogènes. Généralement, ce dernier effet est prépondérant, toutes les fois que nous rapportons la sensation à un objet particulier. Assurément, le même facteur révèle son action dans cette intéressante expérience de Meyer, ainsi modifiée par Helmholtz. On choisit un petit carré de papier gris, parfaitement égal à la feuille de papier qui sert de fond sombre, et on pousse ce petit carré de papier, tout près de cet endroit. Si alors l'observateur se livre à une comparaison attentive, le contraste peut entièrement disparaître ; mais celui-ci reparaît aussitôt, si l'observateur éloigne le petit carré de papier, pris comme objet de comparaison.

La *théorie des sensations lumineuses* doit rendre compte de tous les phénomènes, que nous venons d'étudier. Elle a surtout pour mission d'expliquer : 1° les relations subjectives des qualités lumineuses, qui trouvent leur expression dans la configuration de la courbe chromatique fermée et dans la gradation de tous les tons de couleur, jusqu'à l'absence de la couleur ; 2° la loi des mélanges, qui se réduit à l'existence des trois couleurs fondamentales ; 3° les rapports du trajet de l'excitation lumineuse, qui se manifestent dans les images consécutives ; et enfin, 4° les phénomènes particuliers de corrélation des excitations lumineuses simultanées, que nous observons dans les phénomènes de contraste. La solution de ce problème théorique est, en première ligne, physiologique ; mais, comme aux processus physiologiques correspondent, dans ce cas, des phénomènes de conscience absolument déterminés, c'est un devoir pour la psychologie de se livrer à l'examen de ce problème. Les hypothèses, émises à ce sujet, n'ont très-souvent pris, pour point de départ, qu'*un seul* des quatre groupes de phénomènes, ici signalés. Il est donc inévitable, qu'aucune d'elles ne suffise à donner une explication complète de toutes ces questions.

L'affinité subjective des deux couleurs terminales du spectre a d'abord captivé l'attention des savants. Aussi, Newton (1), en indiquant le nombre à peu près deux fois plus considérable des vibrations de la lumière violette, par rapport à celui de la lumière rouge (2), avait déjà

1. Newton, *Optice*, lib. I. pars II.
2. Compar. p. 465, note 2.

cru trouver une analogie entre cette affinité du rouge et du violet et celle du ton fondamental et de son octave. Si l'on essaye d'étendre cette analogie à tous les intervalles colorés intermédiaires, on est forcément condamné à échouer (1), et la différence complète des processus d'irritation dans les deux cas prive de sa base nécessaire une comparaison de ce genre. Néanmoins, il est incontestable, qu'il pourrait bien y avoir une certaine vérité dans la relation de cette affinité subjective des couleurs rouge et violette avec les rapports de vibration de la lumière objective. Quant au processus photochimique d'irritation, que nous supposons, il nous faudra cependant admettre, que son rapprochement du nombre double de vibrations le rend de nouveau analogue à cette composition, dont il jouit, lorsque les ondes lumineuses ont la plus grande longueur. Mais, par suite des autres différences tranchées existant entre l'excitation de ton et celle de couleur, ceci est *une* analogie, qui ne peut servir à tirer aucune espèce de conclusion.

On est ainsi conduit à revenir, dans ce but, justement aux phénomènes, où la différence des sensations sonores et des sensations lumineuses est le plus fortement accusée, aux *phénomènes des mélanges*. C'est ce que fait l'hypothèse de Young-Helmholtz, qui ramène toutes les sensations lumineuses à trois sensations fondamentales, correspondant aux couleurs principales. Pour l'essence de cette hypothèse, il est indifférent de s'imaginer, que les trois sensations fondamentales sont liées à l'énergie spécifique de trois classes de filets nerveux, ou à divers éléments rétiniens ou enfin à des matières visuelles différentes. Toutes ces opinions reposent sur l'idée suivante, qui leur est commune : trois processus physiologiques, spécifiquement différents, suffisent pour faire apparaître toutes les sensations lumineuses. Or, si l'on s'attache à cette supposition, qui se trouve partout confirmée dans le domaine de la théorie sensorielle, à savoir que les différences des processus psychiques doivent être parallèles à celles des processus physiologiques, une hypothèse, comme celle dont nous venons de parler, est par elle-même impossible. La sensation de jaune n'est pas un

1. Selon Unger (*Annalen* de Poggendorff, t. 87, p. 121), le rouge, le vert et le violet constituent un triple son consonnant égal à l'accord majeur. Mais cette assertion ne concorde pas avec les calculs opérés par Drobisch (*Abhandl. der sächs. Ges. d. Wiss.* IV, p. 107) ; car, d'après ce dernier, la quarte, qui est une consonnance décidément moins parfaite que la quinte, correspond au rapport des couleurs de contraste (*ibid.* p. 119). De plus, afin d'établir l'analogie entre la série des tons (sons) et la série des couleurs, Drobisch s'est vu obligé d'élever à une puissance fractionnaire les nombres proportionnels des vibrations lumineuses.

mélange de rouge et de vert ; le blanc n'est pas un mélange de rouge, de vert et de violet, etc. Par conséquent, l'hypothèse d'Young est insoutenable (du moins dans la forme qu'on lui donne ordinairement). Transformant directement en conditions physiologiques les conditions physiques, qui suffisent à produire toutes les sensations lumineuses, cette hypothèse laisse sans explication les propriétés subjectives de la sensation lumineuse et de la sensation colorée, la caractéristique de la sensation incolore, l'affinité de la couleur du commencement et de celle de la fin du spectre. Parce que le rouge, le vert et le violet objectifs suffisent pour engendrer toutes les qualités lumineuses, il ne faut pas évidemment déduire de là, qu'il existe seulement trois processus physiologiques pour toute sensation lumineuse ou colorée. Au contraire, comme les sensations qualitatives, occasionnées par ces trois couleurs objectives et leurs mélanges, sont très-multiples, nous devons conclure, que les effets physiologiques, qui émanent de la graduation quantitative des trois couleurs fondamentales, sont d'une espèce qualitative très-différente. Même les phénomènes de la cécité pour les couleurs n'ont pas, ainsi qu'on l'a cru, une force démonstrative. L'achromatopsie totale, qui normalement occupe les parties les plus latérales de la rétine, et très-rarement la rétine tout entière, est absolument incompréhensible avec l'hypothèse d'Young ; car, on imagine seulement *un* arrangement de filets nerveux, d'éléments rétiniens ou de matières visuelles, où la composition de la lumière objective est indifférente pour la sensation : c'est bien ce qui arriverait, s'il n'existait qu'*une seule* espèce d'éléments. On pourrait à la rigueur affirmer, qu'un individu atteint d'achromatopsie totale voit tout rouge, ou vert, ou violet ; mais la supposition n'explique pas l'achromatopsie excentrique, où la comparaison avec les impressions centrales est possible. En outre, l'achromatopsie partielle prouve, au plus haut degré, que l'insensibilité relative, assez fréquente pour certaines longueurs d'ondes, n'est pas répartie d'une façon complètement variable sur le spectre tout entier, mais que cette insensibilité existe spécialement pour les trois couleurs fondamentales, qui dérivent de la loi des mélanges ; c'est pourquoi, ici même, on constate des différences extrêmement considérables dans l'étendue, et chez les aveugles pour le vert, jusque dans la situation des rayons non sentis, ainsi que le démontre la composition variable des « équations colorées » chez les individus appartenant à la même classe de ce genre d'affection. Nous l'avons déjà fait remarquer, cette situation des rayons colorés, qui ne sont pas spécialement sentis,

n'a en soi rien de surprenant. Car, l'insensibilité pour le rouge ou le violet indique uniquement un raccourcissement des parties sensibles du spectre, à sa limite inférieure et supérieure; et le vert occupe dans la courbe chromatique une place distinguée, qui se révèle surtout en ce que la sensibilité différentielle pour le ton de la couleur atteint dans le vert un minimum relatif. En effet, la courbe décrite dans la fig. 113 (p. 469) conduit directement aux trois cas principaux de cécité pour les couleurs, si, par la pensée, cette courbe est raccourcie à son commencement, ou à son extrémité, ou si, dans son milieu, elle est capable d'atteindre complètement la ligne d'abscisse.

Voulant remédier (1) au défaut capital de l'hypothèse d'Young-Helmholtz, qui n'explique pas la présence de la plupart des sensations différentes d'avec les couleurs fondamentales, Hering établit une nouvelle hypothèse, qui tenait simultanément compte des conditions subjectives de la sensation et des exigences de la loi des mélanges. Cette hypothèse insiste d'abord sur les quatre couleurs principales déjà mentionnées, le rouge, le jaune, le vert et le bleu ; car, elle admet, qu'une matière visuelle spécifique correspond à deux de ces couleurs opposées l'une à l'autre sur le disque chromatique, par conséquent au rouge et au vert, d'autre part au jaune et au bleu, et en outre au blanc et au noir, qui doivent être des contrastes qualitatifs analogues. Dans chacune de ces matières visuelles, il y aurait de nouveau deux processus opposés, conformément aux oppositions du blanc et du noir, du jaune et du bleu, du rouge et du vert. De plus, des excitations colorées opposées se suppriment, puisqu'une excitation incolore, qui accompagne tous les autres processus, persiste uniquement ; au lieu de se comporter ainsi, le blanc et le noir produisent une sensation moyenne, le gris (2). De cette manière, l'hypothèse d'Hering, dont l'application aux images consécutives et aux phénomènes de contraste est facile à apercevoir, confond ensemble les concepts de couleurs fondamentales et de couleurs principales, qui ont été engendrés par des besoins entièrement différents ; elle se met donc en conflit avec les faits de la loi des mélanges. Le rouge et le vert ne sont pas complémentaires l'un de l'autre,

1. Je ferai observer, que déjà dans la première édition de ce livre (p. 388) j'avais signalé, avant Hering, ce défaut capital. D'ailleurs, d'après le petit nombre de mémoires, concernant alors la cécité pour le vert et qui n'étaient pas très-répandus, je crus devoir révoquer en doute (p. 404) l'existence de cette anomalie ; ce doute n'a plus de raison d'être, depuis la publication des vastes travaux contemporains qui traitent de cette affection.

2. Hering, *Zur Lehre vom Lichtsinn*, 4e et 5e communic.

mais bien le pourpre et le vert ; jamais les quatre couleurs principales ne donnent toutes les sensations colorées, et le violet spectral ne peut être produit par cette voie ; d'autre part, le jaune spectral est complètement engendré par le rouge et le vert. En outre, chaque cécité pour le rouge serait simultanément cécité pour le vert, tandis que réellement ces deux cas se distinguent absolument l'un de l'autre. Enfin, comme les sensations blanches-noires forment une série qualitative, on arriverait nécessairement à cette conséquence étonnante, que la lumière incolore est généralement dépourvue de gradations d'intensité. Il faudra donner raison à cette hypothèse uniquement sous *un* rapport : la sensation de l'absence de couleur ne peut jamais dériver du mélange de *sensations* colorées quelconques ; par conséquent, cette sensation incolore doit être accompagnée d'un processus physiologique d'espèce particulière.

Effectivement, cette obligation — abstraction faite du principe général, qui exige pour tout processus de sensation spécifiquement différent une base physique correspondante — trouve spécialement son appui dans les deux faits, que nous allons citer : 1° l'achromatopsie totale, déjà signalée, des parties les plus latérales de la rétine, et 2° la propriété, qu'a toute sensation colorée, de se convertir en une sensation incolore, quand l'énergie de l'irritant augmente ou diminue suffisamment. Ce dernier phénomène surtout nous contraint à admettre la supposition suivante : le processus physiologique de l'excitation lumineuse incolore existe, lors de toute irritation lumineuse ; et il se combine simultanément avec l'irritation lumineuse colorée, seulement dans des conditions particulières, quand l'irritant se borne à des longueurs d'ondes déterminées et à certaines intensités moyennes. A cet égard, la sensation lumineuse incolore ressemble à la sensation de bruit ; seulement, cette dernière, à cause de la faculté d'analyse dévolue à l'oreille, est liée plus intimement et plus souvent à la sensation de son. Cependant, on constate une autre analogie entre ces deux sensations : la sensation colorée est, très-probablement, le produit d'une évolution, puisque les organes visuels imparfaits sont capables de distinguer des degrés de clarté.

Notre connaissance directe, si défectueuse, des processus rétiniens nous amène à prendre spécialement en considération, pour la théorie de l'excitation lumineuse colorée : 1° l'affinité existant entre la couleur du commencement et celle de l'extrémité du spectre, 2° le fait révélé également et uniquement par la sensation, que deux longueurs d'ondes,

de différence suffisante, se compensent relativement à l'excitation colorée, de façon que l'excitation incolore, accompagnant toutes les irritations lumineuses, persiste seulement. Ces deux faits ont une certaine connexion ; car, de l'affinité subjective du rouge et du violet, on conclut à l'analogie des processus d'excitation correspondants ; et l'on doit donc s'attendre à ce que ces longueurs d'ondes, qui se compensent par rapport à l'excitation colorée, seront le plus possible éloignées les unes des autres dans la ligne chromatique fermée, esquissée d'après l'affinité subjective des couleurs. Si nous invoquons ici cet autre fait, que des longueurs d'ondes différentes, accusant un faible écart de vibrations, produisent ensemble une excitation lumineuse de composition égale à la longueur d'onde simple qui leur est intermédiaire, de là résulte la loi des mélanges, y compris les trois couleurs fondamentales.

Ces données obligent-elles à supposer une pluralité de processus d'excitation spécifiquement différents, de la même manière qu'on reconnaît l'excitation lumineuse incolore comme étant différente de l'excitation chromatique, quoiqu'elle soit généralement liée à cette dernière ? Selon ma conviction, on doit répondre *négativement* à cette question. Nous l'avons déjà dit, la loi des mélanges se concilie parfaitement avec l'hypothèse suivante, qui est toute naturelle : l'irritation chromatique est une fonction continuellement variable de la longueur d'onde de la lumière objective, et une irritation achromatique est simultanément liée à chaque irritation chromatique. En revanche, les phénomènes de la cécité pour les couleurs ne contiennent aucune contradiction, car ils attestent seulement la position remarquable, que les trois couleurs fondamentales occupent déjà, d'après la loi des mélanges. Il est encore moins permis d'emprunter à la distinction des quatre couleurs principales un argument en faveur de l'existence de matières visuelles ou de processus d'excitation spécifiquement différents. Si nous partons de cette idée, que les couleurs principales sont ces couples de couleurs, dont la différence subjective est un maximum, leur situation relative est alors déterminée par la parenté des deux couleurs terminales du spectre ; mais leur position absolue est, évidemment, une affaire de convention arbitraire ; c'est pourquoi, les désignations du langage ont exercé sur elle une influence essentielle. Si nous avions été habitués à regarder le pourpre et l'orangé comme couleurs principales, personne ne s'aviserait d'attribuer au rouge le rôle d'une couleur intermédiaire entre ces deux couleurs. Les peintres, qui par le mélange de pigments bleus et jaunes obtiennent le vert, in-

clinent à regarder celui-ci comme une couleur intermédiaire; tandis que pour les physiologistes, le vert est une couleur principale. Le concept de couleur principale n'a d'importance, que s'il indique certains maxima différentiels relatifs dans la courbe chromatique, qui est fermée en soi. En outre, un certain intérêt se rattache à ces différences maxima subjectives, car elles coïncident presque, mais non complétement, avec les couleurs complémentaires ; et, à la vérité, la déviation ou l'écart a lieu constamment en ce sens, que les couleurs complémentaires sont un peu plus éloignées les unes des autres, que les couleurs principales opposées l'une à l'autre. D'ailleurs, on peut très-bien imaginer, que cette déviation a été également occasionnée par cette influence de certains objets naturels, qui a déterminé le choix des quatre couleurs principales. Cependant, il ne faut pas oublier, que la mesure subjective des différences de notre sensation lumineuse est très-incertaine. Effectivement, il serait difficile à quelqu'un de décider, si le pourpre et le vert ne sont pas subjectivement plus différents, que le rouge et le vert. Nous sommes ainsi d'autant moins autorisés à justifier, par les quatre couleurs principales conventionnelles, les résultats obtenus, lors du mélange des couleurs, par rapport à l'effet compensateur des couleurs.

Les caractères essentiels de la théorie ici développée sont, par conséquent, renfermés dans les propositions suivantes. 1° Toute excitation rétinienne met en jeu deux processus d'irritation différents, une excitation chromatique et une excitation achromatique. L'irritation chromatique est une fonction de la longueur d'onde de la lumière. L'irritation achromatique est, par rapport à son énergie relative, également dépendante de la longueur d'onde, et à la vérité son intensité atteint un maximum dans le jaune. Quand l'énergie de l'irritant s'accroit, ces deux excitations suivent différentes lois ; car, l'excitation achromatique commence déjà, lors des irritants les plus faibles, et dépasse d'abord en intensité l'irritation chromatique. Avec des irritants lumineux moyens, l'énergie relative de l'excitation chromatique augmente donc, pour laisser la prépondérance à l'excitation achromatique, lorsque les irritants sont très-intenses. 2° L'excitation achromatique est un processus photochimique uniforme, dont l'intensité dépend, sous la forme déjà indiquée, de l'énergie lumineuse objective et de la longueur d'onde. Car il atteint un maximum dans le jaune et s'abaisse, à partir de ce point, vers les deux extrémités du spectre. 3° L'excitation chromatique est un processus photochimique polyforme. Celui-ci se modifie

continuellement avec la longueur d'onde ; et, dans ce cas, il représente simultanément une fonction, presque périodique, des longueurs d'ondes, puisque les différences les plus extrêmes de ces dernières produisent des effets presque homogènes ; tandis que les effets de certaines différences intermédiaires sont opposés, de manière qu'ils se compensent complètement, comme les phases opposées d'un même processus de mouvement. 4° Chaque processus photochimique d'excitation dépasse d'un certain temps l'irritation et épuise l'excitabilité de la substance sensorielle par l'irritant, qui a été appliqué. L'effet postérieur direct de l'irritation explique l'image consécutive positive et de même couleur ; et son épuisement, l'image consécutive négative et complémentaire.

Indépendamment de ces hypothèses, il est *un* groupe de phénomènes, *ceux de contraste*, qui nécessite d'autres suppositions. Ici, des faits extrêmement nombreux indiquent, que les processus d'excitation, déroulés dans les appareils sensoriels périphériques, sont insuffisants à nous dévoiler complètement ces phénomènes. A la vérité, les essais de ce genre n'ont pas manqué ; bien plus, ils apparaissent comme un expédient tout naturel, qui nous permet de faire rentrer le contraste dans les cadres des autres lois des sensations lumineuses. On avait donc admis, que toute irritation d'un point rétinien abaisse, dans les parties rétiniennes voisines, l'excitabilité par une égale excitation et occasionne, par conséquent ici, une sensation contrastante. Généralement, le contraste était donc considéré comme un phénomène d'irradiation. Cette opinion laisse sans explication une foule de modifications particulières des phénomènes de contraste, que nous avons déjà étudiés, et est contredite par les faits. Si une semblable irradiation antagoniste de l'irritation avait lieu, on devrait s'attendre à ce que l'énergie de l'effet de contraste croisse avec l'intensité de l'irritant inducteur. Or, l'expérience nous l'a démontré, il n'en est pas ainsi. Au contraire, ce qui favorise le plus le contraste, c'est un rapport des énergies de l'irritant, par suite duquel l'irritant inducteur possède une intensité modérée. De plus, si l'explication de l'irradiation était juste, il faudrait, quand on a choisi, sur le disque rotatif (fig. 118), les secteurs externes et internes du ton de couleur complémentaire, par conséquent les uns pourpres, les autres verts, que l'anneau moyen ou médian apparaisse justement gris, comme lors de la suppression des couleurs inductrices. Ce dernier fait ne se réalise pas ; les couleurs de contraste restent visibles, comme des anneaux colorés séparés, qui

confinent directement l'un à l'autre, ou bien, si l'on fait l'anneau gris très-mince, les couleurs de contraste empiètent l'une sur l'autre ; tandis que l'anneau lui-même est tantôt incolore, tantôt faiblement coloré, mais toujours et en même temps il se montre *transparent*, comme si une couleur était réfléchie par une autre couleur (1).

