

56 202
COURS

DE

PSYCHOLOGIE

PAR

MARCEL FOUCAULT

Professeur de Philosophie à la Faculté des Lettres de Montpellier

TOME II

LES SENSATIONS ÉLÉMENTAIRES



PARIS
LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
1928



**BIBLIOTECA
CENTRALA A
UNIVERSITĂȚII
DIN
BUCUREȘTI**

Nº Curent 56 202 Format

Nº Inventar A 30044 Anul

Secția Defectiv Răstul

COURS DE PSYCHOLOGIE

AUTRES OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

LA PSYCHOPHYSIQUE, 1 volume de la *Bibliothèque de Philosophie Contemporaine*, Paris, Alcan, 1901.

LE RÊVE, 1 volume de la *Bibliothèque de Philosophie Contemporaine*, Paris, Alcan, 1906.

L'ILLUSION PARADOXALE ET LE SEUIL DE WEBER, *Travaux et Mémoires de Montpellier*, Paris, Masson, 1910.

OBSERVATIONS ET EXPÉRIENCES DE PSYCHOLOGIE SCOLAIRE, Paris, Presses Universitaires, 1923.

COURS DE PSYCHOLOGIE, tome premier : Introduction philosophique à la Psychologie, Paris, Alcan, 1926.

EN PRÉPARATION

COURS DE PSYCHOLOGIE, tome troisième : Images et Associations.

LA MESURE DE L'INTELLIGENCE

chr. A. 30.044

COURS DE PSYCHOLOGIE

PAR

MARCEL FOUCAULT

Professeur de Philosophie à la Faculté des Lettres de Montpellier



LES SENSATIONS ÉLÉMENTAIRES



PARIS
LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
1928

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation
réservés pour tous pays.

55558 ✓

245580(2)

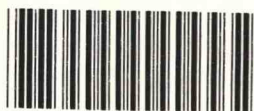
1958

Biblioteca Centrală Universitară

Cota	56202
Inventar	55558

RC124/02

B.C.U. Bucuresti



C55558

AVERTISSEMENT

Parmi les recherches qui ont été faites sur les sensations, les unes ont pour objet les organes, leur position et leur structure : elles sont l'œuvre des histologistes. Je ne m'en occuperai que pour recueillir et utiliser les résultats qu'elles ont donnés. Les autres ont eu pour but de savoir comment ces organes fonctionnent, et on peut y distinguer, d'une part, celles qui portent sur la nature des impressions sensorielles, sur la conduction de ces impressions et sur les phénomènes qui ont leur siège dans les centres nerveux, et, d'autre part, celles qui concernent les sensations proprement dites qui résultent de tous ces phénomènes nerveux. En fait, ces recherches ont été, d'une façon presque exclusive, l'œuvre des physiologistes. Toutefois, dans les résultats de leurs travaux, on peut séparer ce qui appartient à la Physiologie pure et ce qui intéresse directement la Psychologie : je prendrai dans les travaux de physiologie ce qui paraît être acquis, mais seulement dans la mesure où cela pourra aider à comprendre les sensations en tant que faits psychologiques. Mais les recherches des physiologistes ont aussi mis en lumière beaucoup de faits proprement psychologiques. Je m'attacherai à les recueillir, à les classer, et, quelquefois, à les compléter.

CHAPITRE PREMIER

QU'EST-CE QU'UNE SENSATION ?

J'ai indiqué incidemment, dans le premier volume de cet ouvrage (1), que les faits psychiques me paraissent devoir être divisés en quatre genres irréductibles : les connaissances, les actions, les tendances et les émotions. Comme le genre de la connaissance est celui qui a été jusqu'à présent étudié de la manière la plus fructueuse, c'est par l'analyse de la connaissance que je commencerai, suivant d'ailleurs en cela l'usage courant. Le premier problème de la Psychologie est donc celui-ci : quels sont les éléments de la connaissance ? Ou, ce qui revient au même, quels sont les faits de connaissance les plus simples ?

On se met facilement d'accord pour dire que ces faits de connaissance les plus simples sont les sensations. En effet, les formes supérieures de la connaissance, le jugement, le raisonnement, la mémoire et l'imagination, impliquent des sensations, au moins d'une manière indirecte, parce qu'elles y trouvent des matériaux nécessaires. Au contraire, la sensation n'implique pas les opérations supérieures de la connaissance.

(1) P. 187

Les sensations sont donc des connaissances simples, plus simples du moins que des jugements et des raisonnements. Même, dans l'ensemble des faits de connaissance, on n'en trouve pas qui soient plus simples. On est ainsi conduit à voir dans les sensations les éléments de la connaissance.

Sont-ce les seuls ? N'y a-t-il pas d'autres faits ou formes qui jouent un rôle dans les opérations de la connaissance sans lesquelles les sensations elles-mêmes n'auraient pas de signification, pas même d'existence ? C'est une question que nous retrouverons plus tard. Il ne me semble pas de bonne méthode de chercher à y répondre pour le moment, car, s'il existe vraiment dans nos connaissances, ou dans certaines d'entre elles, des éléments qui s'ajoutent aux sensations, et ne s'y réduisent pas, nous ne pouvons le savoir qu'après avoir isolé les éléments de ces connaissances qui proviennent de la sensation : si, à ce point de l'analyse, il reste quelque chose qui ne peut pas s'expliquer par les sensations, ce sera le moment de chercher en quoi consiste cet élément irréductible (1).

Donc, pour le moment, ce sont les sensations seules qui nous apparaissent comme les éléments de la connaissance, et nous devons par suite nous attacher à les définir.