Puisqu'une explication physiologique, basée sur les rapports de l'excitation rétinienne, est inadmissible pour l'observateur qui étudie impartialement les phénomènes de contraste, l'on a eu recours à une explication exclusivement psychologique, et ces phénomènes ont été considérés comme des *illusions du jugement*. Selon cette opinion, la sensation fixée, établie d'après l'analogie des impressions antérieures, doit être au fond la sensation juste, qui parfois serait faussée par les influences du contraste. Or, précisément les phénomènes de contraste nous apprennent, que par notre sensation des qualités lumineuses nous ne possédons pas une mesure absolue ; et ce fait, que la reproduction des impressions antérieures exerce une certaine influence modificatrice, ne peut pas ébranler cette proposition. Nous sommes en état d'apprécier, dans notre sensation, la grandeur absolue d'un poids, puisque nous comparons l'impression présente avec l'impression précédente ; cependant notre sensation ne nous donne aucunement, à ce sujet, une mesure absolue, mais uniquement une mesure relative ; en d'autres termes, nous sommes seulement en état de fixer les grandeurs de pression, en les comparant entre elles. Il en est évidemment de même pour nos sensations lumineuses. Nous ne déterminons les couleurs et les clartés, que d'après leur relation réciproque. Un ton de couleur paraît d'autant plus saturé, qu'il se trouve en plus grande opposition avec d'autres impressions colorées. Il a donc la saturation relativement la plus

1. Voici le meilleur moyen de faire apparaître nettement ces phénomènes : après avoir séparé les couleurs inductrices par un anneau mince de 1 à 3 m. m. de largeur, on choisit les clartés relatives, de façon que le contraste de clarté se produise aussi faible, que possible. Si l'on met par exemple le pourpre à l'extérieur et le vert à l'intérieur, alors, grâce à l'empiètement réciproque des effets de contraste, l'anneau gris se montre limité au-dehors par un anneau rouge pourpre très-foncé, et au-dedans par un anneau vert très-foncé. Entre ces deux points, où les effets de contraste sont renforcés par les couleurs primaires, par conséquent à l'endroit de l'anneau gris mince, on voit tantôt du blanc, tantôt du lilas pâle ou du vert, ou même ces deux couleurs qui se touchent ; mais, dans toutes les circonstances, cet anneau médian ressemble à un miroir réflecteur, comme si une bande pâle était aperçue derrière une surface de pourpre clair. Nous démontrerons ultérieurement (chap. XIII) que, lors de l'apparition des phénomènes de réflexion, il s'agit toujours non plus d'un simple mélange d'excitations, mais que, dans les cas de ce genre, ce sont constamment des processus centraux, qui sont en jeu.

considérable, quand il est déterminé par rapport à sa couleur de contraste. Pourvu que d'autres impressions colorées aient lieu simultanément, le degré de saturation le plus faible, c'est-à-dire la lumière blanche, se montre toujours avec un certain degré de saturation, par conséquent avec la couleur de contraste de ces impressions simultanées. De même, la clarté d'une impression semble d'autant plus grande, qu'elle est en plus forte opposition avec la clarté d'autres impressions ; c'est pourquoi, la sensation atteint la clarté relativement la plus considérable, quand elle est déterminée par rapport à l'obscurité absolue. La saturation d'une couleur étant en même temps fonction de la clarté, puisqu'à partir d'une valeur maxima de la saturation elle diminue, malgré l'augmentation ou l'abaissement de la clarté, évidemment la corrélation des impressions colorées dépendra donc de leur clarté ou de leur degré de saturation, ainsi que nous le confirme effectivement l'expérience. Outre cette corrélation des impressions données simultanément, le *souvenir* exerce sans doute son influence sur la sensation. Quand le premier facteur fait absolument défaut, le dernier, grâce à la reproduction des impressions antérieures, suffit à fixer la sensation, et celle-ci peut même avoir une influence co-déterminante, toutes les fois que plusieurs impressions sont données et dotées d'une action contraire simultanée. Naturellement, la fixation de la sensation est, d'après la relation réciproque des irritants simultanés, l'élément primaire pour le sens visuel ; la relation avec les sensations antérieures est l'élément secondaire, parce qu'ici la corrélation des impressions simultanées précède leur succession. Cette théorie des phénomènes de contraste, qui les réduit à une illusion du jugement, commet donc la faute de renverser la vraie connexion des choses, puisque pour elle l'ultérieur, la détermination absolue, toujours imparfaitement persistante, des sensations à l'aide des lois de la reproduction, est le facteur primaire. Mais, il résulte assez clairement de l'étude approfondie de ces cas, où le contraste est écarté, grâce à l'intervention de la reproduction, qu'au contraire la corrélation des impressions, telle qu'elle se manifeste dans les phénomènes de contraste, est le facteur primaire. Le contraste apparaît partout, où les sensations sont détachées, autant que possible, de leur relation avec des objets séparés ; et, en revanche, le contraste se supprime, si on est obligé de rapporter chaque impression à un objet existant *per se*, qui éveille alors la reproduction d'objets analogues vus auparavant, ou si on provoque directement la comparaison avec des impressions données indépendamment.

Chaque sensation se modifie en intensité et qualité. Les phénomènes de contraste attestent uniquement ce fait, que constamment l'intensité et la qualité de la sensation lumineuse sont fixées par rapport à ces impressions, qui agissent simultanément sur d'autres points de la même rétine. Ils nous apprennent, que *toutes les impressions lumineuses sont perçues dans la relation, qu'elles ont entre elles.* Nous percevons ou nous sentons un irritant, d'abord, d'après son rapport avec d'autres irritants, qui agissent simultanément, et, ensuite, d'après son rapport avec d'autres irritants, qui ont déjà exercé leur action. Grâce à l'examen des contrastes de clarté, il n'est pas difficile de découvrir, de quelle manière, dans le premier cas, les impressions simultanées se déterminent en corrélation *quantitative.* Sur un disque, pareil à celui de la fig. 119 p. 505, on peut varier de deux façons la clarté des divers anneaux qui sont aperçus, lors de la rotation de cet instrument : 1° en modifiant le rapport des clartés des divers anneaux, 2° en graduant la clarté absolue, le rapport des clartés étant maintenu constant. On obtient le premier résultat, si, dans diverses expériences, on donne à chaque segment des secteurs une largeur différente. L'énergie de contraste se trouve alors notablement modifiée. Le second résultat, la variation de la clarté absolue, le rapport de clarté étant maintenu constant, est réalisée, puisqu'on choisit toujours le même disque avec les mêmes secteurs et qu'on l'éclaire, durant la rotation, avec une lumière plus ou moins intense; ou bien, si on l'examine à travers des verres gris et si on diminue ainsi uniformément la clarté absolue de tous les anneaux gris. On découvre alors, que la clarté absolue varie dans des limites assez larges, sans que l'énergie de contraste soit modifiée. Si le disque est fortement éclairé ou s'il est fortement obscurci, le contraste disparaît graduellement. Par conséquent, *le contraste de clarté* représente *seulement un cas spécial de la loi de Weber.* Effectivement, en étudiant l'intensité des sensations lumineuses, nous avons vu, que cette loi, appliquée à ce domaine, se confirme pour des graduations minima, comme pour des graduations finies de la sensation. Mais déjà les phénomènes de contraste ont manifesté leur effet dans les expériences, qui alors ont servi à la démonstration de la loi (1). D'après l'analogie complète de tous les phénomènes du contraste des couleurs avec ceux du contraste de clarté, on devra présumer, que la même loi s'applique aux phénomènes du contraste des cou-

1. Comp. chap. VIII. p. 382.

leurs (1). A la vérité, les phénomènes de contraste nous apprennent, que dans la sensation nous déterminons les impressions colorées d'après leur rapport réciproque ; notre conduite est donc analogue à celle, que nous tenons vis-à-vis des intensités de toutes les sensations et des qualités de la sensation de son, des hauteurs de ton. Dans le domaine du sens de la lumière, les phénomènes sont plus complexes, par suite du rapport mutuel de l'énergie lumineuse et de la saturation colorée. De plus, ici (ce qui s'accorderait avec le pouvoir de l'œil de produire des représentations extensives des objets) les résidus des impressions antérieures semblent former des points de relation plus fixes, destinés à percevoir les irritants agissant nouvellement ; c'est pourquoi, la corrélation simple de ces irritants est susceptible d'être troublée. Or, cette corrélation directe, qui trouve son expression dans les phénomènes de contraste, nous offre une dernière application de cette *loi générale de relation*, qui commande à toutes nos sensations. Même dans le domaine du sens de la lumière, nous supposerons, que cette loi a un côté psychologique et un côté physiologique. Puisque les phénomènes de contraste comportent une expression psychologique, nous devrons en même temps conclure, que leurs bases fondamentales physiologiques sont de nature *centrale* ; car, ils émanent de cette corrélation de l'organe d'aperception avec le centre sensoriel, corrélation que démontre généralement la loi de relation à cause de son importance psychologique (2).

L'hypothèse d'Young-Helmholtz sur les sensations lumineuses est véritablement l'une des plus conséquentes applications de la doctrine des énergies spécifiques, que la théorie sensorielle ait produites. Elle nous dévoile d'une manière extrêmement remarquable l'impossibilité d'admettre cette doctrine

1. On n'a pas encore fait d'expériences, pour déterminer quantitativement le contraste des couleurs, ce qui aurait permis de vérifier directement la loi de Weber. Mais les observations, communiquées par Zahn, montrent la grande influence du contraste des couleurs sur la distinction des clartés. Zahn a déterminé cette clarté, par laquelle un petit disque coloré, placé sur un fond d'une autre coloration, est visible ou disparaît. (*Sitzungsber. der Leipziger naturf. Ges.* 1874, n° 3 ; voir aussi Fechner, *In Sachen der Psychophysik*, p. 200.) On a constaté, qu'ici la sensibilité différentielle dépendait, à un haut degré, du contraste des deux couleurs. En outre, elle s'est trouvée différente pour les mêmes couleurs, selon que l'une ou l'autre formait le fond. Ainsi, par exemple le jaune sur fond bleu et le vert sur fond rouge étaient plus facilement reconnus, que le bleu sur fond jaune et le rouge sur fond vert. Par conséquent, d'une manière générale, la combinaison de contraste semble des plus favorables, toutes les fois que le ton coloré plus foncé, auquel l'excitation incolore est le moins mélangé, constitue le fond. Mais ce sujet réclame de nouvelles recherches.

2. Voir à ce sujet chap. VIII, p. 396 et suiv.

Examinée plus attentivement, cette hypothèse ne dit rien autre chose, que ce qui est déjà renfermé dans la loi des mélanges, mais elle ne contient pas une explication de cette loi ; car, cette question : comment les trois couleurs fondamentales peuvent-elles composer toutes les sensations lumineuses ? n'est pas plus compréhensible au moyen des trois sortes de filets nerveux, que du triangle de Newton. Or, l'hypothèse d'Hering, espérant remédier à ce défaut, multiplie les énergies spécifiques. En apparence, elle introduit seulement trois matières visuelles spécifiquement différentes, la substance verte-rouge, bleue-jaune et blanche-noire. Mais, *deux* énergies absolument différentes étant attribuées à chacune de ces substances, à la vérité le nombre de ces énergies se trouve porté à *six*. Puisque toutes les sensations colorées et lumineuses passent continuellement de l'une à l'autre, évidemment, si on extrait seulement un nombre suffisamment considérable de ces sensations, celles qui restent peuvent être regardées, comme des mélanges de celles, qui ont été choisies. Limitant à deux les substances visuelles colorées, Hering est ensuite amené à admettre une analogie absolument inadmissible entre les sensations colorées et la sensation incolore. Selon lui, le blanc correspond à la désassimilation ou à la décomposition de la substance blanche-noire ; le noir, à l'assimilation, en d'autres termes, au rétablissement de sa constitution primitive. Le rouge et le vert, le jaune et le bleu se comporteraient entre eux d'une manière analogue : seulement rien n'indique, quelles sont, parmi ces couleurs, celles de désassimilation et celles d'assimilation. Il est impossible de prouver cette analogie. Chaque sensation colorée est susceptible d'augmenter ou de diminuer d'intensité, sans faire éprouver une altération au *ton de la couleur*. Régulièrement, la modification d'intensité de la sensation de gris tient à ce qu'elle se convertit en blanc ou en noir. De plus, quand l'assimilation et la désassimilation de la substance incolore sont en équilibre, le gris, sensation intermédiaire au blanc et au noir, prend naissance ; et, chez les substances colorées, il ne doit se produire, toutes conditions égales d'ailleurs, aucune sensation et non une sensation mixte. Du reste, nous avons déjà vu, que l'hypothèse d'Hering est aussi incapable d'expliquer la loi du mélange des couleurs, que les différences de cécité partielle pour les couleurs.

L'hypothèse, exposée ci-dessus, s'efforce de limiter les suppositions au nécessaire et, d'autre part, de rendre compte du développement des sensations lumineuses. Le développement, d'après lequel la sensation du clair et de l'obscur est antérieure aux sensations colorées, exige de distinguer le processus de sensation incolore, qui serait un processus pouvant exister indépendamment de la sensation colorée et ne résulterait pas, comme le suppose l'hypothèse d'Young, d'un mélange de sensations colorées. Mais on ne devra pas dire réciproquement, que même la sensation colorée nécessite un processus, qui peut se produire, indépendamment de la sensation incolore. Car, il est très-invraisemblable, que la sensation colorée se présente jamais seule, d'elle-même ; pour notre vision, elle est constamment accompagnée de la sensation incolore. Nous

n'avons donc nullement le droit de supposer, pour la sensation colorée et pour la sensation incolore, des substances visuelles, qui seront différentes dès le commencement ; mais, au point de vue génétique, bien plus compréhensible est l'hypothèse, que dans certains éléments morphologiques les matières photochimiques, aptes jusqu'alors seulement à l'excitation incolore, revêtent une composition, qui les rend simultanément propres à l'excitation colorée. Les deux processus d'excitation seront donc regardés comme des processus hétérogènes concomitants ; l'un d'eux, le premier, est uniforme et offre seulement des différences d'intensité ; le second dépend de la longueur d'onde, grâce à la manière indiquée par l'affinité subjective des couleurs, soit par la loi des mélanges. Malgré la composition chimique complexe des principes ici considérés, l'apparition d'une substance, dont le genre de décomposition photochimique se modifie lentement avec la longueur d'onde de la lumière agissante, n'a rien d'étrange, quoique nous ignorions entièrement les conditions intimes de cette décomposition et que (abstraction faite des suppositions suggérées par la marche de la sensation et la loi des mélanges) il serait préférable de nous abstenir de toute hypothèse.

Relativement aux conditions, qui déterminent le développement ou l'évolution du sens des couleurs, nous sommes, évidemment, réduits à des conjectures. Grant Allen a soutenu, que si la recherche, effectuée par les insectes, de la nourriture contenue dans les fleurs, a augmenté la multiplicité des couleurs du monde végétal, d'autre part la lutte pour l'existence a activé l'évolution du sens des couleurs (1). D'une manière analogue, on peut présumer, que la distinction des objets diversement colorés est devenue plus délicate chez les êtres vivants, parce que ces objets leur étaient utiles. On verra difficilement la raison ultime de ce processus dans la lutte pour l'existence, car une distinction pour les couleurs devait déjà exister, avant que cette distinction devint utile. S'appuyant sur la linguistique comparée, Lazarus Geiger a supposé, que l'évolution plus délicate du sens des couleurs est un produit relativement tardif de l'évolution *humaine* ; car, les anciennes formes de langage manquent de termes, pour désigner certaines couleurs (2). Par exemple, au temps d'Homère, les Hellènes auraient perçu le rouge et le vert, mais non le bleu ; et le développement des sensations de l'orangé, du bleu indigo et du violet appartiendrait aux derniers siècles. Cette hypothèse néglige de voir, que le choix des désignations de langage a été déterminé par des besoins pratiques, qui ne nous apprennent rien sur l'existence des sensations. Actuellement, en ce qui concerne les couleurs, le langage des peuples non civilisés témoigne d'une pauvreté

1. Grant Allen, *The colour-sense, its origin and development*. Londres 1879.
2. S. Geiger, *Zur Entwicklungsgeschichte der Menschheit*. Stuttgart 1871, p. 56. — Hugo Magnus, *Die geschichtliche Entwicklung des Farbensinns*. Leipzig 1877. — A. Marty, *Die Frage nach der geschichtlichen Entwickl. d. Farbens*. Vienne 1879, et E. Krause, in *Kosmos*, I. p. 275, III. p. 286 ont fait une revue critique de la polémique, suscitée par cette question.

relative ; et, si on se livre à un examen plus approfondi, on ne découvre pas que la cécité partielle pour les couleurs soit plus généralement répandue chez ces sauvages (1). Si, probablement, les sensations colorées se sont développées, il est invraisemblable, que cette évolution se soit perfectionnée, complétée chez l'individu, d'une manière notable, depuis le temps de l'existence de l'homme.

A la différence des propriétés qualitatives de la sensation lumineuse, considérées jusqu'ici, propriétés qui nous obligent de supposer dans l'organe sensoriel périphérique les bases fondamentales physiologiques essentielles à cette sensation, nous avons cru devoir invoquer, pour *les phénomènes de contraste*, des conditions centrales. Principalement à cause de leur relation avec les images consécutives, on a été, très-souvent, enclin à faire provenir également ces phénomènes des effets physiologiques de l'excitation rétinienne. Puisque, pour les images consécutives, la rétine est *successivement* disposée à des états d'excitation opposés, elle devait l'être *simultanément* pour le contraste (2) ; aussi, Chevreul différencia ces deux états, sous le nom de contraste simultané et de contraste successif (3). Fechner a montré, que plusieurs phénomènes, attribués au contraste simultané, devaient être rapportés à un contraste successif, à une modification de la sensation lumineuse par les images consécutives. Il a encore prouvé l'indépendance d'autres phénomènes de contraste vis-à-vis des images consécutives, et établi, relativement à l'un des phénomènes de contraste les plus remarquables, aux ombres colorées, la coopération d'un facteur psychologique (4). Brücke (5) et H. Meyer (6) ont fourni des démonstrations plus précises des conditions du contraste. Ce dernier auteur, surtout, a appelé l'attention sur la dépendance du contraste à l'égard du degré de saturation des couleurs. Enfin, Helmholtz a opposé (7) à la théorie physiologique, jusqu'alors en faveur, une théorie psychologique ; celle-ci revêtit d'abord la forme empirique et s'appuya principalement sur les expériences de Meyer. Il prouva, que le contraste diminue notablement, dès que nous rapportons à un *objet* séparé l'impression induite ; mais, selon ma conviction, il a méconnu la véritable importance des rapports de saturation des couleurs contrastantes, parce qu'il s'est trop renfermé dans les conditions spéciales de l'expérience de Meyer. D'après Helmholtz, l'effet de la feuille de papier de revêtement, effet qui rehausse le contraste, tient à ce que nous voyons la tache grise, en apparence,

1. Grant Allen, *loc. cit.* — H. Magnus, *Untersuchungen über den Farbensinn der Naturvölker*. Iéna 1880. — R. Andree, *Zeitschr f. Ethnologie*, X, p. 323. — A. S. Gatchet, *Americ. Naturalist*, XIII, p. 475.
2. Plateau, *Ann. de chimie et de phys.* t. 58, p. 33).
3. Chevreul, *Mém. de l'acad. des sciences*, XI, p. 447.
4. Fechner, *Annalen* de Poggendorff, vol. 44, p. 221, 513, et vol. 50, p. 193, 427, et in *Berichten der sächs. Ges. d. Wiss.* 1860, p. 71.
5. *Annalen* de Poggendorff, vol. 84, p. 424. — *Denkschriften der wiener Akad.* III, p. 93, et *Sitzungsber.* vol. 49, p. 1
6. *Annalen* de Poggendorff, vol. 93, p. 170.
7. *Physiologische Optik*, p. 388.

à travers un revêtement coloré. Si, par exemple, un petit morceau de papier gris étant placé sur un fond rouge, nous mettons par dessus un papier transparent, nous croyons voir tout à travers un papier rouge-rosé uniformément coloré : un objet, qui vu à travers un milieu rouge-rosé est perçu gris, devrait être bleu-verdâtre, et, par conséquent la tache grise offrirait cette couleur. Son explication de l'expérience de Ragoni Scina avec la plaque de verre, faisant office de miroir réflecteur, est analogue. Et, par suite, Helmholtz considère les phénomènes de contraste comme des *illusions du jugement*. Selon lui, cette illusion se produit de la manière suivante avec les ombres colorées. Nous sommes habitués à voir blanche la lumière diffuse du jour; si, par exception, celle-ci, au lieu d'être blanche, se trouve rougeâtre, nous ignorons absolument ou partiellement cette déviation ; mais, si nous voyons blanc un éclairage rougeâtre, une ombre réellement grise doit nous apparaître, comme s'il lui manquait un peu de lumière rougeâtre, pour devenir blanche ; cette ombre se montre donc bleu-verdâtre. Cependant, et même en ce qui concerne l'exécution des expériences, des objections très-sérieuses se dressent contre cette théorie. Si dans l'expérience de Meyer, l'illusion tenait réellement, à ce que nous avons cru voir à travers un papier coloré, le contraste serait d'autant plus intense, que le papier est davantage coloré et que l'on emploie, par conséquent, un papier de revêtement plus transparent. Or, il n'en est pas ainsi ; et on trouve, qu'un revêtement très-mince, sur fond saturé, n'engendre presque aucun contraste, et que le papier de revêtement agit, évidemment par suite de la diminution de la saturation. De même, dans l'expérience de Ragoni Scina, la position la plus favorable de la plaque de verre est celle, où une grande quantité de lumière blanche s'y trouve suffisamment mélangée. Quant aux ombres colorées, elles apparaissent avec une netteté absolue, si on reconnaît très bien la composition colorée de l'éclairage, si par exemple on produit, seulement sur un champ limité, un éclairage coloré : dans ce champ, l'ombre grise se montre alors avec une netteté extraordinaire et de la couleur complémentaire, quoiqu'on n'ait pas le moindre motif de confondre la couleur du champ avec celle de la lumière du jour, dont elle diffère considérablement. Enfin, toutes ces explications ne sont pas applicables aux contrastes des couleurs et des clartés, effectués sur le disque rotatif de la toupie chromatique. La théorie des illusions du jugement commet la faute de regarder la sensation, comme quelque chose d'absolu; d'où alors, les phénomènes de contraste seraient des exceptions remarquables. Sans doute, il est incontestable, que la reproduction des impressions antérieures ou la comparaison directe avec une autre impression indépendante sont capables d'influencer la sensation. Mais, cette comparaison modifie au contraire la sensation primitive, qui se fixe partout en intensité et qualité par rapport aux autres sensations. C'est pourquoi, ces modifications de la sensation, opérées par reproduction et comparaison, ne constituent nullement une exception proprement dite de la loi de relation, telle que nous l'avons formulée plus haut ; mais, par suite de ces modifications, seulement la

relation avec des impressions antérieures ou produites indépendamment remplace la relation beaucoup plus rapprochée pour la sensation primitive, relation avec les irritants qui agissent directement ensemble. L'interprétation forcée, donnée par la théorie d'Helmholtz à la plupart des phénomènes de contraste, a été cause, qu'après son apparition une série d'observateurs, Fechner (1), Rollett (2), E. Mach (3), Hering (4), et Plateau (5), dans divers travaux récents, ont adopté l'hypothèse d'une corrélation physiologique des points rétiniens. Hering, surtout, a combattu vivement la théorie psychologique; certes, l'hypothèse « des illusions du jugement » prête facilement le flanc à une telle attaque. Mais Hering, en déployant sa colère contre la « théorie spiritualiste » (c'est ainsi qu'il la désigne), n'a pas suffisamment réfléchi, que la relation psychologique, où l'on place certains phénomènes, vis-à-vis les uns des autres, n'exclut pas une explication physiologique simultanée, et que, dans certains cas, la première explication seule, et non la seconde, peut avoir à sa disposition les matériaux nécessaires. C'est pourquoi, toute théorie psychologique n'est pas « spiritualiste ».

1. *Berichte der sächs Ges. d. Wiss.* 1860, p. 131.
2. *Wiener Sitzungsber.* vol. 55, avril 1867. (Tirage à part, p. 21).
3. *Ibid.* vol. 52, p. 317. — *Vierteljahrsschr. f. Psychiatrie* II, 1868, p. 46.
4. *Zur Lehre vom Lichtsinn*, 1re, 2e et 3e communications.
5. *Bulletin de l'acad. de Belgique.* 2e série, t. 39, p. 100 ; t. 42, p. 535, 684.

CHAPITRE X

TON DE SENTIMENT DE LA SENSATION

A part l'intensité et la qualité, toute sensation nous présente, d'une façon plus ou moins accusée, un *troisième* élément. Celui-ci est caractérisé soit par l'importance subjective, que lui accorde directement la conscience adulte ou développée, soit par la propriété, qu'il a de se mouvoir entre des états opposés. Nous appelons ce troisième élément constituant de la sensation le *ton de sentiment* (Gefühlston) de la sensation ou le *sentiment sensoriel* (émotion sensorielle, das sinnliche Gefühl). Les oppositions ou contraires, entre lesquels oscille l'émotion sensorielle, portent le nom de *sentiments de plaisir* et de *sentiments de déplaisir*. Le plaisir et le déplaisir sont des états, qui passent de l'un à l'autre, en traversant un point d'indifférence. Cela signifie, qu'il doit y avoir des sensations, *dépourvues de ton*, qui ne sont pas accompagnées d'émotions sensorielles. Nous rencontrons même de nombreuses sensations, douées d'un ton de sentiment très-faible, qui se meuvent continuellement autour de ce point d'indifférence. D'autres sensations sont presque toujours accompagnées de sentiments énergiques ; aussi, chez elles, le ton de sentiment s'impose plus à l'observation, que les autres éléments qui composent la sensation. Les premières, entendues au sens restreint, s'appellent les sensations ; les autres, émotions sensorielles, si on prend la partie pour le tout.

Déjà, cette variabilité du ton de sentiment est un obstacle, qui gêne son examen. D'une part, le sentiment est régulièrement déterminé par

l'intensité et la qualité de la sensation ; nous ne pouvons donc concevoir, qu'il soit un élément aussi indépendant, que ces deux derniers. D'autre part, tandis que les autres éléments de la sensation restent en apparence invariables, les sentiments, qui s'y rattachent, ont une énergie et une direction variées ; c'est pourquoi, une indépendance directe de ces sentiments vis-à-vis de l'état total de la conscience s'impose à notre esprit. A cause de ces conditions complexes, qui président à l'origine des sentiments, la description de ces derniers présente déjà une obscurité difficile à surmonter. Des désignations spécifiques, d'une netteté analogue à celles dont le langage a doté les qualités sensorielles, font justement et absolument défaut aux émotions sensorielles ; car, très-souvent, la conscience, qui forme le langage, a complétement fusionné ces désignations avec les autres états de conscience, qui sont liés à ces sentiments. On a alors recours à des expressions empruntées au domaine des mouvements de l'âme, qui dépendent des représentations complexes et de leur parcours, ou bien, on utilise des analogies avec des processus purement intellectuels. Ainsi, au fond, les termes généraux de plaisir et de déplaisir, surtout de joie et de souffrance, de sérieux et de gaité, etc., appartiennent à une sphère de sentiment plus élevée ; et, c'est opérer une confusion avec les processus intellectuels, que d'appeler le plaisir une affirmation, le déplaisir une négation (1), ou de ramener les sentiments de plaisir à une excitation favorable, une conformité de la manière d'être de l'individu, et les sentiments de déplaisir à une perturbation de cet état, à un conflit de l'irritant avec les conditions de l'excitabilité (2). Or, même dans ce dernier cas, c'est évidemment la réflexion ultérieure qui nous dit, que les sentiments sensoriels de plaisir sont généralement liés à ces sortes d'irritants de sensation, qui élèvent notre être physique, et les sentiments de déplaisir à ces sortes d'irritants, qui l'arrêtent d'une manière quelconque ou le menacent.

Puisque nous considérons le sentiment sensoriel, comme une troisième modalité de la sensation, qui à un degré variable s'ajoute à la qualité et à l'intensité, on est amené à affirmer, qu'en réalité il n'existe pas plus de ton de sentiment, sans une sensation concomitante, qu'une qualité de sensation, non accompagnée d'intensité. Si, dans le premier cas, plus souvent que dans le second, on incline à

1. Aristote, *De anima*, III, 7.
2. Lotze, *Medicinische Psychologie*, p. 263.

voir dans un produit de notre abstraction un état indépendant, cela tient à ce que le ton de sentiment dépend, comme nous l'avons déjà dit, de l'état total de la conscience ; ce qui est pris facilement comme une indépendance relative vis-à-vis des autres éléments réguliers de la sensation. Mais, cette relation avec la conscience est incapable de nous fournir un motif quelconque, d'attribuer au ton de sentiment une existence plus indépendante, qu'aux autres éléments de la sensation ; car, celle-ci doit finalement être envisagée, dans tous ses éléments, comme une réaction de notre conscience. Seulement en *un* point, l'examen des éléments du sentiment dépassera en quelque sorte les limites marquées et observées dans les deux chapitres précédents. L'intensité et la qualité de la sensation ont été étudiées, sans prendre spécialement en considération les lois générales de la conscience. Mais cette importance plus subjective, que nous attachons directement aux sentiments, nous oblige à tenir compte de quelques propriétés de la conscience, dont l'examen approfondi sera fait ultérieurement dans ce livre (1). Avant d'étudier la dépendance du ton de sentiment vis-à-vis de l'état total de la conscience, dépendance importante pour l'énergie et la direction du ton de sentiment, il sera convenable de considérer les relations du ton de sentiment avec l'intensité et la qualité, ces deux autres éléments constituants de la sensation, que distingue notre abstraction.

1. — Dépendance du sentiment à l'égard de l'intensité de la sensation.

La dépendance générale du ton de sentiment à l'égard de l'énergie de la sensation est indiscutable dans les sensations très-intensives, qui sont accompagnées de sentiment de douleur. Ce dernier est un sentiment de déplaisir, qui, par suite de l'intensité de la sensation, s'accroît jusqu'à une limite maximum. A une certaine distance de la hauteur de l'excitation, la sensation s'unit à un sentiment de déplaisir, qui augmente, jusqu'à ce qu'il atteigne la hauteur. Or, ce point, où commence le sentiment de déplaisir, correspondra évidemment au point d'indifférence ; *au-dessous* de ce point, on doit généralement s'attendre à rencontrer

1 Comparer quatrième section, chap. XV.

des sensations de plaisir. En effet, c'est ce que confirme l'expérience. Celle-ci atteste que, dans tous les domaines sensoriels, les sensations d'énergie *modérée* sont spécialement accompagnées de sentiments de plaisir. Ainsi, des sentiments de plaisir, définis, s'unissent avec les sensations de chatouillement, qui sont dûes à des irritants cutanés, doués de faible énergie et alternant rapidement avec les sensations d'effort musculaire modéré et de fatigue musculaire. Chez les sens supérieurs, (pour des raisons que nous développerons tout à l'heure) l'énergie du ton de sentiment (Gefühlsbetonung) des sensations est bien moins accusée. Celle-ci est susceptible d'être encore démontrée, si l'on écarte, autant que possible, la relation avec des représentations complexes, si donc on laisse agir *per se* un son simple ou une couleur, où alors incontestablement la sensation, primitivement agréable, se convertit graduellement en sentiment de déplaisir et de douleur, quand l'intensité de la sensation augmente. Si la sensation diminue de plus en plus, le sentiment de plaisir décroit pareillement, jusqu'à ce que, près du seuil de l'excitation, il devienne infiniment petit. Par conséquent, la dépendance générale du ton de sentiment à l'égard de l'intensité de la sensation et de l'intensité de l'irritant peut être conçue de la façon suivante. Si, utilisant les grandeurs de l'irritant comme abscisses, nous imaginons, que la marche des énergies de la sensation est représentée de la manière décrite dans la figure 107, p. 406, nous représenterons la dépendance du ton de sentiment à l'égard de l'énergie de l'irritant par une seconde courbe, différente de l'autre. Cette courbe est ponctuée dans la fig. 121 ; la ligne pleine répète simplement la fig. 107, afin de dévoiler l'accroissement simultané de l'énergie de la sensation. Si, avec la ligne ponctuée, nous admettons, que les ordonnées, dressées au-dessus de la ligne d'abscisse, désignent les valeurs positives de plaisir et les ordonnées, dirigées en bas, les valeurs négatives de plaisir ou celles de déplaisir, la courbe, au seuil a de l'irritation, commence avec des grandeurs de plaisir infiniment petites, et s'élève alors vers un maximum, qui est atteint, quand la sensation a une certaine énergie finie c. A partir de ce point, elle s'abaisse de nouveau, rencontre en e la ligne d'abscisse, comme point d'indifférence ; c'est pourquoi, si les irritants augmentent davantage, le passage au côté négatif indique des grandeurs de déplaisir graduellement croissantes, jusqu'à ce que finalement, lors de l'application d'un irritant m, qui correspond à la hauteur de l'irritation, une valeur maximum de déplaisir est atteinte. La courbe, décrivant la dépendance de l'émotion sensorielle

à l'égard de l'énergie de l'irritant, se distingue donc essentiellement de celle qui retrace la marche des énergies de sensation, puisque la première possède un *point culminant*, qui exprime justement le mouvement entre les états opposés de plaisir et de déplaisir. Le rapport respectif des valeurs des ordonnées, appartenant aux deux courbes, permet de mesurer la quantité de ton de sentiment, qui est mêlée à une sensation pure. Les sensations négatives ou inconscientes ont, toutes, la valeur de sentiment zéro : ces sensations, situées au-dessous du seuil, peuvent donc être uniquement considérées comme des sen-

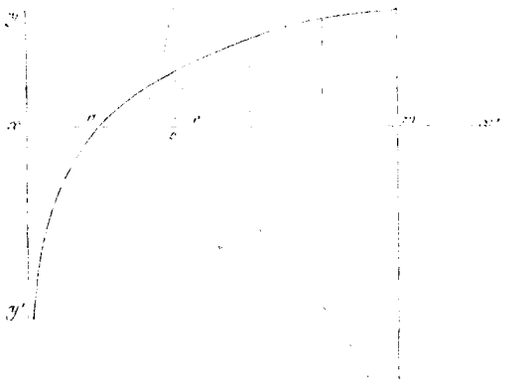


Fig. 121.

sations *pures*, ce qui répond à la dépendance, examinée plus loin, du ton de sentiment vis-à-vis de l'état total de la conscience. Chez les sensations positives les plus faibles, la valeur de sentiment est encore légère, mais l'irritant atteint très-vite des énergies telles, que la portion pure de la sensation et la valeur de sentiment sont également fortes. Cependant, cette dernière décroît de nouveau ; c'est pourquoi, dans les environs du point d'indifférence, se présentent des énergies de sensation d'un ton de sentiment très-faible ; d'ailleurs, cette limite est variable, instable ; par conséquent, il est difficile à l'observation de la fixer.

Si le commencement et l'extrémité de la courbe du sentiment nous sont très nettement révélés par les valeurs de seuil de l'irritation et de la hauteur de l'irritation, il n'en est pas ainsi de ces deux points remarquables, qui correspondent au maximum du plaisir positif et au point

d'indifférence. Néanmoins, nous avons quelques données sur leur situation probable. On semble autorisé à admettre, que le point maximum est situé autour de la *valeur cardinale* de la sensation, où la sensation croît simplement et proportionnellement à l'énergie de l'irritant (1). Quand les irritants sont faibles, la grandeur absolue de la sensation est trop petite, pour qu'un sentiment de plaisir, doué d'une énergie suffisante, puisse s'y allier; et, si les irritants sont forts, l'intensité de la sensation ne permet pas la graduation convenable. L'impossibilité de fixer, de maintenir les mêmes valeurs de plaisir, quand la grandeur de la sensation persiste, témoigne, que la graduation de la sensation joue un rôle essentiel dans le sentiment. Comme le ton de sentiment de la sensation diminue constamment, lorsque celle-ci a une certaine durée, dès l'abord il est probable, que ces énergies de l'irritant, qui présentent la condition la plus favorable pour la variation des sensations, sont aussi liées avec les plus grandes valeurs de plaisir. C'est ce que semblent confirmer également les analogies empruntées au domaine des mouvements complexes de l'âme, chez lesquels il existe une relation entre les causes de la disposition et cette disposition elle-même, relation identique à celle de l'excitation avec le sentiment. L'élévation du bonheur, dans son rapport avec l'accroissement des biens de la fortune, suit, dans certaines limites, la loi de Weber ; puisque le possesseur de 100 thalers est aussi heureux de l'addition d'un thaler, que le possesseur de 1000 thalers, de celle de 10 thalers (2). Mais l'individu, le mieux placé pour apprécier de petites oscillations de bonheur, est celui, chez lequel le bonheur est simplement proportionnel à l'accroissement des biens extérieurs. Au-dessous de cette limite, la valeur absolue des biens existants de la fortune est trop petite ; au-dessus de cette limite, les oscillations de leurs valeurs, qui se manifestent dans les circonstances ordinaires, sont trop insignifiantes, quant à leur grandeur relative, pour procurer à l'individu une satisfaction suffisante. Ceci est confirmé par l'expérience de tous les siècles, car « l'aurea mediocritas » offre les conditions les plus favorables pour le *sentiment* du bonheur. Il en est de même dans le domaine beaucoup plus élémentaire du sentiment sensoriel, auquel s'applique toujours la règle suivante : la grandeur de ce sentiment est simultanément déterminée par la variation durable de la sensation, qui le motive. Le

1. Voir p. 406.
2. Voir plus bas rubrique n° 4.

sentiment de plaisir atteint donc probablement son point de hauteur, près de la même grandeur de la sensation, qui est la plus propice pour distinguer exactement les excitations objectives. Or, comme l'énergie modérée de la sensation, énergie qui ordinairement est très-convenable pour percevoir objectivement les impressions, ne se trouve pas, dans tous les cas, trop au-dessus de la valeur cardinale, il faut admettre, que la courbe du sentiment s'abaisse, d'une façon relativement rapide, de son maximum positif au point d'indifférence. Cependant, ici, nous devons toujours tenir compte, que l'énergie du sentiment est susceptible de varier avec la durée de temps des sensations ; c'est pourquoi, la configuration de la courbe du sentiment, surtout par rapport à la position de son maximum et de son point d'indifférence, est nécessairement sujette à des changements continuels, même quand l'irritabilité et la réceptivité à l'irritation restent constantes, en d'autres termes, quand la courbe de la sensation ne se modifie pas.

2. — Dépendance du sentiment à l'égard de la qualité de la sensation.