Il en existe bien une notion très répandue, selon laquelle les sensations sont les connaissances qui nous sont fournies par les sens, à savoir par l'ouïe, la vue, etc. Mais cette notion de sens a son origine dans la Psychologie d'Aristote, c'est-à-dire dans l'application d'une méthode métaphysique à l'interprétation des faits d'expérience : les sens sont pour Aristote les puissances de l'âme sensitive, et la sensation est l'actualisation de ces puissances par le sensible qui existe en dehors de l'âme. — La théorie de la puissance et de l'acte a perdu aux yeux des modernes la valeur d'explication universelle que lui attribuait Aristote. Mais la notion de

(1) En fait, je compte traiter cette question en deux fois, à propos de la perception et à propos de la pensée rationnelle : mais je serai obligé d'y toucher déjà à propos des sensations de pression (ch. III, § 6).

puissance n'a pas disparu : nous la retrouvons chez Wolf, elle y prend le nom de faculté, et chacun des sens est désigné par lui comme faculté de sentir (1). Par exemple « la faculté de voir, ou la Vue, est la faculté de percevoir les objets conformément à un changement produit dans l'œil par la force de la lumière. » (2) — Je pense que toute explication par les facultés doit être rejetée, non pas seulement comme illusoire, mais comme fausse, puisqu'elle désigne sous le nom de faculté quelque chose qui n'existe pas : je rejette donc, si usuelle qu'elle soit demeurée aujourd'hui encore, l'idée de sens.

Cependant l'observation courante, interprétée d'une façon plus prudente, peut nous fournir quelques renseignements utiles sur les sensations. D'abord, elle nous apprend que les sensations sont des connaissances que nous obtenons par certains organes, tels que l'œil, l'oreille et quelques autres. Elle nous apprend aussi que l'apparition de la sensation dans la conscience est précédée d'un phénomène physiologique qui a son siège initial dans l'organe sensoriel, et que l'on appelle *impression*. L'impression n'est que le premier terme d'une série de phénomènes qui se continuent dans le nerf sensitif, par lequel l'organe sensoriel communique avec le cerveau, et qui s'achèvent dans le cerveau. D'autre part, l'impression est ordinairement déterminée par un antécédent physique que l'on appelle *excitation*. Quelquefois cependant cet antécédent est physiologique, comme il arrive, par exemple, quand une sensation provient du mouvement d'un bras, ou du battement du sang dans une artère, ou de l'infection de la pulpe d'une dent. La sensation est donc un phénomène psychique qui se produit à la suite d'une série de phénomènes physiques et physiologiques.

1) CHR. WOLF, *Psychologia Empirica*, § 29, 67 et suiv.

(2) § 69. *Facultas videndi*, sive *Visus*, est *facultas percipiendi objecta, convenienter mutatione v. illuminis in oculo factae*.

Mais ce sont là des connaissances bien pauvres et bien vagues. On peut essayer de les compléter et de les préciser en faisant des recherches dans deux directions. D'abord on peut étudier tous ces antécédents corporels de la sensation, et ici apparaissent des questions anatomiques : Quels sont les organes périphériques grâce auxquels nous obtenons des sensations ? Quels sont les nerfs qui les font communiquer avec le cerveau ? Quel est le trajet de ces nerfs ? Quels sont les centres inférieurs par lesquels ils passent avant d'arriver au cerveau ? Quels sont les centres cérébraux dans lesquels ils se terminent ? Ensuite apparaissent des questions physiologiques : Quelle est la nature de l'impression sensorielle ? Comment dépend-elle de l'excitation ? En quoi consiste la conduction nerveuse ? Quels phénomènes se passent dans les centres inférieurs, et enfin dans les centres cérébraux ?

Ces questions ne sont pas indifférentes à la Psychologie. Toutefois elles ne présentent pas toutes un égal intérêt. En fait, les conditions anatomo-physiologiques de la sensation se divisent en deux groupes : les unes concernent les organes périphériques et la nature de l'impression dont ils sont le siège ; les autres concernent les autres organes, les nerfs, les centres inférieurs et les centres cérébraux, ainsi que les phénomènes qui s'y produisent. Les conditions du premier groupe sont passablement connues au point de vue anatomique, c'est-à-dire que la plupart des organes périphériques des sensations ont été isolés, et même décrits par les histologistes ; et, au point de vue physiologique, il existe, relativement à la nature des impressions, quelques hypothèses sur lesquelles il semble que l'on puisse s'appuyer. Ce sont là des connaissances précieuses pour nous aider à déterminer les diverses espèces de sensations. — Quant aux conditions du deuxième groupe, elles pourraient peut-être nous fournir des moyens de contrôler les hypothèses sur les espèces de sensations, et aussi des moyens de comprendre l'élaboration des sensations : pourtant, il faut avouer

qu'elles sont trop mal connues, surtout au point de vue physiologique, pour que la Psychologie puisse tirer de là beaucoup d'informations utiles.

Mais il est possible aussi de faire des recherches sur les sensations dans une autre direction : on peut étudier en elles-mêmes les représentations qui nous arrivent par les organes sensoriels, on peut y appliquer les procédés d'observation et d'expérimentation dont dispose la Psychologie.