Naturellement, cette dépendance apparaît très-nettement, toutes les fois que le ton de sentiment absorbe presque entièrement les autres éléments de la sensation : dans les sensations organiques, les sensations tactiles, olfactives et gustatives. Ici seulement, nous sommes enclins à attribuer aux sentiments de plaisir ou de déplaisir un *quale* déterminé de sensation, en soi et pour soi, et sans prendre en considération l'énergie de la sensation. Ainsi, on distingue simplement les sensations gustatives et olfactives en sensations agréables et désagréables, attendu que « le doux », par exemple, est classé dans les saveurs agréables, et « l'amer », dans les saveurs désagréables. Pour « l'acide », on sera très-embarrassé de lui assigner une place ; mais l'on finit par déclarer, que si l'énergie de l'acide est modérée, ce dernier doit être rangé dans les sentiments agréables, et dans les sentiments désagréables, si son énergie est plus considérable. En effet, il n'en est pas différemment pour les autres sensations. La sensation « du doux » n'est agréable, qu'à condition de ne pas dépasser une certaine intensité et une certaine durée ; la sensation « de l'amer » perd son caractère répugnant, si son énergie est modérée. Il en est de même pour les odeurs : car, personne

ne l'ignore, les substances odorantes, qui, à l'état de concentration, sont extrêmement désagréables, trouvent à être utilisées comme odeurs exquises, quand on a préalablement diminué d'une manière convenable leur concentration. Nous pouvons donc formuler comme règle le résultat général suivant : il n'y a aucune qualité de sensation, qui soit *absolument* agréable ou désagréable ; et, pour chacune, le sentiment est, de la manière indiquée plus haut, fonction de l'intensité, puisqu'en présence d'une certaine énergie modérée de la sensation le ton de sentiment atteint le maximum de sa valeur positive et passe alors, en traversant un point d'indifférence, à des valeurs négatives, qui croissent toujours davantage. Comme l'expérience nous l'apprend, justement pour les sensations douées d'un ton de sentiment très-accusé, ces valeurs distinguées correspondent à des énergies de sensation très-diverses; aussi, une certaine qualité de sensation, l'amer, par exemple, atteint déjà des valeurs de déplaisir importantes, quand une autre, le doux, par exemple, se trouve encore près du maximum des valeurs de plaisir. Dans un grand nombre de sensations organiques, le point d'indifférence semble situé très-près du seuil de l'irritation; c'est pourquoi, tout ce segment de la courbe du sentiment, qui correspond aux valeurs de plaisir de la sensation, est extrêmement resserré, comprimé. Or, ceci concorde absolument avec cette expérience, que toutes ces sensations organiques, qui produisent le sentiment de la santé, sont relativement faibles. Probablement, cette situation variable du maximum et du point d'indifférence des sentiments est basée, en partie, sur la composition primitive de la sensation. Dans ces sortes de sensations qui, en présence de l'accroissement de l'irritation, s'approchent très-vite de leur hauteur, la portion positive de la courbe du sentiment est d'elle-même refoulée près du seuil de l'irritation. Il semble en être ainsi pour la plupart des sensations organiques ; cela tient à ce que les nerfs sensibles des organes internes sont dépourvus des mécanismes, propres à percevoir des impressions exactement graduées, mécanismes qui existent dans tous les organes sensoriels et, même en majeure partie, dans le tégument cutané, grâce à la présence des corpuscules tactiles et des renflements terminaux. De plus, l'importance, que les sensations acquièrent dans la conscience développée ou adulte, exerce une certaine influence. Ces sortes de sensations qui, à l'exemple des sensations organiques, ne sont pas attribuées aux agents extérieurs, mais aux états particuliers du sujet sentant, semblent, si leur durée est plus considérable, franchir plus facilement le point d'indifférence. Ceci est

déterminé par la relation plus intime avec la conscience, relation que nous étudierons tout à l'heure.

Parmi les *sensations sonores*, spécialement les hauteurs de ton et les timbres occasionnent des sentiments multiples. Or, nous nous trouvons ici dans une situation toute particulière : notre langage ne possède aucun terme pour exprimer le sentiment sensoriel, et il nous est tout au plus possible de citer des mouvements complexes de l'âme, dont parfois le sentiment sensoriel fait partie, en qualité de facteur élémentaire. Le sentiment, lié à la *hauteur de ton*, comporte, d'après les dispositions de l'âme, auxquelles il répond, seulement une détermination très-générale. Les tons graves nous semblent exprimer le sérieux et la dignité ; les tons hauts, la gaîté et la plaisanterie; tandis que les hauteurs moyennes de l'échelle des tons répondent plutôt à une disposition uniformément agréable de l'âme (1). Les sentiments, qui se rattachent au *timbre des sons*, sont infiniment plus multipliés. Le timbre étant susceptible d'être ramené à une pluralité de tons, il semble possible de dériver le sentiment concomitant de ces caractères fondamentaux de la disposition, qui sont inhérents à la hauteur variable des tons. Ces timbres, où le ton fondamental est pur ou lié seulement à des harmoniques pas trop élevés, comme par exemple les sons provenant des jeux de flûte de l'orgue, conviennent très-bien, pour exprimer des dispositions sérieuses de l'âme; en revanche, ces sortes de timbres, qui sont dûs à la résonnance énergique et simultanée des harmoniques élevés, comme les sons de la plupart des instruments à frottement ou à vent, répondent davantage à des dispositions de l'âme joyeuses ou passionnées. Quand le ton de sentiment, engendré par le timbre, est en contradiction avec celui qui est lié à la hauteur de ton des sons, il peut se former des sentiments d'une coloration particulière, dont l'essence est justement basée sur le contraste des sensations. Ces sentiments constituent le fond de ces dispositions discordantes, dichotomiques (zwiespältigen) de l'âme, qui, parvenues à leurs degrés extrêmes, sont désignées par ce terme métaphorique de « déchirement de l'âme » ; tandis que leurs valeurs modérées présentent les nuances les plus diverses de la disposition mélancolique. Par conséquent, ces sentiments trouvent, parfois, leur expression adéquate dans les timbres des instruments à frottement, d'une faible hauteur de ton. Tout autre

1. Les désignations gréco-latines βαρύ, grave et ὀξύ, acutum indiquent plus nettement cette importance des tons, que nos mots allemands *tief* (profond, grave) et *hoch* (haut).

est, dans les mêmes conditions, le caractère de sentiment du son, quand celui-ci possède simultanément, comme dans les instruments de cuivre, une énergie notable. Ici, le son acquiert le caractère de la force énergique. Toutes les fois que le ton fondamental est prépondérant, comme dans le cor, cette force est amortie par le sérieux, et peut, si l'énergie de son diminue, s'abaisser même jusqu'à la mélancolie. Ce sentiment de force présente son expression la plus manifeste dans le son de la trompette, qui est accompagné d'harmoniques clairement retentissants. Le sérieux, associé à la force puissante, résonne dans les masses de son du trombone et du basson. D'ailleurs, un même son est naturellement capable, grâce aux variations d'énergie, de s'adapter davantage à l'un ou à l'autre ton de sentiment. Dans ce cas, il faut considérer qu'avec l'énergie le timbre se modifie toujours un peu ; car, quand l'énergie du son augmente, les harmoniques plus élevés résonnent plus fortement. Enfin, l'effet est relevé par les rapports de la durée de temps des sons. La succession lente des sons traduit les dispositions sérieuses et mélancoliques ; leur succession rapide, les dispositions joyeuses et contraires à l'abattement d'esprit ; par conséquent, le lent mouvement des sons renforce l'effet des positions des tons graves, et le mouvement rapide, l'effet des positions des tons élevés. Cette union est d'ailleurs favorisée par les conditions physiologiques de la perception des tons ; car, les vibrations lentes des tons ne sont pas amorties dans l'oreille aussi rapidement, que des vibrations rapides ; elles laissent donc après elles une persistance plus longue de l'excitation, qui gêne la succession ou variation rapide des sensations (1).

Le caractère de ces sortes de sons, qui sont accompagnés d'harmoniques élevés, acquiert très-souvent une composition spéciale, parce que quelques-uns de ces tons partiels élevés forment ensemble des battements et produisent ainsi la *dissonance*. Toutes les fois que, de cette manière, la dissonance accompagne seulement un son, dont les éléments prépondérants sont consonnants, elle ajoute à l'effet existant la propriété d'une certaine inquiétude, qui a pour base sensorielle directe la succession rapide des éléments dissonants des sons. Or, cette inquiétude est naturellement susceptible de revêtir diverses nuances, qui se règlent d'après les autres éléments composant la nature du son. Si celui-ci a un caractère plus doux, la dissonance des tons partiels élevés contient l'élément sensoriel d'un déchirement mélancolique de l'âme ;

1. Helmholtz, *Lehre von den Tonempfindungen*, 3e édit. p. 323.

en revanche, la disposition d'une énergie impatiente se communique aux sons énergiques. Le même caractère d'inquiétude obtient son effet prépondérant dans les *sons résultants dissonants*, où cette perturbation réciproque, qui, dans le cas précédent, atteignait seulement quelques sons partiels, s'étend à une masse entière de sons. Pour exprimer, aussi énergiquement que possible, ces sortes de dispositions inquiètes, la musique harmonique a donc recours aux sons résultants dissonants. Alors, la disposition mélancolique, comme généralement un mouvement de ton plus soutenu, nécessite des battements plus lents ; tandis que la dissonance aiguë, analogue au bruit, correspond davantage aux mouvements de l'âme plus énergiques, que la musique fait décrire à des masses de sons, faciles à être mises rapidement en mouvement. Puisque tout effet esthétique a pour but la satisfaction, le contentement, la dissonance exige, que les sons se fusionnent en sons résultants consonnants, qui présentent des rapports harmoniques. Cependant (nous l'avons déjà démontré p. 437), l'harmonie est bien autre chose, qu'une simple suppression de la dissonance ; car, elle suppose (et ceci est une obligation nécessaire, positive), que les sons alliés résonnent ensemble. L'harmonie appartient donc au domaine proprement dit des sentiments esthétiques ; mais la dissonance est un sentiment purement sensoriel qui, à l'exemple de tous les sentiments sensoriels des sens supérieurs, peut devenir l'élément de l'effet esthétique (1).

Certains instruments de musique acquièrent principalement, grâce à des harmoniques déterminés, leur timbre caractéristique. Ainsi, le ton spécialement nasillard de la viole et de la clarinette semble provenir, de ce que les espaces résonnateurs ou le tuyau d'embouchure, dans lesquels l'air vibre, impriment aux harmoniques impairs une énergie particulière. Dans les instruments à cordes, ce résultat tient en partie à la volonté de l'exécutant, qui est libre de faire résonner plus fortement tels ou tels harmoniques, car cela dépend du point de la corde qui est frappé ou pincé (2). Si la manière de toucher

1. Quant aux causes du sentiment de l'harmonie, voir tome II, ch. XII et XIV.

2. Si, par exemple, une corde est frappée à l'endroit, où son premier tiers confine au second tiers de sa longueur, dans ce premier tiers il ne se forme aucun nœud de vibration ; par conséquent, le deuxième harmonique, qui fait trois vibrations pour une du ton fondamental, se supprime ; et de même les harmoniques impairs supérieurs sont plus faibles. Si, au contraire, la corde est frappée en son milieu, le premier harmonique, l'octave du ton fondamental, se supprime, et les harmoniques pairs sont affaiblis. La corde étant frappée *près* de son milieu, ce sont spécialement les tons partiels les plus graves qui résonnent ; quand la corde est attaquée dans le voisinage de son extrémité, les tons partiels supérieurs sont renforcés. Dans les instruments à frottement, les tons partiels graves deviennent donc plus énergiques, quand l'on exerce le frottement près du manche de l'instrument :

la corde a mis en évidence seulement les harmoniques pairs, il se manifeste un timbre particulièrement vide et analogue à un tintement. Quelque chose semble manquer aux deux sortes de sons, à ceux pourvus d'harmoniques impairs et à ceux pourvus d'harmoniques pairs, si on compare ces sons au ton plein, arrondi des instruments qui, comme les tuyaux à anche de l'orgue par exemple, produisent tous les harmoniques avec une énergie décroissant selon leur hauteur ; par conséquent, ces instruments, exclusifs quant à leur timbre, sont surtout employés dans la musique d'orchestre, où ils trouvent leur complément dans les sons concomitants, doués d'une autre coloration. L'effet de ces sons musicaux, privés de *tous* les harmoniques et qui se rapprochent donc du *ton pur*, comme par exemple les sons des tuyaux bouchés de l'orgue et ceux de la flûte (1), ne nous paraît pas moins insuffisant. A la vérité, grâce à leur repos ou tranquillité uniforme, ces espèces de sons sont préférables à tous les autres, pour constituer la base sensorielle de la beauté simple ; mais il leur manque absolument la multiplicité d'expression, qui est une condition essentielle de l'effet esthétique. La satisfaction tranquille du beau simple se révèle dans toute sa plénitude, quand elle sort victorieuse du conflit des mouvements multiples de l'âme. Là réside le mystère de ce fait, que, chez tous les instruments doués d'un timbre caractéristique, le jeu de solo obtient son plus grand succès, quand il réussit à triompher presque entièrement du timbre, puisque le solo arrache à l'instrument, qui résiste, la pureté du ton simple. Mais la magie du jeu disparaît aussitôt, si, comme chez la flûte, l'instrument produit de lui-même et d'une manière invariable les tons simples. A cet égard, le sentiment des anciens semble avoir été tout autre, que celui des modernes : pour les anciens, qui estimaient la flûte un instrument incomparable, le beau simple se suffisait par lui-même ; tandis que nous exigeons, que le beau simple sorte victorieux du conflit de sentiments, qui se repoussent les uns les autres ; c'est pourquoi, les modernes jugent le violon le roi des instruments. Le violon réunit toutes les conditions, qui lui permettent d'exprimer les dispositions les

et l'on obtient les tons partiels élevés, si la corde est touchée près du chevalet. Comme, dans ce dernier cas, l'énergie du son est en même temps plus considérable, généralement la première manière d'appliquer l'archet convient spécialement pour le *piano*, et la deuxième, pour le *forté*. C'est pourquoi, dans le *forté* du violon, les harmoniques élevés sont relativement beaucoup plus énergiques ; le *piano* se rapproche davantage du ton simple, sans timbre. Dans le clavecin, le point d'attaque du marteau est choisi de façon, que le septième ton partiel (ou sixième harmonique) se supprime ; en outre, les notes graves de cet instrument sont accompagnées d'harmoniques plus énergiques, que les notes élevées, parce que, chez ces dernières, le point d'attaque du marteau, par rapport à la longueur totale de la corde, n'est pas aussi rapproché de l'extrémité. Enfin, dans les instruments à frottement, l'énergie des tons partiels dépend encore essentiellement de la résonnance de la caisse, dont le ton propre correspond au ton plus grave de l'instrument. (Comparer Zamminer, *Die Musik und die musikalischen Instrumente*. Giessen 1855, p. 12, 36.) Par conséquent, dans ce cas, lors de l'émission des notes élevées, le ton fondamental est spécialement renforcé par la résonnance ; lors de l'émission des notes les plus graves, les harmoniques ressortissent davantage.

1. Helmholtz, *Tonempfindungen*, 3e édit. p. 321.

plus multiples de l'âme : une étendue considérable des hauteurs de ton ; la plus grande graduation de l'énergie des sons, jointe à la possibilité de laisser le ton s'abaisser et s'élever lentement ou rapidement ; enfin, les nuances les plus diverses de coloration du son, selon le point d'application de l'archet et la manière, dont les cordes sont attaquées. Nul instrument ne suit, aussi directement que lui, le mouvement de l'âme de l'exécutant consommé. Mais la difficulté d'arracher à ses cordes et d'obtenir avec une pureté parfaite le ton simple, où notre sentiment satisfait aspire à se reposer, n'a pas la plus petite part à l'appréciation de cet instrument.

Le ton de sentiment des *sensations lumineuses* dépend en partie du ton coloré, en partie de l'énergie lumineuse et de la saturation. Par conséquent, les qualités du sentiment constituent une multiplicité, qui s'étend dans le sens des trois dimensions, d'une façon absolument conforme au système des sensations lumineuses. Donc, au pôle du blanc et du noir de la sphère chromatique (fig. 115, p. 485) correspondent des sentiments sensoriels opposés, au noir le sérieux et la dignité, au blanc les dispositions joyeuses, le plaisir de vivre. Entre les deux oscille le gris, qui exprime la disposition douteuse de l'âme. Le sentiment sensoriel, qui se relie aux couleurs pures, nous sommes parfaitement capables de l'engendrer, grâce à l'éclairage d'une seule couleur : si, par exemple, nous regardons à travers des verres colorés, où, comme dit très-bien Gœthe, on est en quelque sorte identique avec la couleur, puisque l'œil et l'esprit sont accordés à l'unisson (1). Ce fait, que les couleurs forment une série revenant sur elle-même, s'accuse dans leur ton de sentiment, car les plus grands contrastes du sentiment siègent sur les moitiés opposées du cercle chromatique ; mais le pourpre et le vert, sa couleur complémentaire, effectuent, parmi les couleurs pures, les transitions entre les deux côtés du sentiment. Gœthe a donné le nom de *côté supérieur* (Plus-Seite) de l'anneau chromatique aux tons de couleur du rouge jusqu'au vert, et de *côté inférieur* (Minus-Seite) aux tons de couleur du vert jusqu'au violet ; c'est afin d'indiquer, que les premiers tons jouissent d'un ton de sentiment excitant, et les seconds, d'un ton de sentiment déprimant (2). Comme les différences du sentiment augmentent généralement avec les différences des sensations, il faut admettre, que les couleurs les plus distinctes sont, ici, celles qui sont séparées l'une de l'autre, dans le cercle chromatique,

1. *Farbenlehre* § 763. Œuvres complètes, t. LII, p. 311.
2. *Farbenlehre*, 6e fascicule, (*Sinnlich-sittliche Wirkung der Farbe.*) t. LII p. 309 des œuvres complètes.

par le plus grand nombre de gradations. Gœthe avait lui-même reconnu, que, parmi les couleurs principales, le *jaune* et *bleu* offrent évidemment la plus grande différence de sentiment. Le violet, complémentaire du jaune, a déjà quelque chose de la disposition excitante du rouge. Aussi, les peintres appellent-ils spécialement le jaune la couleur chaude, et le bleu, la couleur froide (1). D'après son ton de sentiment, le vert est intermédiaire au jaune et au bleu ; c'est la couleur de la disposition tranquillement joyeuse, que nous supportons comme entourage permanent. Tandis qu'aux trois couleurs principales moyennes du spectre correspondent des sentiments, qui constituent les bases fondamentales sensorielles des dispositions simples de l'âme, de l'excitation simple et de la tranquillité, comme de l'équilibre entre elles deux, les couleurs terminales appartiennent aux dispositions inquiètes, plus excitables ; mais, dans ce cas, le caractère général des côtés supérieur et inférieur est conservé. Ainsi, le rouge est la couleur de la force énergique. Quand l'énergie lumineuse est considérable, le rouge est doué, plus que tout autre couleur, d'un sentiment excitant ; effectivement, personne ne l'ignore, les animaux et les sauvages sont irrités à la vue d'une couleur rouge-sanguin. Si l'énergie lumineuse est faible, le ton de sentiment du rouge s'amortit : il exprime le sérieux et la dignité, caractère qu'il revêt encore plus complètement dans le pourpre, où il passe aux couleurs de la disposition plus tranquille de l'âme, au violet ou au bleu. Enfin, le violet, conformément à sa parenté simultanée avec le bleu et le rouge, indique un sérieux plus sombre, lugubre et une disposition aux désirs inquiets, caractère qui déjà appartient partiellement au bleu indigo.

L'effet des couleurs pures est susceptible de se modifier d'une manière opposée, si l'adjonction du blanc diminue leur saturation ou si, par suite de la diminution de l'énergie lumineuse, les couleurs se rapprochent du noir. A ces deux altérations correspondent des modifications du sentiment, qui sont généralement considérées, comme une combinaison de l'effet du blanc pur et du noir avec celui de la couleur, dont il s'agit. Ainsi, l'effet excitant du rouge, si cette couleur a sa saturation diminuée et changée en rose, s'adoucit et se convertit en un sentiment, qui rappelle les affections et les démonstrations joyeuses.

1. Pour se convaincre de l'effet opposé de deux couleurs, Gœthe a recommandé d'examiner un paysage d'hiver, alternativement à travers un verre jaune et un verre bleu. D'ailleurs, nous verrons plus loin que, dans ce cas, outre l'effet immédiat des couleurs, les associations jouent certainement leur rôle.