Or, quand un de nos organes sensoriels est impressionné par une excitation, et que les choses se passent d'une façon normale chez un homme, et chez un homme adulte, nous obtenons une connaissance singulièrement complexe et riche. Si je touche, les yeux fermés, la table sur laquelle je m'appuie, je reconnais que c'est un corps dur, j'en apprécie l'épaisseur, la position par rapport à moi, je me rends compte même que c'est une planche de bois que je presse sous mes doigts, je me la représente en même temps en image visuelle, et toutes ces connaissances que j'obtiens à la suite de l'impression reçue par mes doigts s'expriment dans ma conscience par la parole intérieure. Il n'est pas possible de croire que cet ensemble complexe de connaissances dérive *immédiatement* de l'impression sensorielle. Il en dérive sans doute, mais médiatement, et la plupart des éléments qui le composent ont bien d'autres sources. Cet ensemble de connaissances, le fait concret de connaissance qui apparaît dans la conscience à la suite de l'impression sensorielle, c'est ce qu'on appelle la *perception*. La sensation en fait partie, mais elle n'en est qu'un élément. Pour déterminer ce qu'est cet élément, il faut dépouiller la perception de tout ce qui n'est pas le résultat psychique direct de l'impression sensorielle actuelle : la sensation sera le reliquat.

On peut éliminer d'abord de la perception les images verbales et les mouvements par lesquels on commence à les exprimer dans la parole intérieure : il est bien évident que ce ne sont pas là des conséquences directes de l'impression.

sion sensorielle. On pourrait même être tenté de dire que ce ne sont pas des éléments de la perception. Je crois que l'on aurait tort, ce sont des éléments de la perception complète, mais la perception peut être incomplète, et c'est ce qui arrive, par exemple, chez l'enfant qui ne sait pas encore parler.

De même, on peut éliminer de la perception les images de complication, comme l'image visuelle de la table qui est perçue les yeux fermés, au moyen des doigts. Cette image n'existerait pas dans la perception tactile d'un aveugle-né.

En troisième lieu, dans la perception que j'obtiens en touchant la table, il se trouve des sensations complémentaires provoquées par des mouvements. Si, ayant les yeux fermés, je touche la table en deux endroits successifs, j'ai dans les deux cas des perceptions différentes, et la preuve en est qu'elles me permettent de localiser les deux points touchés en des endroits différents. Or, si j'ai pressé la table au moyen des mêmes doigts, et avec la même force, il peut se faire que les impressions soient les mêmes dans les deux cas, et les sensations doivent être les mêmes aussi. La différence entre les deux perceptions provient uniquement de ce que la position de la main et du bras est différente dans les deux cas. Il en résulte que, aux sensations tactiles qui proviennent de la pression des doigts s'ajoutent des sensations venues d'autres organes, par lesquelles je connais et distingue la position de ma main dans les deux cas. Quelle est au juste la nature de ces sensations de position ? Sont-elles musculaires, articulaires ou cutanées ? Comment sont-elles unies aux sensations qui viennent de la pression des doigts ? Tout cela importe peu pour le moment : il nous suffit de remarquer que les éléments de la perception par lesquels je localise l'objet touché sont constitués, au moins principalement, par des sensations, qui complètent des sensations tactiles et doivent par suite en être distinguées.

Abstraction faite de ces sensations complémentaires, la perception reste encore quelque chose de complexe. Je pense

que nous pouvons y distinguer un élément qui résume les perceptions antérieures que nous avons eues du même objet ou d'objets semblables, par les mêmes organes : c'est l'image constitutive de la perception. Des faits variés me semblent en prouver l'existence, et, en premier lieu, les illusions des enfants, qui confondent les objets et appellent, par exemple, une statue une dame (1). Il est vrai que, chez les enfants, les erreurs de ce genre proviennent de deux causes qu'il n'est pas facile de distinguer : le manque de mots et le manque d'images. Mais on trouve chez l'adulte des illusions analogues dans lesquelles l'erreur ne peut pas être attribuée au manque de mots, mais provient visiblement d'une image à qui les circonstances donnent une vivacité exceptionnelle. C'est ainsi que, sous l'influence du désir, de la crainte, de l'attente, nous commettons des erreurs de perception semblables à celles des enfants : nous croyons voir ou entendre ce que nous désirons ou attendons. Des faits semblables se produisent dans les rêves : dans le bruit du réveille-matin, le dormeur qui s'éveille entend le bruit de la sonnette de sa maison ou celui d'une voiture roulant sur les pavés ; dans la lumière du soleil ou d'une lampe, il croit percevoir un incendie ; l'excitation tactile causée par quelques gouttes de sueur peut provoquer un rêve de bain, de noyade ou de sauvetage. Enfin les illusions des aliénés présentent une autre catégorie de faits semblables. Le persécuté qui se croit poursuivi par des ennemis entend des injures ou des menaces dans les paroles quelconques qui sont prononcées auprès de lui, ou même dans des sons inarticulés comme le bruit du vent ou celui d'une porte qui se ferme. L'alcoolique voit dans des objets inoffensifs des serpents ou d'autres animaux repoussants ou redoutables. Si donc la perception fausse contient une image par laquelle elle est fausse, il faut croire que la perception vraie contient aussi une image par laquelle elle se rapporte à son objet

(1) Voir TAINÉ, *L'Intelligence*. I, 367

avec une exactitude passable. Pour reprendre l'exemple dont je me suis servi tout à l'heure, la perception tactile de la table contient une image tactile de table qui s'est formée par des perceptions antérieures. La sensation apparaît, après l'élimination de cette image, comme la représentation tactile d'une surface étendue et résistante.

Si maintenant on remarque que, en touchant un objet avec l'extrémité d'un doigt, on impressionne une pluralité d'organes sensoriels, on est conduit à admettre que la sensation tactile qu'on obtient n'est pas encore une sensation simple, mais comprend une pluralité de sensations simultanées qui sont unies dans une seule représentation. L'observation ne parvient pas à les distinguer. Mais il est certaines régions de la peau dans lesquelles les organes sensoriels sont assez éloignés les uns des autres pour qu'on puisse les exciter isolément. On provoque ainsi une sensation que l'on peut saisir par la conscience d'une manière distincte.

Faut-il dire que nous atteignons ici la sensation élémentaire ? Oui, sans doute, puisqu'il n'est pas possible de pousser plus loin l'analyse expérimentale. Et pourtant il est nécessaire de faire encore deux remarques pour achever de définir la sensation élémentaire.

D'abord, lorsque une excitation agit sur un organe sensoriel élémentaire, il en résulte bien une sensation qu'aucune analyse ne peut plus décomposer, mais cette sensation simple se comporte comme les sensations complexes qui proviennent d'excitations agissant sur une pluralité d'organes à la fois, c'est-à-dire que, chez l'homme adulte qui fait l'observation, elle appelle des images avec lesquelles elle forme une perception. Nous devons donc, quand nous observons des sensations qui proviennent d'un organe unique, faire abstraction de ces images pour découvrir la sensation proprement dite à laquelle elles s'ajoutent. Et une telle opération n'est sans doute pas très facile, ni même très certaine. Pourtant, nous pouvons écarter les images verbales, les images de complication, et même, en ce qui concerne

l'image constitutive, nous pouvons concevoir que la sensation élémentaire doit être plus pauvre, moins précise et moins distincte qu'elle ne se montre dans son union avec l'image constitutive.

Enfin il n'est pas toujours possible d'exciter isolément un organe sensoriel élémentaire. Il en résulte que beaucoup de sensations ne peuvent être déterminées que d'une façon hypothétique.

En résumé, la sensation élémentaire est un phénomène qu'il n'est pas possible d'observer directement. Mais nous pouvons observer des phénomènes qui s'en rapprochent, et, grâce à des hypothèses plausibles, fondées sur des lois que nous étudierons plus tard à propos des images, nous pouvons déterminer certains caractères importants des sensations élémentaires. Comme les phénomènes les plus voisins de ces phénomènes élémentaires sont ceux que nous pouvons provoquer par l'excitation isolée d'organes qui sont situés dans la peau et les muqueuses, c'est par ces phénomènes que nous allons commencer l'étude des sensations.

55558



CHAPITRE II

LES SENSATIONS DE LA PEAU ET DES MUQUEUSES: HISTORIQUE

Les premières découvertes anatomiques relatives aux organes sensoriels contenus dans la peau sont déjà anciennes. C'est ainsi que les corpusculés dits de Vater ont été observés dès le XVIII^e siècle. Pacini les étudia à son tour vers 1840. En 1852, Meissner découvre à la face palmaire des doigts les corpuscules auxquels on a donné son nom. Et depuis on a observé d'autres espèces de terminaisons des nerfs sensitifs. Mais, malgré la discontinuité de ces organes, on a cru pendant longtemps que la peau est sensible d'une façon continue. La fausseté de cette opinion a été montrée pour la première fois par le physiologiste suédois Magnus Blix (1).

Le point de départ de ce travail est la loi de l'énergie spécifique des nerfs de Jean Müller. D'après cette loi, une impression produite sur un nerf sensoriel, quelle que soit la nature de l'excitation, donne lieu à une seule espèce de sensation. Cette loi, ajoute Blix, a été confirmée par de nombreux faits, n'a été contredite par aucun, et forme, avec la loi de conduction isolée dans les nerfs, la base de la physiologie

(1) Le travail de Blix a paru d'abord en suédois dans *Upsala Läkareförenings Förhandlingar*, tome XVIII, 1882 et 1883, puis en allemand sous le titre : *Experimentelle Beiträge zur Lösung der Frage über die spezifische Energie der Haut. Zeitschrift für Biologie*, XX, 141-156 (1884) et XXI, 145-160 (1885).

des nerfs. Toutefois, Blix pense que les fonctions spécifiques des nerfs sont liées, non pas aux filets nerveux, mais aux appareils qui les terminent, et il entreprend d'exciter isolément les organes terminaux. En fait, les recherches qui ont été faites plus récemment sur les illusions des amputés ont montré que des excitations agissant sur les tronçons nerveux provoquent aussi les sensations spécifiques (1), mais il reste vrai que l'idée expérimentale de Blix s'est montrée extrêmement féconde.

Il emploie d'abord l'excitation électrique. Un des pôles d'une bobine d'induction est formé par un conducteur humide qui touche la peau sur une large surface : l'autre est constitué par une fine pointe métallique. Dans ces conditions, le courant ne peut produire d'impression que là où la pointe touche la peau. Or, en réglant par tâtonnement l'intensité du courant, et en prenant diverses précautions, notamment celle de répandre sur la peau des gouttelettes d'eau au moyen d'un pulvérisateur, et d'enfoncer avec précaution la pointe fine de l'électrode dans une seule gouttelette, Blix obtient ce résultat que, suivant les points de la peau où le courant produit une impression, il en résulte une sensation de piquûre (ou de douleur), ou une sensation de froid, ou une sensation de chaud, et peut-être une sensation de pression (p. 146-7), tandis que, dans beaucoup d'autres endroits, il ne se produit aucune sensation, et par suite aucune impression. En tenant compte de ce que l'existence de la sensation de pression a été confirmée dans la suite, nous avons là l'expérience fondamentale de laquelle dérive toute la théorie des sensations de la peau et des muqueuses.