Dans le violet blanchâtre ou le lilas, le sérieux mélancolique du violet sombre se modère, se change en une douce tristesse ; et dans le bleu céleste, la tranquillité froide du bleu foncé saturé fait place à une gaité calme. Grâce à l'addition du blanc, la disposition excitante du jaune n'est pas moins amortie ; elle devient alors ce sentiment de plaisir plus calme, qui correspond à la sensation de la lumière solaire ; et le vert perd, par suite de la diminution de la saturation, son caractère compensateur, puisque quelque chose de l'effet excitant du clair s'y trouve mélangé. En revanche, toutes les couleurs, dotées par elles-mêmes d'un caractère sérieux, le rouge, le violet, le bleu et même le vert qui, par sa position intermédiaire, est capable de traduire la simplicité du sérieux, gagnent toujours davantage en sérieux de l'expression, si l'intensité lumineuse diminue. Seulement, chez le jaune, la diminution de la lumière fait plutôt l'office d'un contraste avec la disposition de la couleur qui, par elle-même, est analogue à la lumière blanche. Ainsi, le jaune foncé et l'orangé spectral, qui lui ressemble, acquièrent un ton d'excitation amortie qui, si la diminution de lumière est encore plus considérable, se convertit finalement dans le brun, en une disposition absolument neutre. C'est pourquoi, à côté du vert saturé, l'unique couleur proprement dite jouant un rôle neutre analogue, et du gris, qui engendre des dispositions intermédiaires entre les effets opposés du blanc et du noir, nous choisissons encore le brun, comme étant la couleur de ces objets, qui nous entourent continuellement. Mais, parmi ces trois couleurs, l'indifférence de la disposition augmente avec la perte du caractère accusé des couleurs. Le vert, quoique intermédiaire au jaune excitant et au bleu calmant, ne manque pas d'expression ; et, chez lui, cet équilibre du sentiment entre l'excitation et le calme donne naissance à une disposition spéciale. Bien plus indifférent est le brun ; enfin, le caractère de sentiment du monde des couleurs se perd totalement dans le gris. Si donc, pour nos vêtements, nos tapis et notre ameublement, nous faisons choix des couleurs brunes et grises, c'est, à vrai dire, parce que ces couleurs n'expriment rien par elles-mêmes.

Si plusieurs couleurs agissent simultanément sur l'œil, l'influence réciproque, qu'elles exercent l'une sur l'autre, détermine, à part la sensation, le sentiment sensoriel (1). Quand une couleur est relevée par le contraste, le ton de sentiment, qui est inhérent à cette couleur,

1. Voir les phénomènes du contraste, chap. IX, p. 496 et suiv.

doit être pareillement renforcé ; et l'effet opposé se manifeste, quand les impressions lumineuses s'affaiblissent par induction. Les deux cercles chromatiques, tournés l'un vers l'autre de 180° (fig. 116, p. 499), nous présentent donc ce côté de l'effet des couleurs ; car, le relèvement mutuel des couleurs est des plus considérables pour les couples de couleurs complémentaires, coïncidants, et diminue de plus en plus avec la différence de situation des couleurs, qui s'induisent les unes les autres. Dans ce cas, les rapprochements ou groupements de couleurs agissent simultanément, en cette qualité ; ils engendrent un sentiment d'harmonie ou de dysharmonie, qui modifie essentiellement les tons de sentiment correspondant aux diverses couleurs (1).

Les sentiments, qui se lient aux sensations sonores et aux sensations lumineuses, se meuvent entre des contraires ou oppositions, comme tous les sentiments. Mais les états, opposés les uns aux autres, ne peuvent plus ici, comme pour les sensations sensorielles inférieures, être simplement appelés plaisir et déplaisir. Si les tons graves expriment le sérieux et la dignité, les tons hauts l'enjouement et le jeu folâtre, si un ton de sentiment excitant est inhérent au rouge et au jaune, et un ton calmant, au bleu, ces sentiments sont alors des oppositions ou contraires, qui se rangent très-difficilement dans les concepts de plaisir et de déplaisir. Sans doute, cette opposition n'est pas absente des sensations sonores et lumineuses ; mais elle est uniquement déterminée par l'intensité de la sensation. Chaque ton et chaque couleur — quelle que soit leur qualité inhérente — excitent un sentiment de déplaisir, dès qu'ils atteignent une certaine énergie ; si leur intensité est modérée et si la durée de l'impression a des limites déterminées, ils ont pour conséquence une simple sensation de plaisir. Sans doute, cette dernière est fréquemment très-indistincte, justement chez ces sens supérieurs, parce qu'elle est refoulée par les autres sentiments, qui sont inhérents à la qualité. Or, nous l'avons déjà vu, dans les autres sensations sensorielles, les sentiments de plaisir et de déplaisir sont absolument liés à l'énergie de la sensation. Les sensations du tact et celles de la sensibilité générale ont ordinairement une composition qualitativement uniforme ; on comprend donc, que chez elles la modalité qualitative intime des sentiments soit moins accusée, que les dispositions au plaisir et au déplaisir, qui dépendent de l'intensité. En outre, cette direction des sentiments de la sensibilité générale est favo-

1. Comp. chap. XIV.

risée par l'influence de la conscience de soi-même sur ces sentiments, ainsi que nous le montrerons plus loin. Il en est essentiellement de même des sens olfactif et gustatif qui, conformément à la grande multiplicité de leurs qualités, comportent des nuances de sentiments hétérogènes ; c'est pourquoi, grâce à la relation subjective des sensations, ces nuances se subordonnent totalement aux catégories du plaisir et du déplaisir. Chez les tons et les couleurs, le ton de sentiment inhérent à la qualité est presque absolument indépendant. Seulement, ici, une faible relation est encore conservée ; car, le caractère sérieux, qui réside dans les tons graves et le noir, se manifeste plutôt comme un sentiment de déplaisir, et le caractère excitant, qui appartient aux sons élevés et au blanc, se traduit plutôt par un sentiment de plaisir. Une relation de ce genre semble encore plus vive, lorsque notre sensorialité apparaît à son degré le plus primitif, que plus tard quand notre conscience est adulte ou développée ; car, chez les enfants et les sauvages, le sentiment, concernant le clair et l'obscur, les tons graves et aigus se manifeste bien plus expressément par les formes directes du plaisir et du déplaisir. Ce fait, que les qualités de sentiment de ces sens supérieurs s'affranchissent, presque complètement, des oppositions ou contraires du plaisir et du déplaisir sensoriels, les rend justement propres à devenir les éléments de l'effet *esthétique*. Or, cet effet est absolument incapable de s'accorder avec un sentiment défini de déplaisir sensoriel ; et il nécessite, comme facteurs élémentaires, des sentiments, doués des nuances les plus multiples et se mouvant entre des oppositions, qui sont encore renfermées dans le cadre général du plaisir sensoriel simple, ou qui, grâce à certains contrastes, sortent exceptionnellement de ce cadre, afin de renforcer l'effet esthétique. Mais, il est extrêmement remarquable, que ces espèces de formes de sentiments, liées à certaines qualités sensorielles et ne se subordonnant pas simplement aux concepts de plaisir et de déplaisir, se meuvent toujours entre des oppositions ou contraires, Cela prouve, que l'opposition, avec son intermédiaire à travers une situation indifférente de la disposition égale de l'âme, est un attribut appartenant essentiellement au sentiment. Le plaisir et le déplaisir seraient seulement des modalités provenant de l'intensité de la sensation, tandis qu'aux qualités se rattacheraient des oppositions d'autre genre, qui parfois offrent une certaine analogie avec le plaisir et le déplaisir, mais ne sont pas, cependant, affectées par ces deux derniers.

On se rendra mieux compte de la nature de ces oppositions ou contraires, si toutefois l'on réussit à ordonner dans un continuum les qualités sensorielles; c'est ce qui a lieu, par conséquent, avec les sensations sonores et les sensations lumineuses. Alors, les oppsoitions de sentiment de ces deux sensations se comportent d'une manière essentiellement différente. Dans la série des tons, qui possède seulement *une* dimension, il n'y a de possible, qu'*une* opposition avec *un* intermédiaire : l'opposition des tons graves et élevés avec leur contraste de sentiment du sérieux et de la gaîté ; et, entre eux, les hauteurs moyennes des tons, comme représentant la disposition d'une humeur simplement égale. Or, l'étendue du sentiment des sensations sonores s'élargit essentiellement grâce au *son*, dans lequel une multiplicité nuancée de tons simples s'unit, pour

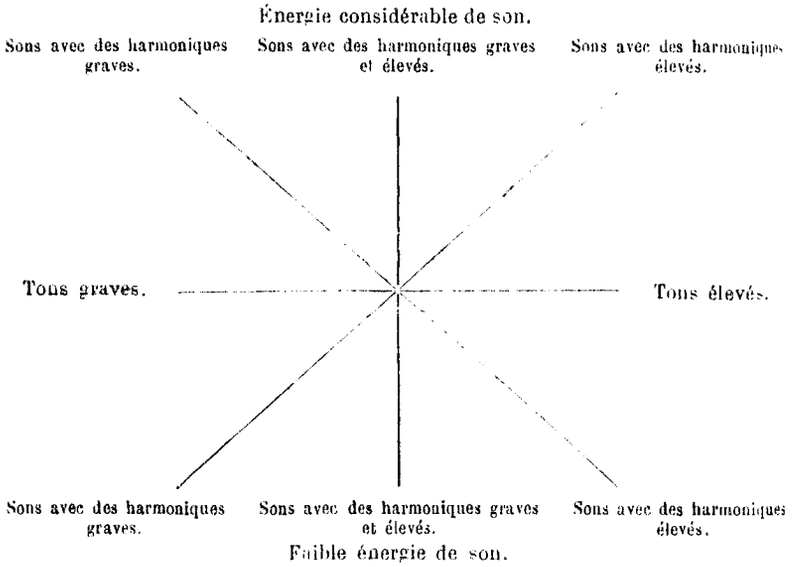


FIG. 122.

donner une impression unique. Puisque le son se compose de tons, la coloration de sentiment, qui lui est inhérente, doit se résoudre dans les formes simples de sentiment des tons. Voici en quoi consiste, ce qu'il y a de nouveau dans l'effet du son : non seulement la disposition, liée au ton, est capable d'être relevée, grâce à l'association des harmoniques graves avec le ton fondamental, mais, en outre, des sentiments *nouveaux* prennent naissance ; puisque, surtout lors de l'union des harmoniques élevés avec des tons fondamentaux graves, des sentiments élémentaires contrastants peuvent, en se combinant,

donner lieu à des dispositions particulières. Ainsi se constitue une série d'oppositions, qui se croisent et que la fig. schématique 122 essaie de représenter. A chacune de ces oppositions de tons et de sons correspondent des contrastes du sentiment, qui, grâce aux degrés intermédiaires, se rapprochent graduellement d'un point d'indifférence, à travers lequel ils passent de l'un à l'autre. A gauche de la fig., les dispositions sérieuses correspondent aux tons graves et aux timbres ; à droite, les dispositions joyeuses correspondent aux tons élevés ; si la force de son est considérable, toutes les dispositions s'allient à un ton de sentiment exalté, énergique, et, à un ton de sentiment amorti, doux, si la force du son est faible. L'esprit conçoit toutes les transitions ou passages possibles entre les rayons composant la fig. 122 ; aussi, l'on peut s'imaginer, que tous les tons de sentiment, déterminés par le timbre, sont ordonnés dans un plan. L'une des dimensions de ce plan contient, conformément au continuum des tons simples, les contrastes de sérieux et de gaîté avec leurs diverses nuances intermédiaires ; tandis que la deuxième dimension, qui mesure la force des tons partiels, effectue les oppositions ou contraires de l'énergie et de la douceur. Ces quatre expressions peuvent réellement indiquer les quatre oppositions élémentaires de l'effet musical, en tant que celles-ci sont susceptibles d'être désignées par les mots du langage.

La série des couleurs simples diffère essentiellement de la série des tons. Puisque les sensations colorées forment une ligne revenant sur elle-même, la série des couleurs simples contient aussi *deux* passages ou transitions du ton de sentiment, bien que chez les couleurs, comme chez les tons, il existe une seule opposition ou contraire de la disposition de l'âme, opposition qui semble le plus énergiquement accusée d'une part dans le jaune, d'autre part dans le bleu. Cette opposition est celle de la vivacité et celle du repos, de la tranquillité. Chose remarquable ! justement chez les couleurs, où cependant le mouvement ou la durée du temps ne contribuent pas, de la même manière que chez les tons, à déterminer le sentiment, nous sommes obligés de recourir à ces désignations empruntées au mouvement. Mais, entre le jaune et le bleu, il existe *deux* passages : l'un à travers le vert, l'autre à travers les tons colorés rougeâtres, c'est le rouge proprement dit, le pourpre et le violet. Or, les deux passages ont une importance très-différente pour le sentiment. Dans le rouge et les couleurs analogues à celle-ci, le mouvement du jaune et le repos du bleu se sont convertis en un état *d'agitation, d'inquiétude,* oscillant entre le mouvement et le repos. Cet intermédiaire entre la bifurcation ou dichotomie est représenté de la façon la plus nette dans les tons colorés rouge-bleuâtre, comme dans le violet. Le vert, au contraire, exprime un équilibre réel. En comparaison du bleu torpide, glacial et du jaune excitant, le vert propage un sentiment de repos satisfait. Voici donc, quelle est pour le ton de sentiment l'importance de ce double passage de la série chromatique : l'un de ces passages, celui à travers la couleur mixte du pourpre, mélange les oppositions et a pour résultat un sentiment dissonant ; l'autre, celui à travers le vert simple, transforme les

oppositions en un équilibre harmonique. Ainsi, cette double égalisation ou compensation est basée sur une particularité générale du sentiment, qui se manifeste pleinement, lors de l'effet des sons, quoiqu'ici elle se comporte d'une autre manière : elle est basée sur l'existence des sentiments *dichotomiques* ou *dissonants*. Entre deux oppositions du sentiment, il y a un point d'indifférence ; mais, c'est le propre de certains états de l'âme, que, chez eux, le sentiment flotte continuellement entre ces deux oppositions. La fixation tranquille au point d'indifférence est un équilibre *stable* de l'âme ; l'oscillation inquiète entre deux positions, un équilibre *instable*. Il n'y a peut-être pas deux oppositions de sentiment, où l'on ne remarque ces sortes d'états d'équilibre instable. Or, les états de ce genre sont principalement liés à ces sensations, qui renferment directement en elles-mêmes les conditions favorables à la production d'un contraste de sentiment. Ainsi, parmi les sons, spécialement ceux, dont le timbre particulier est basé sur la simultanéité des tons fondamentaux

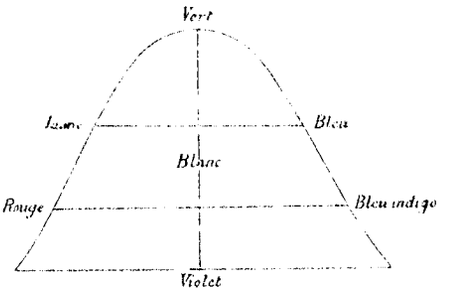


Fig. 123.

graves et des harmoniques élevés, donnent l'expression à une disposition dichotomique. Il en est de même pour les impressions colorées. Tandis que le vert pur ne contient plus simultanément les couleurs, entre lesquelles il forme la transition, le violet et la partie avoisinante du pourpre sont nettement mélangés de bleu et de rouge, par conséquent, des couleurs douées de ton de sentiment contrastant. Si alors, nous mettons en parallèle les couleurs simples avec les tons simples, nous trouvons, relativement au ton de sentiment qui leur est inhérent, la même différence, qui a été constatée dans la qualité pure des sensations. A la vérité, il existe chez les couleurs, de même que chez les tons, un seul couple d'oppositions ; or, comme entre les membres ou anneaux de cette opposition, *deux* transitions sont possibles : l'une, qui supprime l'opposition dans un sentiment intermédiaire simple, et l'autre, qui effectue l'opposition grâce à un sentiment contrastant, la série des sentiments simples n'est plus représentée par une ligne droite, mais uniquement par une courbe fermée. Quant à leur importance, comme dispositions transitoires de l'âme, il sera plus convenable

dans ce cas d'opposer au vert le violet, que le pourpre ; et, d'après cela, le le rouge et le bleu-indigo, le jaune et le bleu se trouveront opposés l'un à l'autre ; alors, dans cette courbe de la disposition des tons colorés, le pourpre a seulement l'importance d'un rouge, légèrement modifié par le violet. Afin d'indiquer le mode différent de transition du côté supérieur au côté inférieur, choisissons de nouveau une figure qui se rapproche du triangle : la ligne droite de base correspond au passage contrastant à travers le violet, et l'arc, qui remplace le sommet, au passage tranquille à travers le vert (fig. 123). Si, par la pensée, les sentiments, correspondant aux diminutions des degrés de saturation des couleurs jusqu'au blanc, sont ordonnés d'une manière analogue, tous ensemble forment le plan délimité par la courbe chromatique, dans lequel le point du blanc désigne la disposition indifférente, telle qu'elle est produite par la sensation lumineuse simple, qui n'est modifiée ni par l'énergie ou la faiblesse particulières de la lumière, ni par un ton de couleur. Tout autour résident les tons de sentiment, plus mats des couleurs blanchâtres et effectués alors par des transitions plus courtes. Mais aux dispositions, qu'engendrent les couleurs et leurs degrés de saturation, se joignent encore les sentiments, qui se rattachent aux degrés d'intensité de la lumière. Entre les oppositions du clair et de l'obscur, au milieu desquelles ils se meuvent, il y a seulement *un* passage à travers une clarté moyenne, passage qui correspond à la disposition indifférente. Ici donc, les sentiments opposés occupent les extrémités d'une ligne droite. Ainsi, la construction des tons de sentiment des couleurs se présente sous les traits d'une image corporelle, où le clair et l'obscur constituent les deux pôles terminaux. Un simple passage du sentiment à travers un point unique d'indifférence a lieu seulement pour la sensation lumineuse, non accompagnée de tons colorés et figurée par l'axe de cette image corporelle (voir fig. 115, p. 485). Pour chaque couleur, il y a donc *trois* transitions de la disposition de l'âme à une couleur de ton de sentiment opposé : le passage harmonique à travers le vert tranquille, le passage contrastant à travers le violet dichotomique et le passage indifférent à travers le blanc impassible. Mais, entre les oppositions de clarté (l'obscur sérieux et la lumière gaie), il n'existe qu'un passage à travers le blanc indifférent, de clarté moyenne. Puisque l'énergie lumineuse des couleurs est susceptible de croître ou de décroître, celles-ci peuvent participer à ces tons de sentiment de la clarté. Or, à mesure que l'énergie lumineuse augmente ou s'abaisse, l'étendue de la variation de la disposition, variation possible dans la série chromatique, diminue, le passage harmonique et le passage contrastant se rapprochent toujours davantage, jusqu'à ce qu'en atteignant le pôle obscur ou le pôle clair de la sensation, le sentiment de la couleur s'efface complètement. Dans le monde des tons et celui des sons, tous les sentiments se meuvent donc entre des contraires opposés l'un à l'autre en droite ligne, de façon que même les sentiments contrastants ne se présentent pas comme intermédiaires, et sont toujours unique-

ment situés à une extrémité d'une opposition (1). Mais les sensations lumineuses, seulement le clair et l'obscur, constituent des pôles semblablement opposés, qui sont analogues à l'opposition des tons élevés et des tons graves, puisqu'ils expriment des dispositions à peu près analogues, le sérieux et la gaîté. Pour le sentiment, les oppositions de l'intensité de la lumière incolore correspondent par conséquent à l'opposition des hauteurs de ton; en revanche, les dispositions, analogues en quelque sorte aux timbres, sont plutôt exprimées par les couleurs simples, ainsi que l'indiquent les noms de « *couleur* » des sons et de « *ton* » des couleurs. Ici même, il existe une certaine analogie, puisque la pensée conçoit les tons de sentiment des timbres, comme ceux des couleurs et de leurs degrés de saturation, ordonnés dans un plan, vers le milieu duquel se trouve un point indifférent de disposition impassible ou neutre; tandis que les plus grandes oppositions du sentiment occupent la périphérie de ce plan. Or, les tons simples ne forment pas ici, comme le clair et l'obscur, une nouvelle dimension, qui s'adjoint à la surface des sons, mais l'axe principal de cette dernière. Car, le ton simple est ce son, qui est caractérisé par la plus grande gravité ou profondeur des harmoniques concomitants; cas limitatif, qui est réalisé, quand les harmoniques disparaissent. En outre, l'intensité du son doit être prise directement en considération, quant au rôle du sentiment du son. Elle détermine une direction du sentiment, de même que la composition ou nature des tons partiels détermine l'autre direction. L'énergie et la faiblesse de son, la gravité et la hauteur du ton constituent d'abord *deux* couples principaux d'opposition, qui se portent au chiffre de *quatre*, si on met ensuite dans une double position les différences principales de la coloration des sons, l'union avec des harmoniques graves ou avec des harmoniques élevés (fig. 122). Supposons les points les plus extrêmes de ces oppositions réunis par une courbe fermée : alors, de chacun des points de cette courbe, de la même manière que de chaque point de la courbe chromatique, une triple progression est possible : en avant et en arrière à la périphérie de la courbe des sons, et vers le milieu indifférent. La place des sentiments contrastants est située dans ces sons, qui unissent des harmoniques élevés et modérément élevés avec une faible énergie de son. Cette position tient à ce que, si l'énergie de son est faible, les tons partiels de son, qui appartiennent aux extrémités opposées de la série des tons, se séparent plus nettement les uns des autres; cela tient aussi à ce que, si les sons sont énergiques, la force du ton de sentiment triomphe, pour ainsi dire, de l'incertitude du contraste. D'ailleurs, ne l'oublions pas, cette description des sentiments des sons jouit, à un plus haut degré que la description des sentiments des couleurs, d'une importance purement symbolique, parce que la description des sentiments des couleurs se rattache plus directement au système des sensations.

1. A droite en bas, dans la fig. 122, chez les sons avec des harmoniques élevés et d'une faible énergie.

Évidemment, ces sortes d'analogies du sentiment ne comportent pas la moindre conclusion, touchant la nature physiologique ou même physique des couleurs et des sons. Cependant, la théorie aristotélique des couleurs, rajeunie par Gœthe, et d'après laquelle les couleurs naîtraient du mélange du clair et de l'obscur dans des proportions diverses, est basée, en majeure partie, sur une confusion de ce genre. Pour notre sentiment, le clair et l'obscur sont effectivement ce qu'il y a de plus simple, et la couleur, ce qu'il y a de plus composé, car, les sentiments, que la couleur éveille, offrent des transitions ou passages plus multiples à des sentiments de composition opposée. Cela dépend justement de la forme particulière du continuum des couleurs, forme d'où résulte directement cette triple transition de la disposition des couleurs. (Voir p. 489 et suiv.).

3. — Dépendance du sentiment à l'égard de l'état total de la conscience.

L'influence, que l'état total de la conscience exerce sur le ton de sentiment de la sensation, se manifeste pleinement dans les *quatre* relations suivantes : 1° la dépendance des sentiments à l'égard de la durée des sensations ; 2° l'influence, que la reproduction des représentations antérieures exerce sur de nombreux sentiments ; 3° l'action des lois de la reproduction sur les relations mutuelles, que présentent entre elles les nuances des sentiments, qui appartiennent à des sensations hétérogènes ; 4° enfin, l'action, que le développement des représentations, qui se rapportent à notre conscience du moi, exerce sur l'énergie et la direction de nombreux sentiments sensoriels.

La *durée* des sensations décide essentiellement du ton du sentiment, qui les accompagne. Toute sensation, occasionnée par des irritants énergiques, perd de sa modalité intensive et qualitative, si ces irritants ont été longtemps appliqués. D'autre part, des irritants modérés, appliqués durant un certain temps, sont capables de produire une accumulation, une addition de leurs effets. C'est pourquoi, le sentiment ne reste jamais longtemps à une hauteur constante, mais oscille entre ses deux oppositions ou contraires, quand les irritants se maintiennent égaux. Si une douleur persiste longuement, elle se rapproche du point d'indifférence, puisque la réceptivité à l'irritation s'émousse graduellement ; et une sensation, liée à un sentiment de plaisir, peut se convertir finalement en sentiment de déplaisir, puisque la sensibilité aug-

mente avec la répétition de l'irritation. A ces causes, basées sur la dépendance générale de la sensation à l'égard de l'irritant, s'en ajoute une autre, qui réside dans l'essence du sentiment. Il n'y a pas de sentiment, auquel ne s'oppose un sentiment contraire. Tout sentiment a son énergie propre relevée par son sentiment opposé, et s'abaisse vers le point d'indifférence, quand la conscience de l'état contrastant devient moins nette. De là, le sentiment de plaisir, si plein de fraîcheur, que puise le convalescent dans ses sensations générales normales, surtout si on compare cet individu à l'homme, toujours bien portant, auquel toutes sortes de petites douleurs doivent rappeler le plaisir de vivre. De là, le sentiment de plaisir exquis, lié aux formes les plus diverses du jeu, depuis le simple jeu de hasard, de dés jusqu'aux formes de l'art dramatique (1). Car, dans le jeu se succèdent de la façon la plus rapide l'espoir et la joie, la douleur et la satisfaction.

En outre, le ton de sentiment, inhérent à la sensation simple par suite de la modalité intensive et qualitative de celle-ci, est influencé par son *association avec des représentations familières*, qui contiennent les mêmes sensations ou des sensations analogues. Le ton de sentiment d'une sensation n'est jamais déterminé exclusivement par l'association. Très-souvent, l'association renforce la disposition inhérente à la sensation pure, et, parfois, elle la modifie. Il sera donc extrêmement difficile de décider, jusqu'à quel point un sentiment est primitif ou dérivé, c'est-à-dire engendré par l'association ; car, on doit toujours regarder comme dispositions dérivées, celles qui émanent de l'association. L'association repose sur la liaison des sensations données avec des sensations analogues, qui sont habituellement les éléments constituants de certaines représentations. Grâce à l'association, la couleur verte par exemple nous rappelle la verdure de la forêt et de la prairie ; ou bien, les sons de la cloche et ceux de l'orgue évoquent chez nous l'idée d'un cortége religieux, du service divin. Grâce à l'association, quelque chose du ton de sentiment, qui accompagne ces représentations complexes, est adhérent à la sensation pure. A cause de cette liaison avec la représentation, c'est spécialement pour les sens supérieurs, dont le développement a eu pour résultat une vie très-riche en représentations, que les associations exercent une action déterminante sur le ton de sentiment. Il n'est pas douteux, que de cette manière la plupart de nos

1. Consulter l'*Anthropologie* de Kant, tome VII de ses œuvres complètes, p. 146.

sentiments sensoriels, surtout ceux qui constituent les éléments de l'effet esthétique, soient extraordinairement renforcés par les associations. Si les sons de la cloche et de l'orgue nous rappellent des fêtes religieuses, de même la trompette retentissante évoque le souvenir du fracas des armes et de la guerre ; le son du cor, le souvenir du tumulte de la chasse et de la fraîcheur de la forêt ; les sons graves et lents d'une *marche* triste éveillent l'idée d'un convoi funèbre. Presque chez tous les peuples, le noir est la couleur, dont se pare la puissance royale. Ces associations doivent donc éveiller d'elles-mêmes les dispositions de tristesse sérieuse, de dignité imposante ; également, une lueur rougeâtre nous rappelle les flammes d'un incendie ; le jaune, les rayons d'un soleil resplendissant ; le vert saturé, le repos satisfait de la nature verte. Néanmoins, l'association n'est, probablement nulle part, l'élément fondamental proprement dit du sentiment ; elle est capable seulement de renforcer le sentiment, dans la direction qui lui a été une fois assignée par la nature primitive de la sensation, et, parfois même, de lui conférer une forme et une direction plus spéciales. C'est ce que l'on remarque très-nettement dans les cas, où l'association elle-même accuse une nuance primitive du sentiment attaché à la sensation. Le noir est justement la couleur de la tristesse, l'orgue sert à exprimer les fêtes sérieuses, parce que le caractère correspondant est inhérent aux sensations. La coutume, à laquelle se lie notre association, n'a été inspirée, que par le sentiment. Notre degré de développement, quelque peu appauvri sous le rapport de la spontanéité du sentiment, rencontre peut-être une occasion importante de se rafraîchir, de se renouveler dans ces sortes d'associations, qui redonnent après coup aux sensations une énergie de sentiment, que l'homme sauvage avait déjà trouvée dans la nature propre de la sensation. Dans d'autres cas, une relation intime de l'association avec le rôle primitif du sentiment n'est pas aussi manifeste, comme, par exemple, si la représentation de la nature, qui repose dans son vert saturé, renforce la disposition tranquille du vert, ou si le souvenir de la lumière vivifiante du soleil renforce le ton de sentiment excitant du jaune. Veut-on néanmoins, comme l'exige déjà l'analogie avec les autres sensations, admettre (abstraction faite de l'action directe des couleurs) ici une accentuation primitive du ton de sentiment de la sensation, alors on pourrait reconnaître, dans ce renforcement produit par l'association, un exemple de l'harmonie merveilleuse existant entre nos sensations et la nature extérieure. Or, au fond, aucune objection ne se dresse contre cette manière de voir. Seu-

lement, on ne serait pas autorisé à attribuer une harmonie de ce genre à un ordre préétabli et sans cause plus profonde. Que notre organe visuel soit adapté aux impressions lumineuses extérieures et que les couleurs, qui fatiguent notre œil par suite de leur durée d'application, comme le rouge et le violet, ne soient pas répandues partout dans la nature, ceci a évidemment ses causes incontestables. Si nous considérons l'organe visuel de l'homme comme le produit d'une évolution, où le principe de l'adaptation des organismes à leur entourage naturel a déployé son effet, on comprend en quelque sorte, que l'impressionnabilité de l'œil aux irritants soit devenue extrêmement grande, soit pour ces longueurs d'ondes mélangées de toute sorte d'autres longueurs, par conséquent pour la lumière blanche, soit pour ces longueurs d'ondes situées vers le milieu des couleurs visibles, surtout pour le vert. Il est donc vraisemblable, que le ton de sentiment présente une certaine relation avec l'irritabilité physiologique des organes sensoriels. Le vert et le blanc ou le gris forment tous deux, comme nous l'avons vu, des transitions. Le vert correspond à un sentiment de l'équilibre harmonique entre des dispositions opposées ; le blanc ou le gris, au point d'indifférence du sentiment. D'une manière analogue, les hauteurs moyennes des tons, pour lesquelles l'impressionnabilité de l'oreille est la plus favorable, sont les plus éloignées des oppositions du sentiment.

A part les associations, voici un autre renforcement des sentiments, qui est extrêmement important, à bien des égards : ce sont certaines relations existant entre les nuances de sentiment de sensations différentes, et que nommerons les *analogies de la sensation*. Les sensations des sens disparates semblent, d'après l'expérience, avoir des rapports déterminés de parenté ou d'affinité. Presque toujours, ce fait repose sur les relations, qu'ont entre eux les irritants sensoriels objectifs. Pour déterminer primitivement ces analogies de la sensation, une connaissance des irritants objectifs ne nous sert absolument de rien ; mais nous opérons directement et exclusivement cette fixation, en recourant aux sensations elles-mêmes. Ainsi, des tons graves nous semblent conformes aux couleurs sombres et au noir ; des tons élevés, aux couleurs claires et au blanc. Par exemple, le son aigu de la trompette, et le jaune ou le rouge-clair, ces couleurs de la série excitante, se correspondent ; de même, d'autre part, le timbre sourd, amorti, correspond au bleu calmant. Quand nous distinguons des couleurs *froides* et des couleurs *chaudes*, quand nous parlons de « son *aigu* », de « couleur *saturée* » etc., nous faisons involontairement des comparaisons analogues entre

les sens supérieurs et les sens inférieurs. Probablement, toutes ces analogies de la sensation reposent uniquement sur l'affinité des sentiments, qui lui servent de base. Le ton grave, considéré comme sensation pure, ne présente aucune espèce de relation avec la couleur sombre; mais, puisque tous les deux expriment le même sérieux de sentiment, nous faisons cette application aux sensations, qui nous semblent être analogues. Ces relations, qui sont dûes au sentiment, sont ici renforcées par les associations. Au son grave de l'orgue, qui en soi correspond à une disposition joyeuse, à une solennité, s'unit l'idée des vêtements foncés, que l'on met les jours de fête, etc. Toutes les fois que l'on pense trouver, entre les sons et les tons des couleurs, une affinité plus spéciale du sentiment, que celle qui a été précédemment esquissée d'après ses directions les plus générales, cette affinité pourrait bien être basée sur ces sortes d'associations, dont la direction varie naturellement, d'après les rapports du développement psychique de l'individu (1).

Les analogies de la sensation sont d'une extrême importance, comme fondement sensible de l'effet esthétique. Ce sont elles, qui permettent de peindre avec des tons et de parler avec des couleurs. Mais ces analogies nous offrent surtout, grâce à la réunion de plusieurs sensations, dont le ton de sentiment est correspondant, le moyen le plus efficace pour renforcer l'émotion.

Déjà, par suite de ces relations multiples avec la durée des impressions, avec la reproduction et l'association des représentations, le ton de sentiment est un élément constituant de la sensation, mais bien autrement variable, que l'intensité et la qualité. Aux influences énumérées s'en ajoute une autre, qui, dans bien des cas, domine toutes les autres : c'est la réaction, que le *développement de la conscience de soi-même* exerce sur le sentiment. Nous n'avons aucun motif d'admettre que, quand la conscience est à son degré primitif, une différence quelconque existe entre les sensations des divers sens, en vertu de laquelle des sensations, déterminées en soi et pour soi, posséderaient un ton de sentiment plus vif, que d'autres. Après que le moi, avec le corps qui lui appartient, s'est distingué du monde extérieur, une valeur très-différente est attribuée aux sensations des divers domaines senso-

1. Citons, par exemple, les analogies suivantes. Le son clair du chalumeau doit rappeler le jaune frais, joyeux d'une prairie tapissée de renoncules ; le ton de la flûte, le bleu céleste, plein de douceur des nuits tièdes de l'été, etc. Voir Nahlowsky, *Das Gefühlsleben*, p. 147. — C. Hermann, *Æsthetische Farbenlehre*. Leipzig 1865, p. 54.

riels, selon qu'elles sont rapportées aux irritants, provenant des agents extérieurs ou à ces sortes d'excitations, qui prennent naissance *à l'intérieur* du corps proprement dit. Chez les premières sensations, sensations visuelles ou auditives, le ton de sentiment présente un caractère plus objectif, tant que ces sensations ont une énergie modérée : les dispositions du moi proprement dit sont transportées dans ces représentations extérieures, dont les sensations constituent les éléments, et, de cette manière, les sensations deviennent les éléments de l'effet esthétique. La vision est un sens objectif, mais à un degré supérieur à l'audition, où la conscience peut rapporter les tons de sentiment aux représentations extérieures, comme les utiliser à exprimer ses états internes propres ou la réaction de l'intérieur contre les représentations extérieures.

A part ces sensations des sens objectifs, il en est d'autres qui, provenant des irritants internes, que des processus physiologiques ou pathologiques engendrent dans les organes du corps, indiquent constamment un état *subjectif*. Ce sont elles qui composent *la sensibilité générale*. D'après leur qualité, elles sont plus uniformes, que les sensations des sens objectifs ; aussi, leur ton de sentiment ne se meut, qu'entre les oppositions ou contraires du plaisir et du déplaisir, qui dépendent de l'énergie des sensations. La relation directe avec le moi propre confère à ces sentiments une vivacité particulière. Notre sentiment de bien-être ou de malaise, la vivacité ou la lourdeur de notre disposition tiennent essentiellement à ces sensations subjectives, chez lesquelles le ton de sentiment joue un rôle si prépondérant, que nous sommes accoutumés à ne faire nullement attention à ce qui est, chez elles, sensation pure. C'est pourquoi, on a souvent adopté une différence spécifique entre ces sensations et les sensations des sens supérieurs, car on avait négligé de nouveau de voir, dans ces dernières, le ton de sentiment, et on avait opposé de cette manière aux sensations pures les sensations de la sensibilité générale, comme sentiments sensoriels. Mais, chaque sentiment de la sensibilité générale a pour base une sensation, dans laquelle (si l'on fait abstraction de la relation avec la conscience), on doit également distinguer la qualité et l'intensité. En outre, il y a des sensations qui occupent une position moyenne : ce sont les sensations tactiles, olfactives et gustatives. Leur irritant est extérieur, vient du dehors ; aussi, a-t-on généralement rapporté ces sensations aux représentations extérieures. Mais simultanément, l'irritant occasionne une affection si immédiate du corps proprement dit, que

le ton de sentiment reste subjectif ; par conséquent, les sensations tactiles, olfactives et gustatives contribuent essentiellement à la coloration de notre sentiment de la sensibilité générale. Quant aux organes internes, ce sont surtout les muscles, dont les sensations — lors de la contraction de ces derniers agents, comme de leur fatigue — interviennent dans la détermination du sentiment de la sensibilité générale. A ces sensations s'associent des sensations d'autres organes internes ; mais celles-ci, à cause de leur faiblesse extrême, échappent, très-souvent, à notre attention. Elles s'imposent à la conscience, quand, par suite de leur augmentation, elles se convertissent en douleur ou qu'elles se rapprochent de celle-ci. Alors, dans les diverses nuances de la douleur, douleur brûlante des muqueuses, pongitive des séreuses, térébrante des os, etc., on reconnaît les variétés de la qualité de sensation des organes ; mais ces variétés s'affaiblissent toutes en présence de la quantité élevée de déplaisir, que résume la douleur à ses plus hauts degrés, où elle est toujours de plus en plus égale à elle-même. Dès que la sensation augmente ainsi et devient douloureuse, chez les sens supérieurs la relation avec un objet extérieur s'efface, puisque la perturbation subjective occupe le premier plan. La douleur de tous les organes est donc un élément formateur du sentiment de la sensibilité générale (1).

Tous ces sentiments, qui, par leur réunion constituent le sentiment de la sensibilité générale et sont rapportés à notre propre état, forment, dans la conscience de soi-même, un fonds plus ou moins net à notre disposition. C'est particulièrement grâce à ces sentiments, que la force de tension, la certitude tranquille ou bien le relâchement, la mobilité inquiète prédominent dans notre être intellectuel ; et la détermination moyenne de ces sentiments est l'un des principaux facteurs de la disposition des tempéraments. A cause de cette relation intime des sentiments de la sensibilité générale avec notre être et notre état subjectifs, on a généralement regardé les sentiments sensoriels comme étant le côté *subjectif* des sensations, et on les a alors opposés à l'intensité et à la qualité, qui sont les déterminations *objectives* des sensations (2). Or, il est impossible, que cette opposition soit primitive ; car, la conscience de soi-même, qui opère cette distinction, est, pour tout psychologue observateur, le résultat d'un développement, d'une évolution (ein

1. Voir à ce sujet chap. IX, p. 430.
2. George. *Lehrbuch der Psychologie*. Berlin 1854, p. 70.

Gewordenes). On devrait donc admettre, que pareillement le sentiment n'est nullement primitif et est né avec la conscience de soi-même. Mais ceci est contredit, 1° par ce fait, que l'homme et l'animal, à des états encore non développés, manifestent réellement des sentiments, dont il est impossible de méconnaître la vivacité, 2° par l'observation, à savoir que l'évolution de la conscience de soi-même est essentiellement occasionnée et activée par les sentiments sensoriels (1).

4. — Origine du sentiment sensoriel.

Tandis que des propriétés déterminées du processus physique de l'irritation ont une marche parallèle aux deux éléments de la sensation, auparavant étudiés, à l'énergie et à la composition qualitative, on ne découvre pas directement pour le ton de sentiment une base fondamentale objective analogue. Il suit de là par conséquent, que le sentiment est un élément constituant, mais secondaire de la sensation, lequel doit son origine à certains effets, que produisent les sensations, par suite de leur composition qualitative et intensive.