Une deuxième expérience de Blix concerne les sensations de froid. Si l'on fait glisser lentement sur le dos de la main une pointe mousse de fer ou d'acier, elle est sentie comme froide en certains points seulement, et il arrive même que,

(1) Pitres. Etude sur les sensations illusoires des amputés, *Annales médico-psychologiques*, Tome V (1897), surtout pages 180 et suivantes.

pour quelques-uns de ces points, on a la sensation d'un froid vif (p. 152). Entre ces points, il se trouve des régions plus ou moins grandes dans lesquelles la sensation de froid ne se produit pas du tout. En répétant cette expérience dans des conditions diverses, et notamment en faisant varier l'énergie du refroidissement et la surface du contact, Blix arrive à cette conception : des sensations de froid peuvent être produites seulement en certains points de la peau (les points froids, ou points de froid, *Kaltpunkte*), relativement dispersés, nettement délimités, placés plus ou moins profondément sous la surface, et dans lesquels sont contenus des appareils nerveux terminaux doués de la puissance de produire par refroidissement une impression spécifique dans les filets nerveux correspondants, et par suite une sensation de froid.

Une troisième expérience est faite au moyen d'un cône de métal : ce cône est creux et relié par deux tubes de caoutchouc avec un flacon d'eau chaude et un autre d'eau froide, de sorte que l'on peut échauffer et refroidir le cône à volonté. Cet appareil permet de trouver tous les points froids qui existent dans une certaine région de la peau, et aussi de montrer (p. 155) qu'il existe des points chauds analogues, c'est-à-dire de petites parties de la peau, isolées les unes des autres, par lesquelles les sensations de chaud peuvent être produites, tandis que les parties intermédiaires de la peau ne sont pas impressionnées par ce genre d'excitation. Blix dresse, pour diverses régions de la peau, la carte des deux espèces de points : il colore les points froids en vert, les points chauds en rouge, il les colore plus fortement là où les sensations sont plus vives, et il obtient ainsi, pour chaque région, une carte qui montre la répartition des différents organes sensoriels. Il trouve, en général, que les différentes couleurs occupent des places bien séparées. C'est seulement d'une façon exceptionnelle que les cercles colorés qui entourent les différents appareils nerveux se recouvrent réciproquement. La conclusion est

que les sensations de chaud et de froid sont produites par des impressions exercées sur des appareils nerveux spécifiques de la peau.

Le deuxième article de Blix s'occupe d'abord des sensations de pression. L'opinion courante, à cette époque, était que des sensations de ce genre peuvent être produites sur tous les points de la peau, et que les organes terminaux sont tellement denses qu'il est impossible de les exciter isolément. Et pourtant, dit Blix (p. 146), s'ils sont disséminés comme les points froids et chauds, on pourrait comprendre que la pression exercée sur un endroit quelconque de la peau produise une sensation de pression : car la pression exercée sur un point vide d'organes se propage aux régions voisines et sous-jacentes et peut ainsi atteindre un organe terminal. La méthode de recherche consiste à affaiblir graduellement la pression exercée sur un point qui donne naissance à une sensation, et à déterminer ainsi la plus faible valeur de cette pression qui provoque une sensation, c'est-à-dire la quantité que, depuis Fechner, on appelle le seuil d'excitation. Il est à présumer que, si les organes sont dispersés dans la peau, quand on aura déterminé la position d'un point qui fournit une sensation de pression, et la valeur de la plus faible pression qui puisse provoquer cette sensation, on n'obtiendra plus de sensation si l'on fait agir la même excitation dans la région environnante,

L'expérience de Blix est donc dirigée par cette idée théorique, et aussi par les expériences d'Aubert et Kammler, qui ont reconnu ce qu'ils appellent les variations de l'acuité du sens des pressions dans les différentes parties de la peau et qui ont attiré l'attention sur l'importance des poils pour les sensations de pression. Blix produit des pressions momentanées, ponctiformes, au moyen d'un crin de cheval fixé à un levier équilibré par un contrepoids : on règle la force de la pression en faisant varier la hauteur de chute et la position du contrepoids.

Au moyen de cet appareil, on cherche dans une région le

point où le choc le plus faible produit la sensation la plus forte. Puis on diminue la force du choc jusqu'à ce que la chute du levier sur ce point produise une sensation juste perceptible (nur bemerkbare). On frappe avec la même force d'autres points de la région environnante, et l'on constate en général qu'il ne se produit pas de sensation : ça et là dans le voisinage, on rencontre aussi quelques points isolés qui sont sensibles à la même excitation. Si l'on fait croître un peu la force du choc, les sensations ne se produisent plus simplement en des points isolés, mais chaque point sensible s'élargit en un petit cercle à l'intérieur duquel l'excitation éveille une sensation plus ou moins facilement saisissable. Il arrive aussi que cette excitation plus forte révèle plus de points et plus de cercles que ne faisait l'excitation faible. Ce fait signifie sans doute qu'une partie des organes est située plus profondément, ou bien est moins facile à impressionner pour quelque raison inconnue. Il existe donc des points de pression comme des points froids et chauds. La preuve qu'ils ne se confondent pas résulte de ce que, dans un carré d'environ deux centimètres de côté, (sur son propre poignet gauche), Blix a trouvé 34 points de pression, 19 points froids et 10 points chauds. Ces expériences ont été faites sur la face dorsale de la main gauche et de l'avant-bras. A la face palmaire, les expériences réussissent mal, mais il est probable que la rigidité relative de la peau y rend impossible la localisation précise des excitations : la densité des organes au bout des doigts agit dans le même sens.

Enfin Blix a cherché s'il existe aussi dans la peau des organes spéciaux pour les sensations de douleur ou de piquûre. La méthode consiste à enfoncer une pointe d'aiguille dans la peau, verticalement, jusqu'à ce que la douleur se produise. En certains endroits, on peut enfoncer l'aiguille assez profondément dans la peau avant de saisir la moindre sensation de douleur. Mais cela ne prouve pas l'existence d'appareils spéciaux : Blix laisse sur ce point la question ouverte.