Cette conclusion a trouvé son expression surtout dans *deux* opinions, qui ont été émises sur l'essence des sentiments et qui indiquent en même temps les degrés extrêmes les plus remarquables, entre lesquels a oscillé cette question de la théorie des sentiments. Selon la première de ces opinions, les sentiments seraient *des affections immédiates de l'âme* occasionnées par la sensation ; la deuxième opinion essaie de les ramener au *rapport réciproque des sensations ou des représentations*. La première hypothèse, qui d'Aristote à Kant et aux modernes a, pour adhérents, la plupart des psychologues observateurs, met à la place du concept empirique de conscience le concept métaphysique de l'âme. Mais, notre expérience ne nous dit rien du plaisir et de la douleur de l'âme. Par notre expérience, nous connaissons seulement des états de notre conscience ; et c'est ainsi que nous percevons le plaisir sensoriel, comme étant une affection immédiate de la conscience, occasionnée par la sensation. Des formes plus complexes du sentiment, soit celles de l'impression esthétique (auxquelles ont amené les observations faites sur l'harmonie et la dysharmonie de sons simultanés), soit les mouve-

1. Voir quatrième section, chap. XV.

ments de l'âme, liés au mouvement des représentations, ont primitivement constitué la base de la deuxième opinion. D'après celle-ci, principalement adoptée par Herbart et son école, les sentiments résultent partout d'une action réciproque des représentations. L'arrêt mutuel des représentations motive le sentiment de déplaisir ; leur union et activité mutuelle, le sentiment de plaisir. Une telle hypothèse (abstraction faite des affirmations sans preuves, auxquelles elle entraîne) rencontre une grande difficulté : elle laisse justement inexpliquée la forme la plus simple du sentiment, le sentiment sensoriel. Si nous accordons, qu'une sensation existant *per se* est susceptible d'être accompagnée de sentiment, un sentiment de ce genre ne peut dériver d'une corrélation des représentations. Or, il est impossible, que les sentiments sensoriels soient considérés comme des états, qui seraient absolument différents (1) des mouvements complexes de l'âme, car ils sont souvent les facteurs élémentaires de ces derniers. A l'exemple des sentiments sensoriels, tous les sentiments jouissent de la propriété suivante : ils ne sont pas simplement déterminés par la forme, dans laquelle se déroule le fait interne, mais ils sont tout d'abord et spécialement déterminés par le contenu particulier des diverses sensations et représentations.

Malgré leur différence, ces deux hypothèses concordent, en ce qu'elles séparent absolument de la sensation proprement dite le processus, qui sert de base au sentiment sensoriel. Quoique cette séparation semble être motivée dans notre interprétation subjective des sentiments, n'oublions pas cependant, que la qualité et l'énergie de la sensation doivent être nécessairement envisagées, comme des réactions subjectives, exercées par notre conscience sur des formes déterminées des irritants extérieurs. Par conséquent, nous nous rapprocherions davantage de la vérité, si nous concevions le rapport de la manière suivante : dans ce tout inséparable, que nous appelons une sensation de qualité, d'énergie et de nuance quelconque de sentiment, la nuance du sentiment représente l'élément, qui ne nous apparaît pas en relation directe avec les rapports objectifs des irritants.

Si nous donnons cette dernière expression au rapport du ton de sentiment avec les autres éléments de la sensation, ceci nous suggère la pensée, que nous devons voir dans le ton du sentiment le symptôme d'un processus *plus central*, que dans la qualité et l'énergie de l'excitation sensorielle. En effet, la sensation, si simple qu'elle nous appa-

1. Kant, *Anthropologie*, tome VII des œuvres complètes, p. 145.

raisse, n'est cependant, ni d'après son côté psychique, ni d'après son côté physique, un processus simple. Et, comme nous sommes absolument incapables de rien dire touchant ces sortes de sensations, qui ne sont pas aperçues, particulièrement l'acte d'aperception constitue un élément inséparable de toutes les sensations, qui sont offertes à notre examen psychologique. Ainsi, le sentiment sensoriel devient immédiatement intelligible, en ce qui concerne toutes les influences, auxquelles il est soumis, si nous le considérons, comme le *mode de réaction, exercé par l'activité de l'aperception contre l'excitation sensorielle.*

D'abord, cette supposition explique de la façon la plus simple les conditions psychologiques multiples, qui déterminent le ton de sentiment de la sensation. Nous le verrons plus loin, l'aperception dépend des irritants appliqués et, d'autre part, de l'état total de la conscience, tel qu'il est déterminé par les impressions présentes et les souvenirs antérieurs. De plus, nous sentons directement l'aperception, comme étant une activité interne ; ceci nous fait donc comprendre cette importance plus subjective, que nous accordons au ton du sentiment. Enfin, cette activité interne doit être absolument identique à l'efficacité de notre *volonté ;* et ceci explique, que déjà notre perception directe des sentiments incline à attribuer à ces derniers une relation avec la volonté. Pour décrire et exposer plus clairement ce que nous sentons en nous, lors du plaisir et du déplaisir, le meilleur conseil à suivre serait d'appeler le plaisir une aspiration, une tendance vers l'objet, et le déplaisir une répugnance, une répulsion à l'endroit de cet objet. Seulement, dans nos descriptions, nous mêlons continuellement les noms de sentiments, d'instincts, de déterminations de la volonté, parce que tous ces états sont en réalité unis, états qui ne sont séparés par notre abstraction psychologique, que si l'aperception déploie, en présence des impressions extérieures, tantôt une activité plus passive, tantôt une activité plus spontanée : dans le premier cas, nous parlons spécialement du sentiment ; dans le second, d'instinct, de désir ou de vouloir (1).

En même temps, la propriété, commune aux sentiments et à tous les états analogues, propriété de se mouvoir entre des contraires ou oppositions, est très-étroitement liée à la relation avec le vouloir. Quand la volonté est adulte, développée, cette opposition trouve son expression,

1. Nahlowsky, *Das Gefühlsleben*. Leipzig 1862, p. 13 et suiv.

en ce que certaines sensations sont voulues et que d'autres ne sont pas voulues. Or, nécessairement ces excitations opposées de l'activité de l'aperception, que nous indiquons par les noms de plaisir et de déplaisir, sont antérieures à cette opposition du vouloir et du non-vouloir. Le développement de ces états opposés s'expliquera uniquement par les effets, que les impressions sensorielles exercent sur la conscience et, par suite, sur l'activité de l'aperception. Ces effets se manifestent très-nettement, quand l'énergie des impressions varie. Ce sentiment de déplaisir, surtout la douleur, chasse de la conscience les autres sensations. Au contraire, le sentiment de plaisir est constamment lié à des sensations modérées, qui ne viennent point troubler la marche des autres sensations et qui, par conséquent, élèvent facilement dans la conscience ces sortes de sensations, grâce aux lois de la reproduction. Cependant, le motif du sentiment de déplaisir est, évidemment, plus immédiat ; c'est pourquoi, Kant avait très-justement remarqué, que la douleur doit précéder chaque plaisir (1). Le noir, envisagé comme absence de la lumière, arrête toutes les sensations lumineuses. La disposition, à laquelle le noir correspond, est donc analogue au sentiment de déplaisir. Quant aux sons, l'effet des tons graves, effet qui incline vers la disposition sérieuse de l'âme, réside probablement aussi dans l'énergie considérable, que l'excitation peut atteindre chez eux. En réalité, nous n'attribuons aux tons graves leur caractère de sérieux et de dignité, que si l'énergie des sons est suffisamment imposante ; dans le cas contraire, le son est sourd et excite une disposition plus discordante. L'énergie du son exerce un effet direct de supplantation, et motive ainsi une parenté directe avec la sensation de déplaisir. Chez les sons résultants dissonants, la perception des sons est directement troublée ; car, par suite des battements, continuellement les tons se supplantent, se repoussent d'une manière réciproque. Evidemment, toutes ces dissertations ont seulement pour but d'expliquer, comment, aux débuts du développement de la conscience, l'effet des sensations sur l'activité de l'aperception peut occasionner des modes opposés de réaction de cette activité. En outre, lors du développement plus avancé des sentiments, la spontanéité du processus de l'aperception, spontanéité qui devient toujours plus grande (2), joue un rôle essentiel. Grâce à elle, la qualité immédiate et l'énergie des impressions, qui

1. Voir quatrième section, chap. XVIII.
2. Voir, au sujet de ce processus, le chap. XV.

au commencement déterminaient uniquement le plaisir et le déplaisir, ont leur influence graduellement compensée par ces facteurs, qui ont pour origine le développement de la conscience, c'est-à-dire les expériences antérieures de la vie et la direction individuelle de la conscience de soi-même.

La relation psychologique du sentiment sensoriel avec le processus d'aperception devra déterminer notre manière de concevoir les bases fondamentales physiques de ce processus. L'intensité et la qualité de la sensation dépendent directement des processus d'excitation, déroulés dans les centres sensoriels, et, en second lieu, comme elles sont mesurées d'après leur rapport réciproque, elles dépendent encore de l'activité de l'aperception, qui trouve son expression dans la loi de relation. Mais le ton de sentiment se produit seulement, en tant que nous apercevons les sensations. Il doit donc être directement considéré comme étant le côté subjectif ou psychique de ce processus plus central, qui s'ajoute nécessairement à l'excitation sensorielle centrale, quand l'activité de la conscience se tourne vers ce point. L'énergie variable de cette réaction du sentiment devra, au point de vue physiologique, être ramenée aux états mobiles de l'organe d'aperception, qui sont analogues en quelque sorte aux états changeants de l'excitabilité réflexe, produits dans les organes centraux inférieurs.

Ces rapports expliquent au psychologue, comme au physiologiste, que la loi générale de relation, qui domine la perception de l'intensité et de la qualité des sensations, est également valable pour la réaction du sentiment. Cette loi avait été formulée pour les sentiments, bien avant d'être appliquée à ces autres éléments de la sensation. Daniel Bernoulli, qui, le premier, appliqua cette loi à des sentiments complexes, la qualifia de « mensura sortis » ; et Laplace, l'interprétant dans le même sens, lui donna la forme d'une loi de relation entre la « fortune physique » et la « fortune morale » (1). Envisagée d'après son importance générale, cette loi est ainsi formulée : *L'intensité de la réaction du sentiment augmente proportionnellement aux accroissements relatifs des irritants de sensations* (2). D'ailleurs, ici même, il est évident,

1. C. Bernoulli, *Comment. acad. scient.* Petropolit. t. V, p. 117. — Laplace, *Théorie analytique des probabilités*. Paris, 1847, p. 187, 432. — Consulter aussi Fechner, *Psychophysik*, I, p. 236.

2. Déjà, Bernoulli et Laplace donnent à la loi la forme logarithmique. Si nous désignons par G l'énergie du sentiment, par R l'énergie de l'irritant, par K et C des constantes, on a, dans les limites de la validité de la loi de relation :

$$G = K \cdot log.\ R + C.$$

que la loi est susceptible de conserver sa validité, seulement dans des limites étroites ; elle perdra sa validité, surtout si les influences, déjà mentionnées (p. 468) de l'énergie de l'irritant et exercées sur la direction du ton de sentiment, se manifestent.

La théorie du sentiment a toujours formé l'un des chapitres les plus obscurs de la psychologie. Bien qu'ici nous nous occupions seulement du sentiment sensoriel, les opinions, émises au sujet de ce dernier, se rattachent si étroitement au concept général du sentiment, qu'il est permis de discuter brièvement, à cette place, les hypothèses les plus importantes concernant la nature des sentiments. Nous distinguerons *trois opinions principales* ; mais nous verrons surgir, entre chacune d'elles, un grand nombre d'autres manières de voir, qui s'y relient et en sont les intermédiaires.

Selon la *première* opinion, le sentiment est une activité particulière de la force de la connaissance. Cette opinion est peut-être la plus ancienne, témoin la tentative d'Aristote de comparer le plaisir et la douleur à une négation et à une affirmation, et l'essai des stoïciens de ramener l'affection (affectus) à la *croyance* à un bonheur où à un malheur futur ou présent. Dans les temps modernes, cette même opinion a été spécialement représentée par l'empirisme de Locke et de ses successeurs, d'autre part par la psychologie leibnizienne. Pour Locke (1), le plaisir et la douleur sont des représentations simples, qui se rapportent aux divers états de l'âme : celle-ci est par exemple plus joyeusement disposée, si elle sait, que la possession d'un bien est réalisée, ou si l'obtention prochaine de ce bien est assurée ; elle est triste, quand elle pense à la perte d'un bien, etc. Les psychologues anglais, James Mill (2), Herbert Spencer (3), Alexandre Bain (4) (ce dernier surtout, qui a fait avec un rare talent d'observation l'histoire naturelle des sentiments) représentent généralement, à cette heure, le point de vue de Locke. Leibniz avait mis le sentiment en relation avec ses essais, qui avaient pour but d'introduire en philosophie le concept de l'infiniment petit. Grâce à des sensations douloureuses infiniment petites, dit-il, nous jouissons de l'avantage du mal, sans en ressentir ses incommodités ; la victoire continuelle, remportée sur ces douleurs, nous procure enfin une pleine sensation de plaisir ; cette origine, qui provient des représentations infiniments petites, explique en même temps, que le plaisir et la douleur appartiennent aux représentations *obscures, confuses* (dunkeln) (5). Hégel partageait évidemment ces idées, puisqu'il appelait le sentiment une connaissance confuse (6). Dans le système scolastique de Wolff, l'expression

1. Locke, *Untersuchungen über den menschlichen Verstand*, livre II, ch. XX.
2. *Analysis of the phenomena of the human mind.* 1829.
3. *Principles of the psychology.* 2e édit. Londres 1870.
4. *The emotions and the will.* 2e édit. Londres 1865.
5. Leibniz, *nouveaux essais* II, 20, § 6. *Opera phil*, édit. de Erdmann, p. 248.
6. Hegel, *Encyklopädie*, III. Œuvres compl. t. VII, p. 165.

originelle, que Leibniz avait donnée à la conception du sentiment, conception tirée de la théorie de la connaissance, disparût de nouveau. Wolff avait simplement défini le plaisir la connaissance intuitive d'une perfection quelconque vraie ou imaginaire; le déplaisir, le contraire de cette connaissance (1); et, c'est sur ce fondement, qu'il a basé sa définition des affections (affectus) (2). Ces idées restèrent prépondérantes dans l'école Wolffienne, jusqu'au moment où Kant assigna une place indépendante à la faculté du sentiment ; c'est pourquoi, dans les descriptions psychologiques postérieures à Kant, cette opinion, que nous verrons tout à l'heure classée, comme étant la troisième, devint dominante. Néanmoins, l'opinion empruntée à la théorie de la connaissance, influence encore partiellement les descriptions ultérieures. Ainsi, lorsque Kant lui-même nomme le plaisir un sentiment d'excitation favorable de la vie, la douleur un sentiment d'arrêt de la vie (3), la pensée se porte naturellement vers une connaissance obscure ; car, la connaissance est seule capable de nous apprendre quelque chose au sujet du fait suivant, à savoir si la vie est favorablement excitée ou retardée, arrêtée ; et cette révolution est encore plus nettement accomplie, quand par exemple Lotze, modifiant ainsi la définition de Kant, déclare rapporter le sentiment à une appréciation inconsciente de l'harmonie excitée favorablement ou troublée des fonctions de la vie (4). Cette idée a de l'analogie, surtout avec celle qui est adoptée par les auteurs des traités de physiologie; en effet, d'après ces derniers, le sentiment serait un mode de sentir ou de représenter, provenant de la composition des irritants et de la forme de propagation des nerfs, mode qui est donc inhérent à certaines sensations et représentations, tandis que d'autres en sont exemptes (5). Cette opinion s'est visiblement développée, sous l'influence de la théorie de la sensibilité générale qui règne en physiologie. Très-souvent, à l'exemple de E.-H. Weber, la sensibilité générale, par conséquent le sentiment sensoriel, qui se lie aux sensations organiques, était considéré comme la

1. Wolff, *Psychologia empirica*, § 511, 518.
2. *Ibid.* § 603 et suiv.
3. Kant, *Anthropologie*, p. 144.
4. Lotze, *Allgemeine Pathologie*, p. 187, et art. « *Seele* » in *Handwörterb.* de Wagner, III, p. 191. Plus tard, Lotze a rejeté cette relation, qu'il faisait remonter à un acte d'intelligence inconsciente, et il a déterminé le sentiment, comme étant simplement une excitation favorable ou une perturbation occasionnée par l'irritant. (*Medicinische Psychologie*, p. 234.) Par conséquent, sa manière de voir se rapproche d'une modification de la théorie Kantienne, que représente W. Hamilton (*Lectures on metaphysics*, 5e édit. vol. II, p. 444) et à laquelle se rattache, sous une forme un peu différente, Léon Dumont (*Théorie scientifique de la sensibilité*. Paris 1875). D'ailleurs, quant aux sentiments *sensoriels*, Lotze établit encore cette autre hypothèse : ils sont basés sur un *processus nerveux particulier qui engendre le sentiment* (loc. cit. p. 247). Les données expérimentales, qu'il invoque à l'appui de son opinion (p. 250), sont expliquées, en majeure partie, par les phénomènes de l'analgésie, que nous avons étudiés dans la section précédente (p. 124).
5. Domrich, *Die psychischen Zustände*. Iéna 1849, p. 163. — Hagen, *Psychologische Untersuchungen*. Brunswick 1847, p. 59. Les idées de A. Bain sur les sentiments ont la plus grande affinité avec celles de ces deux auteurs.

forme la plus répandue du sentir, qui est effectuée par toutes les parties pourvues de nerfs sensitifs, tandis que seulement certains nerfs seraient, parfois, aptes à produire des sensations sensorielles spécifiques (1). La plupart des psychologues modernes se sont ralliés à cette conception de la sensibilité générale ; mais, dans ce cas, ils ont fréquemment invoqué, d'une façon plus ou moins explicite, les perceptions confuses de Liebniz, puisque dans leurs descriptions la sensibilité générale est une conscience immédiate de notre propre mouvement et de notre manière d'être (2), tantôt la somme d'un certain nombre de petites sensations (3), tantôt enfin une lutte de sensations innombrables, qui veulent pénétrer dans la conscience (4). Voici finalement une opinion exposée par moi, il y a longtemps, et rentrant *partiellement* dans celle de la théorie de la connaissance : le sentiment doit toujours reposer sur un procédé de conclusion inconscient, par lequel la modification de notre état interne, qui est provoquée par les sensations ou les représentations, est déterminée, comme étant une modification *subjective* (5). Par conséquent, les sentiments sensoriels sont les compléments subjectifs des sensations simples : la partie de ces sensations, que nous rapportons aux irritants extérieurs, devient sensation objective ; ce que nous ramenons à une modification de notre propre état, devient sentiment; la distinction totale appartient donc à la conscience de soi-même développée ou adulte ; et, pour la conscience primitive, sensation et sentiment doivent être inséparables et coïncider. On reproche généralement à l'opinion empruntée à la théorie de la connaissance (et cette objection est décisive), de ne chercher la cause objective des sentiments, qu'afin de la transférer ensuite dans l'essence primitive du sentiment. Quand Wolff, par exemple, appelle le plaisir une connaissance intuitive de la perfection, il a, le premier, déterminé ce qui est objectivement agréable, comme étant le parfait ; ce qui, soit dit en passant, implique en soi cette autre confusion d'un concept sensoriel et éthique, d'où alors, le sentiment consisterait dans une espèce de connaissance, quoique obscure, de ce concept. Évidemment, dans ce cas, l'ordre réel du processus est renversé : le sentiment est assurément quelque chose de plus primitif, que le concept de l'agréable ou du désagréable ; il est vraisemblable, que le sentiment a servi, le premier, de guide, pour concevoir ce concept ; mais il n'est nullement probable, que le sentiment émane, résulte du concept.

1. E. H. Weber, *Tastsinn und Gemeingefühl*, in *Handwörterb.d.Physiol* III, p. 562. — J. Müller, qui avait réuni tous les sentiments de la sensibilité générale avec le sens de la sensibilité cutanée, représente essentiellement la même opinion. (*Handb. d. Physiol.* II, Coblentz 1840, p. 275.)