Indépendamment de Blix, deux autres psychologues ont fait, ou, du moins, commencé, vers la même époque que lui, des expériences dont le sens général est le même et qui apportent des informations complémentaires : ce sont Goldscheider et Donaldson.

Goldscheider avait déjà publié une étude historique et critique sur la théorie des énergies spécifiques des nerfs sensoriels (1), et ses études expérimentales sur les nerfs de la température (2) étaient avancées quand il connut le travail de Blix. Il confirme tous les faits essentiels établis par le physiologiste suédois, et complète ses recherches sur un certain nombre de points dont l'importance n'est pas négligeable. Ses idées directrices sont les mêmes : il pense toutefois que les sensations douloureuses doivent être mises sur le même plan que celles des trois autres espèces et qu'elles possèdent aussi des organes spéciaux. J'aurai ultérieurement l'occasion de citer un certain nombre de ses observations.

Vers la même époque, Donaldson (3), au cours d'expériences faites sous la direction de Stanley Hall, découvrit par hasard les points froids. Il étudiait les sensations de mouvement au moyen d'une pointe métallique qui se déplaçait lentement sur la peau. Quand le mouvement de cette pointe, qui était réglé par un appareil, était très lent, il arrivait souvent que la pointe semblait s'arrêter pour un temps ou même être perdue, et que brusquement une vive sensation de froid, distinctement localisée, en rappelait la présence et la position. Le fait se répéta si souvent que Donaldson nota que certains points étaient toujours sentis comme froids et qu'il dressa plusieurs cartes de ces points froids pour différentes parties du corps. Ses expériences en étaient là quand il connut les recherches de Blix, et il fut

(1) *Die Lehre von den specifischen Energien der Sinnesnerven* (1881).

(2) *Die specifische Energie der Temperaturnerven* (*Monatshefte für Practische Dermatologie*, Tome III, 1894). Cet article a été reproduit, avec le précédent et plusieurs autres, dans les *Gesammelte Abhandlungen* du même auteur.

(3) *On the temperature-sense, Mind*, X, 399-416 (1885).

ainsi amené à étudier les deux espèces de sensations de température.

Une dizaine d'années plus tard, commencèrent les importants travaux de Max von Frey, qui a créé la méthode couramment employée depuis cette époque pour étudier les sensations de pression et celles de piquûre, et qui a étudié aussi les sensations de température. J'aurai l'occasion de citer ses publications à propos des diverses espèces de sensations : il a été le plus important des continuateurs de Blix.

A la même période appartiennent les recherches de Kiesow, publiées dans les *Philosophische Studien* de Wundt, puis dans la *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, et, plus récemment, dans l'*Archiv für die gesamte Psychologie*.

Il y a lieu de signaler enfin une tentative tout à fait hardie, et digne d'être mise à part, celle de Rivers et Head : A human experiment in nerve division, *Brain*, XXXI, 323-450 (1908). L'expérience dont il s'agit a été faite en 1903 : le sujet qui s'y est prêté volontairement était le docteur Head.

CHAPITRE III

LES SENSATIONS DE PRESSION

§ 1. LA MÉTHODE DE RECHERCHE PSYCHOLOGIQUE

La technique ordinairement suivie pour l'étude expérimentale des sensations de pression, et aussi de piquêre, est celle qu'a établie Max von Frey (1). Il s'agit d'exercer sur la peau des excitations ponctiformes, et graduées de telle façon que les plus faibles ne produisent aucune sensation sur aucun point. L'excitation électrique ne laisse rien à désirer au point de vue de la graduation, mais l'application de l'électrode comporte une action mécanique dont la force n'est pas facile à mesurer. C'est pourquoi von Frey a employé des cheveux d'enfant, de femme et d'homme, des crins de cheval, et, quelquefois, des fils de cocon et des soies de porc.

L'excitateur dont il s'est servi est ordinairement formé d'une tige de bois ayant 80 mm. de long et quatre arêtes de 4 mm. de côté : à l'extrémité, perpendiculairement à

(1) Voir *Berichte d. kgl. Sächs. Ges. d. Wiss., Math.-Phys. Cl.*, 1894, p. 185 ; et *Abhandl. d. kgl. Sächs. Ges. d. Wiss., Math.-Phys. Cl.*, 1897, p. 203.

l'axe de la tige, est collé un cheveu de longueur et de section variables. L'expérimentateur prend la tige en main et appuie l'extrémité du cheveu sur un point de la peau jusqu'à ce que le cheveu se courbe.

Pour obtenir une collection convenable d'excitateurs de ce genre, Von Frey a fait varier la longueur et la surface de section de ces cheveux et crins. La longueur ne doit pas être supérieure à 50 mm. ni inférieure à 5 mm. Les surfaces de section des cheveux sont elliptiques, et l'on peut employer des cheveux de diamètres moyens (de 40 à 100 μ). Les crins de cheval ont une coupe à peu près circulaire (de 160 à 250 μ).

On mesure sous le microscope le diamètre de la coupe, ou, quand la coupe est elliptique, les deux axes de l'ellipse. Puis on mesure sur une balance la force nécessaire pour courber le cheveu. Enfin, pour pouvoir comparer les forces des différents cheveux, on ramène ces forces à ce qu'elles seraient si la surface de pression était de 1 millimètre carré, et l'on obtient ainsi la valeur d'excitation (*Reizwerth*).

Par exemple, la coupe d'un cheveu a pour :

demi-axes..... 28 et 47 μ .

ce qui équivaut à peu près à un cercle de 36 μ de rayon.

La surface est donc de 4130 μ^2 .

La balance indique une force de 37 mgr.

La valeur d'excitation est donc de 9 gr./mm².