2. George, *Die fünf Sinne*. Berlin 1846, d. 44 et *Lehrbuch der Psychologie*. Berlin 1854, p. 231. La théorie de Trendelenburg, de la conscience immédiate des mouvements musculaires (*Logische Untersuchungen*, 2e édit. I, p. 235), est analogue à celle de George.

3. Cotze, *Medicinische Psychologie*, p. 281.

4. Waitz, *Grundlegung der Psychologie*. Hambourg et Gotha 1846, p. 64 et *Lehrbuch der Psychologie*. Brunswick 1849, § 9 et 10.

5. *Vorlesungen über die Menschen-und Thierseele*, 2 vol.

Dans ces modifications de l'opinion basée sur la théorie de la connaissance, modifications, au sujet desquelles il est question (1) d'une excitation favorable et d'un arrêt des fonctions de la vie, etc., ce renversement du processus est plus caché, mais ne subsiste pas moins. Les irritants externes, desquels proviennent les sentiments sensoriels, peuvent intervenir, en excitant favorablement dans un cas les fonctions, et dans l'autre en les arrêtant ; mais le sentiment lui-même ne consiste pas dans cette excitation ou cet arrêt. Or, cette définition n'a un sens, que si on transfère dans le sentiment lui-même une connaissance intuitive de l'excitation favorable ou de l'arrêt, et c'est opérer de nouveau la même confusion, que si on pose le sentiment identique au concept de l'objectivement agréable ou du désagréable, de la perfection ou de l'imperfection.

D'après la *deuxième opinion principale*, le sentiment n'est ni une sensation, ni une représentation, ni une connaissance puisée dans les sensations et les représentations, mais il a pour base constante une *corrélation des représentations*. Si, avec Herbart, on appelle les sensations, des représentations élémentaires, les sentiments ne proviennent donc pas des représentations, mais du *rapport* des représentations entre elles. Les germes de cette idée sont très-anciens; car, certains sentiments esthétiques, par exemple, ceux qui sont liés aux intervalles des tons, ont été depuis longtemps ramenés à un rapport des diverses représentations entre elles (2). Herbart a étendu cette théorie à toutes les formes du sentiment (3). Il distingue les sentiments, qui sont liés à la composition, à la nature de ce qui est senti, d'avec les sentiments, qui dépendent de la disposition de l'âme. Dans les premiers, il range les sentiments *esthétiques* et les sentiments *sensoriels* : ils consistent tous deux, en ce qu'ils se composent de représentations partielles, qui, seulement pour les sentiments esthétiques, se séparent nettement les unes des autres dans la conscience, tandis qu'elles persistent unies, non séparées chez les sentiments sensoriels. La disposition de l'âme engendre, au contraire, les *affections* (affectus) (4). En mettant en lumière l'influence, que les mouvements des représentations dans la conscience exercent sur la disposition de l'âme, et, d'autre part, le rôle, qui dans l'effet esthétique appartient à certains rapports des représentations entre elles, Herbart a dévoilé un côté des conditions du sentiment, non suffisamment observé par les théories, qui se sont produites jusqu'à ce jour. Mais la théorie de ce philosophe n'était pas moins exclusive, étroite, puisque, d'après lui, ce facteur devenait l'unique pierre angulaire des sentiments. Ce défaut se révèle de deux manières : premièrement, dans l'explication insuffisante de nombreux

1. Hagen, in *Handwörterb.* de Wagner, II, p. 746. — Ulrici, *Leib und Seele.* Leipzig 1866, p. 448.
2. Aristote, *De anima* III, 2.
3. *Lehrbuch zur Psychologie, und Psychologie als Wissenschaft.* vol. V et VI des œuvres complètes d'Herbart.
4. *Loc. cit.* VI, p. 110. Voir aussi t. V, p. 369, 378, 394, 438.

états de sentiments. Quant aux affections, Herbart affirme, qu'elles dépendent simplement de l'excitation ou de l'arrêt réciproques des représentations, et non du contenu de ce qui est représenté. Or, une observation impartiale n'accordera jamais, que la joie et la tristesse, l'espoir et la crainte soient des sentiments purement formels, chez lesquels le contenu qualitatif de nos représentations n'est pas pris en considération. Quant aux sentiments sensoriels, Herbart a déclaré arbitrairement, qu'ils ont pour origine un rapport des représentations partielles : et en affirmant, que ce rapport n'est point perçu par la conscience, ce philosophe s'est soustrait d'une manière commode à la nécessité d'en donner la preuve, la démonstration. Au sujet de cette dernière question, tous les disciples d'Herbart ne sont pas restés fidèles au maître, et quelques psychologues de son école ont complètement fusionné avec la sensation le sentiment sensoriel, comme « ton de la sensation », et l'ont séparé des sentiments proprement dits (1). L'opinion de Beneke, d'après laquelle le sentiment consisterait dans la mensuration directe et réciproque, qu'exécutent les activités de l'âme, est analogue à celle d'Herbart. Ici même, le sentiment est distingué du contenu des sensations et des représentations et attribué au rapport, qu'elles ont entre elles (2). Ces deux théories reposent sur une idée juste, à savoir que la sensation et la représentation isolées (en tant qu'elles produisent, grâce à leur contenu, une connaissance déterminée) n'apportent avec elles aucun motif, pouvant donner lieu au sentiment ; ces théories cherchent donc à ramener celui-ci au rapport extérieur, que les représentations ont entre elles. Mais, pourquoi ce rapport doit-il être perçu par nous, comme plaisir et déplaisir, ou dans les diverses oppositions des sentiments esthétiques ? ceci n'est nullement clair. Dans la forme particulière de ces oppositions réside plutôt cette indication, qu'au facteur objectif des représentations et de leur corrélation s'ajoute nécessairement un second facteur *subjectif* ; en d'autres termes, ce n'est pas le rapport des représentations entre elles, mais leur relation avec la conscience, ce théâtre commun de toutes les sensations et représentations, qui fonde, motive le sentiment. Ici, la faiblesse de la théorie d'Herbart est en connexion directe avec sa conception étroite de l'aperception, dont nous reprendrons l'examen dans la quatrième section de cet ouvrage.

La *troisième opinion principale* a été essentiellement inspirée par l'idée de dévoiler l'importance, que ce facteur subjectif avait pour le sentiment. Voici comment elle s'exprime : le sentiment est l'état, dans lequel l'âme se trouve transférée, grâce à ses sensations et ses représentations. Le sentiment serait donc le complément subjectif des sensations objectives et des

1. W. F. Volkmann, *Grundriss der Psychologie*. Halle 1856, p. 55. — Nahlowsky, *Das Gefühlsleben*, p. 27.
2. Beneke, *Psychologische Skizzen*, I, Göttingue, 1825, p. 31. *Lehrbuch der Psychol.* 3e édit. Berlin 1861, p. 170.

représentations. Si l'on voit dans le sentiment non seulement un état de l'âme, mais en même temps la conception de cet état, comme étant un état subjectif, c'est relier cette troisième opinion à la première opinion principale, car, une telle conception suppose toujours une connaissance, quoique obscure; le sentiment n'est alors possible, que dans la conscience de soi-même, développée. Les bases fondamentales de cette théorie se retrouvent déjà chez Platon et Aristote ; mais, dans l'ancienne psychologie, cette théorie se confond continuellement avec l'opinion tirée de la théorie de la connaissance. Kant, qui dans sa *Critique* a essayé de séparer plus nettement, qu'on n'avait fait avant lui, les éléments objectifs et subjectifs du connaître, a spécialement mis en relief l'importance purement subjective du sentiment ; et sa manière de voir a prédominé chez les psychologues étrangers à l'école d'Herbart et, même chez quelques-uns, qui se rapprochent de cette école. Mais, arrivée à un point de son investigation, cette théorie admet la substance métaphysique de l'âme, alors que nul motif, nulle occasion ne lui était offerte, par suite des autres conditions préliminaires, de déterminer ce concept de substance. Si l'on veut se borner à ce qui, d'après l'expérience, est la base de la modalité subjective occasionnée par les sensations objectives et les représentations, il ne reste de nouveau, que la conscience de soi-même. Par conséquent, le sentiment serait défini ce côté de la représentation, que la conscience de soi-même rapporte à l'état propre du sujet, qui exerce la représentation. Comme dans cette relation réside un acte de la connaissance, d'après cette opinion le sentiment est, en même temps, le produit d'une connaissance obscure ou inconsciente (1). Mais, selon nos remarques antérieures, ceci est une contradiction, car le sentiment appartient aux expériences internes les plus primitives, tandis que la conscience de soi-même se développe relativement tard ; et, dernièrement, A. Horwicz a eu raison de remarquer, qu'au contraire le sentiment exerce, très-probablement, une influence déterminante sur le développement de la conscience (2). Cependant, voici un fait indéniable : après que la conscience de soi-même s'est développée, cette relation subjective est inhérente aux sentiments. Nous sommes donc obligés, contraints de recourir à la *base fondamentale* de la conscience de soi-même, c'est-à-dire à l'activité primitive de l'aperception.

Dans ces derniers temps, A. Horwicz (3) a essayé d'exposer et de motiver une manière de voir particulière qui, en un certain sens, est directement opposée à celle d'Herbart. Selon lui, les sentiments sont des états internes

1. La modification, ici indiquée de la troisième opinion principale, est celle que j'ai donnée pour base à la discussion des sentiments, dans mes « *Vorlesungen über die Menschen-und Thierseele* » Voir plus haut p. 560.

2. A. Horwicz, *Psychologische Analysen auf physiologischer Grundlage*, I. Halle 1872, p. 231.

3. *Psycholog. Analy.* II, Magdebourg 1878.

spontanés, à la vérité les plus primitifs, qui engendrent les sensations et les représentations. Cette idée provient (ceci est ma conviction), de ce que son auteur entend par sensation seulement la sensation dépourvue de sentiment, et, par sentiment la sensation, dotée d'un sentiment énergique. Les preuves empiriques, qu'Horwicz apporte en faveur de la priorité des sentiments, me semblent aussi contestables, que ses conclusions déduites de certaines propositions physiologiques (1).

1. Voir *Vierteljahrsschrift f. wiss. Philosophie* III, p. 129, 308 et 342.

FIN DU PREMIER VOLUME.

TABLE DES MATIÈRES

DU PREMIER VOLUME

Pages

INTRODUCTION PAR M. D. NOLEN VII
PRÉFACE DE L'AUTEUR POUR L'ÉDITION FRANÇAISE XXVII
AVANT-PROPOS XXIX

INTRODUCTION 1
1. *Objet de la psychologie physiologique* 1
Application des mathématiques à la psychologie.
2. *Notions psychologiques préliminaires* 8
Les concepts de l'âme et de l'esprit 11
La théorie des facultés de l'âme 12

PREMIÈRE SECTION.

LES BASES CORPORELLES DE LA VIE DE L'AME.

CHAPITRE PREMIER. — DÉVELOPPEMENT ORGANIQUE DES FONCTIONS PSYCHIQUES 21
1. *Caractères et limites de la vie psychique* 21
2. *Différenciation des fonctions psychiques et de leurs substratum* 26

CHAPITRE II. — STRUCTURE DU SYSTÈME NERVEUX 33
1. *Formes des éléments du tissu nerveux* 33
Cellules nerveuses. Filets nerveux. Cylindre-axe. Gaine médullaire ; cornée ; primitive.
2. *Eléments chimiques du tissu nerveux* 40
Neurokératine, Lécithine. Cérébrine. Cholestérine. Albumine. Nucléine.

Pages

CHAPITRE III. — DÉVELOPPEMENT DE FORME DES CENTRES NERVEUX..... 43

1. *Revue générale*..... 43

2. *Moëlle épinière*..... 53
Cornes grises. Racines nerveuses. Commissures ....
Canal central. Cordons médullaires.

3. *Moëlle allongée*..... 59
Pyramides. Olives. Cordons à gousse. Cordons grêles, et cunéiformes. Corps striés. Éminences rondes. Système de fibres zonales.

4. *Cervelet*..... 33
Pédoncules cérébelleux. Voile médullaire. Pont de Varole. Parties latérales et Vermis.

5. *Cerveau moyen*..... 66
Tubercules quadrijumeaux. Pédoncules cérébraux. Glande pinéale. Commissure postérieure.

6. *Cerveau intermédiaire*..... 68
Couches optiques. Commissure médiane. Corps genouillés.

7. *Cerveau antérieur*..... 70
Ses ganglions. Couronne rayonnante. Bulbes olfactifs. Hémisphères et ventricules latéraux du cerveau.

8. *Voûte et système des commissures*..... 78
Corps calleux et circonvolution arquée. Lobe d'hippocampe et corne d'Ammon.

9. *Développement de la forme extérieure du cerveau*..... 86
Plissement des surfaces cérébrale et cérébelleuse. Développement et causes des sillons cérébraux.

CHAPITRE IV. — PARCOURS DES VOIES NERVEUSES CONDUCTRICES..... 103

1. *Généralités sur la condition ou transmission*..... 103

2. *Méthodes pour découvrir les voies de conduction*..... 106
Expérimentation physiologique. Examen anatomique et observation pathologique.

3. *Conduction dans les nerfs périphériques et la moelle épinière*..... 110
Loi de Bell. Cordons médullaires sensoriels et moteurs. Conduction dans la substance grise. Irritabilité modifiée. Voies conductrices isolées. Conclusions tirées des rapports de structure.

4. *Conduction dans la moëlle allongée*..... 125
Croisements. Pyramides. Olives.

5. *Voies conductrices du cervelet*..... 133
Pédoncules cérébelleux. Structure de l'écorce cérebelleuse.

6. *Systèmes de conduction des pédoncules cérébraux et des ganglions cérébraux*..... 138
Trajet des filets à travers le pont de Varole. Formation des pédoncules cérébraux. Voie de la ganse du pédoncule cérébral. Tubercules quadrijumeaux. Voie de la calotte du pédoncule cérébral. Couches optiques. Voie du pied du pédoncule cérébral. Corps striés. Voie centrale du nerf olfactif

Pages

7. *Voies conductrices allant à l'écorce du cerveau*..... 152
Essais d'irritation et opérations sur la dégénérescence. Observations pathologiques. Domaines moteurs ; sensoriels. Centres du langage. Filets commissuraux ; arciformes. Structure de l'écorce cérébrale. Importance des croisements.
8. *Revue générale des voies conductrices centrales*..... 182

CHAPITRE V. — FONCTION PHYSIOLOGIQUE DES PARTIES CENTRALES..... 185
1. *Fonctions réflexes*..... 186
Réflexes de la moëlle épinière. Processus réflexes originaires de la moëlle allongée. Processus réflexes se produisant dans le domaine des nerfs cérébraux. Finalité des mouvements réflexes.
2. *Fonctions automatiques*..... 197
Dans la moëlle allongée, dans les parties cérébrales antérieures.
3. *Fonctions des tubercules quadrijumeaux et des couches optiques*..... 206
Centres réflexes du sens visuel, du sens tactile.
4. *Fonctions des corps striés*..... 216
Leur rôle probable, comme ganglions de coordination.
5. *Fonctions du cervelet*..... 219
Réglementation des mouvements d'après les impressions sensorielles.
6. *Fonctions des hémisphères du cerveau*..... 228
Localisation des fonctions. Suppléances. Organe de l'aperception.
7. *Lois générales des fonctions centrales*..... 252
Histoire des opinions relatives à la fonction des parties centrales.

CHAPITRE VI. — MÉCANIQUE PHYSIOLOGIQUE DE LA SUBSTANCE NERVEUSE. 258
1. *Données générales et principes fondamentaux d'une mécanique de l'innervation*..... 258
Le principe de la conservation du travail.
2. *Parcours des processus d'irritation dans le filet nerveux*..... 27
Trajet de la secousse musculaire. Modifications de l'irritabilité dans le parcours de l'excitation. Effets excitateurs, et d'arrêt..
3. *Théorie de l'excitation nerveuse*..... 283
4. *Influence des parties centrales sur le processus d'excitation*..... 287
Rapports de la conduction réflexe dans le temps. Excitabilité réflexe modifiée par les poisons, et par l'interférence des irritations.
5. *Théorie de l'innervation centrale*..... 297

DEUXIÈME SECTION

DES SENSATIONS.

CHAPITRE VII. — ORIGINE ET PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DE LA SENSATION... 305
1. *Concept de sensation*..... 305
2. *Conditions physiques de la sensation*..... 307

Pages

Classification des sensations. Les irritants sensoriels. Sens mécaniques, et chimiques.

3. *Développement des fonctions sensorielles* 314
Appareils tactiles. Organes gustatifs et olfactifs. Organes visuels.

4. *Structure et fonctions des organes sensoriels complètement développés* 326
Organes du sens de la sensibilité. Organes sensoriels spéciaux. Conclusions tirées de la structure des organes sensoriels et appliquées à la nature des sensations sensorielles. Critique de la théorie de l'énergie spécifique.

CHAPITRE VIII. — INTENSITÉ DE LA SENSATION..... 363

1. *Méthodes de mensuration de la sensation*..... 363
Seuil de l'excitation. Hauteur et étendue de l'excitation. Méthode des graduations moyennes, des modifications minima de la sensation, des fautes moyennes, des cas vrais et des cas faux.

2. *La loi de Weber*..... 377
Sensations lumineuses. Sensations de son, de pression, de mouvement, de température. Sensations gustatives.

3. *Importance de la loi de Weber*..... 393
Interprétation physiologique, psychophysique et psychologique..

4. *Expression mathématique de la loi de relation*..... 401
Fonction logarithmique. Rôle des grandeurs de sensation négatives. Valeur cardinale de l'excitation.

CHAPITRE IX. — QUALITÉ DE LA SENSATION..... 414

1. *Sensations du sens général de la sensibilité*..... 414
Sensations de pression, de température, de mouvement. Sensations générales.

2. *Sensations gustatives et olfactives*..... 432

3. *Sensations sonores*..... 437
Son et bruit. Analyse des sons et des bruits dans la sensation. Limite supérieure et inférieure des sensations de ton. Rapport de la hauteur de ton au nombre des vibrations. La ligne des tons. Son résultant. Tons de combinaison. Perturbations du son résultant par des battements. Essence de la dissonance. Battements des harmoniques et des tons de combinaison.

4. *Sensations lumineuses*..... 463
Qualité des couleurs. Ligne et saturation des couleurs. Lois du mélange des couleurs. Surface chromatique et conclusions tirées de sa configuration. Gradation de la saturation des couleurs. Forme la plus générale de la surface chromatique. Énergie lumineuse ; son influence sur la saturation et le ton des couleurs. Les sensations lumineuses, considérées comme un continuum à trois dimensions. Cécité pour les couleurs. Irritabilité modifiée de la rétine. Images consécutives. La dégradation colorée des irritations lumineuses de courte durée. Contrastes des sensations lumineuses. Dépendance du contraste à l'égard du

Pages

ton de la couleur, de la saturation et de la clarté. Influence des impressions antérieures sur le contraste. Théorie des sensations lumineuses.

CHAPITRE X. — TON DE SENTIMENT DE LA SENSATION..... 525

1. *Dépendance du sentiment à l'égard de l'intensité de la sensation*..... 527

2. *Dépendance du sentiment à l'égard de la qualité de la sensation*..... 531

Ton de sentiment des sensations sonores, des sensations lumineuses. Effet des liaisons de couleurs. Sentiments sensoriels, considérés comme éléments de l'effet esthétique. Analyse comparative des sentiments de son et de lumière.

3 *Dépendance du sentiment à l'égard de l'état total de la conscience*... 547

Influence de la durée des sensations dans le temps. Influence de l'association avec des représentations familières. Analogies de la sensation. Influence de la conscience de soi-même. Sentiments subjectifs et objectifs.

4. *Origine du sentiment sensoriel*..... 554

Critique des théories psychologiques.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU PREMIER VOLUME.

3071. — ABBEVILLE, TYP. ET STÉR. A. RETAUX.