On inscrit sur le manche de l'excitateur les dimensions de la coupe et la valeur d'excitation. Il suffit d'avoir une collection assez étendue d'appareils de ce genre.

Il semble que cet outillage est irréprochable, von Frey l'a utilisé pour d'importantes découvertes, et pourtant, outre qu'il ne permet pas de faire entrer en compte la durée des excitations, il soulève deux difficultés graves.

La première difficulté concerne l'évaluation de la valeur d'excitation. Von Frey, en ramenant toutes les forces de

pression à ce qu'elles seraient si la surface de pression était d'un millimètre carré, suppose que l'action de l'excitation est, toutes choses égales d'ailleurs, inversement proportionnelle à la surface de pression. Ce n'est pas là une hypothèse *a priori*. Par des expériences faites au moyen d'un appareil qu'il appelle *Balance liminale* (*Schwellenwage*), qui permet d'exercer, sur une surface variable de la peau, une pression de vitesse variable, von Frey a déterminé la valeur du seuil pour deux surfaces différentes de pression, la vitesse de pression étant constante. Les expériences sont faites sur des régions différentes du poignet. Voici quelques exemples des résultats (1).

Surfaces	Seuils	Pression par mm ²
<i>Première région</i>		
8mm ²	0 ^{gr} 40	0 ^{gr} 5
3,5	0, 16	0, 45
8	0, 36 ou 0,40	0, 45 ou 0,5
<i>Autre région du poignet</i>		
8	1, 92	0, 24
3,5	0, 88	0, 25
8	1, 60	0, 20
<i>Autre région du poignet, avec influence de l'exercice</i>		
3,5	0, 72	0, 21
8	1, 44	0, 18
3,5	0, 56	0, 16
8	1, 20	0, 15

D'après ces expériences, il semble bien que ce qui détermine la sensation, c'est la pression rapportée à la surface sur laquelle elle se répartit, c'est-à-dire la pression hydrostatique. Quoiqu'il ne s'agisse ici que des excitations liminales, von Frey admet qu'il en est de même pour les excita-

(1) Travail cité, *Abhandl.*, p. 203.

tions supérieures au seuil, et c'est sur cette loi expérimentale qu'il a fondé son procédé pour calculer les valeurs d'excitation des cheveux.

Mais les cheveux humains, et même les crins de chevaux, ont une surface de coupe qui est plus de deux cents fois plus étroite que les surfaces sur lesquelles ont été faites les expériences, et alors la question se pose de savoir si la même loi s'applique à des surfaces aussi petites. Von Frey s'est vite aperçu qu'elle ne s'y applique pas. En déterminant le seuil de la sensation de pression pour la pulpe du doigt avec une surface de pression de $3\text{ mm}^2,5$, il trouve 1 décigramme, ce qui équivaut à 28 mgr/mm^2 . En déterminant le même seuil au moyen des crins, il trouve 3 gr/mm^2 , c'est-à-dire une valeur plus de cent fois plus forte (p. 224). Il suppose que cette opposition entre les résultats des expériences tient à ce que les organes impressionnés sont situés à une certaine profondeur, en tout cas ne sont pas à la surface de la peau, et qu'il en résulte que, quand la surface touchée par l'excitation est très petite, la pression qui y est exercée ne se transmet pas entièrement au niveau de l'organe nerveux. Et des expériences qu'il fait sur la propagation de pressions de surfaces différentes dans une plaque de gélatine confirment cette opinion en montrant que la pression, à une certaine distance de la surface, est moindre si elle s'exerce sur une petite étendue que si elle s'exerce sur une grande étendue. En conséquence, il cherche une autre méthode pour graduer ses excitateurs, et il pense que la force des crins doit être posée comme proportionnelle, non pas à leur surface de section, mais au rayon de cette surface. L'unité n'est plus alors le gr/mm^2 , mais le gr/mm . Von Frey l'appelle unité de tension. En fait, à partir de ce moment, il semble avoir employé les deux méthodes de mesure concurremment, inscrivant sur ses excitateurs, à côté de leur valeur de pression, par unité de surface, leur valeur de tension. Voici un exemple des mesures de cheveux fournis par von Frey à Rivers et Head

pour leur célèbre expérience sur la section de branches nerveuses. (1)

Cheveux pour les sensations tactiles

N ^{os}	Pression en grammes	Rayons mesurés en μ	Surface en mm ²	Rayon du cercle équivalent en μ	Pression en gr/mm ²	Tension en gr/mm
1	0,04	30 $\times$ 54	0,005	40	8	1
2	0,1	47,5 $\times$ 57,5	0,0085	52	12	2
3	0,21	55 $\times$ 90	0,015	70	14	3
4	0,23	40 $\times$ 80	0,011	58	21	4
5	0,36	60 $\times$ 90	0,017	73,5	21	5
8	0,88	100 $\times$ 120	0,0377	110	23	8

Von Frey a fourni aussi à Rivers et Head pour l'étude des sensations de piqure une série de crins allant de 35 à 266 gr/mm², ce qui correspond à 12 gr/mm pour le plus faible de ces crins et à 100 pour le plus fort.

La justification expérimentale de cette méthode de graduation résulterait pour von Frey de ce que, en employant pour étudier les réactions de 33 points de pression du genou gauche, trois cheveux dont les valeurs sont respectivement de 8,8, 16 et 31,8 gr/mm², tandis que leurs forces de tension sont toujours de 2 gr/mm, il obtient des sensations qui sont presque exactement les mêmes pour les trois excitateurs, alors que, si l'un des trois ne provoque pas de sensation, les deux autres font de même.

La conclusion qui résulte de là, c'est qu'il subsiste une grande incertitude sur la façon de graduer les excitateurs quand les surfaces de pression diffèrent. En fait, la question de savoir comment la sensation varie quand la surface de pression varie est une question qui ne peut être résolue que

(1) A human experiment in nerve division, *Brain*, t. XXXI. p. 348 (1908).

par des expériences méthodiques déterminant la loi de variation. Il serait donc préférable d'employer toujours des excitateurs exerçant leur pression sur une même surface. Mais cela entraîne l'abandon des cheveux et des crins, que nous sommes obligés de prendre avec les dimensions qu'ils nous présentent.

La deuxième difficulté de la méthode de von Frey concerne le mode d'application de ses excitateurs. On appuie la section du crin sur la peau jusqu'à ce que le crin se courbe. Mais, au moment où il se courbe, il n'est plus possible que la section tout entière reste en contact avec la peau ; le contact subsiste seulement pour le bord de la section et pour une partie indéterminée du reste, de sorte que la surface de pression est considérablement réduite. Tous les calculs destinés à évaluer les pressions excitatrices sont par là faussés. C'est là précisément la critique que von Frey a faite, avec raison, contre la méthode d'expérimentation suivie autrefois par Aubert et Kammler, qui faisaient tomber sur la peau de petits poids (de papier ou de carton) suspendus à un fil. Outre que la vitesse de chute est probablement variable, on ne peut être sûr, dit von Frey, que le poids s'applique sur la peau par toute sa surface et non par une arête seulement. Quand il se trouve à son tour en présence de la même difficulté, il la résout en posant comme règle que l'application du cheveu sur la peau doit être faite de façon qu'il ne se courbe pas trop. Il pense que le cheveu peut exercer au moins 90 % de sa force maxima sans que la section prenne une position oblique. Cela est sans doute vrai, mais il en résulte une incertitude gênante relativement à la proportion de la force du cheveu qui est employée dans chaque cas, et, en fin de compte, relativement à l'étendue de la surface réelle d'application. Ces actions perturbatrices peuvent probablement être atténuées par un expérimentateur habile, mais il est évident que la technique serait meilleure si le corps qui exerce la pression était appliqué perpendiculairement à la peau.

Enfin, il est une condition dont von Frey n'a pas tenu compte : c'est la durée de l'excitation. Il a bien pu régler la vitesse d'application dans ses expériences avec la *balance liminale*. On peut admettre aussi que, quand on fait l'application avec la main, on peut acquérir une régularité de mouvements suffisante pour garantir une vitesse d'application à peu près uniforme. Mais la durée de l'application doit bien avoir aussi quelque influence. Von Frey a fait agir des pressions, avec la balance liminale, pendant 15 à 20 secondes, et même pendant 60 secondes (p. 180). Spindler (1) a étudié les sensations consécutives à des pressions qui s'exerçaient pendant une durée de 10 secondes à 10 minutes. Mais ce sont là de grandes durées. Nous aurions intérêt à faire sur les sensations de pression des expériences analogues à celles que l'on fait sur les sensations visuelles au moyen des appareils tachistoscopiques : il nous faudrait un appareil tachistohaptique.

Sur ce dernier point, je n'ai pas réussi, malgré plusieurs tentatives, à régler la durée de l'excitation d'une façon à la fois précise et expérimentalement satisfaisante. J'ai bien essayé un dispositif fondé sur l'emploi d'une roue dentée qu'entraînait un mouvement d'horlogerie, mais l'appareil ne permettait pas d'atteindre avec sûreté, dans tous les cas, le point sur lequel on voulait exercer la pression. J'ai fini par abandonner l'entreprise, et, pour étudier l'influence qui résulte, pour l'évolution de la sensation, de ce que la sensation se prolonge, je me suis contenté d'un moyen grossier, qui consistait à exercer comparativement, sur le même point de la peau et avec le même poids, tantôt des pressions très brèves et tantôt des pressions prolongées pendant quatre ou cinq secondes environ.

Mais, sur les deux autres points, j'ai adopté une technique qui me paraît supprimer les inconvénients de celle de von Frey. Cette technique est applicable sur les surfaces de la

(1) After-Sensations of Touch, *Psychological Review*, IV, 632 (1897).

peau auxquelles on peut donner une position horizontale, ou à peu près. Pour produire des excitations ponctiformes de force connue et graduée, et agissant sur une surface connue et constante, j'emploie une poignée, munie à son extrémité d'un tube métallique de 15 millimètres environ, fixé à la poignée à angle droit. Dans ce tube, dont le calibre est choisi d'une façon appropriée, peut glisser une tige de bois très rigide, de 25 millimètres environ. La base de cette tige, qui doit être appliquée sur la peau, est arrondie, et son diamètre, mesuré au Palmer, varie de 10 à 50 centièmes de millimètre. Au sommet, la tige se termine en pointe, de façon à pouvoir être enfoncée dans une rondelle de liège, ou, pour avoir des poids encore plus légers, dans une rondelle de sureau. Si maintenant l'on appuie l'extrémité inférieure de cette tige sur un point de la peau, que l'on a choisi et marqué à l'encre avec une plume fine, la tige remonte dans la gaine métallique, sans frottement appréciable, et la pression qui agit sur la peau est égale au poids de la tige augmenté de celui de la rondelle. Il est facile, en employant la partie extérieure du bambou, d'obtenir des tiges qui pèsent environ 15 milligrammes ou même moins. Quant au liège, une rondelle de 10 millimètres de diamètre pèse environ 13 milligrammes par millimètre de hauteur. La moelle de sureau pèse environ le tiers du liège. On voit donc que l'on peut construire une collection d'appareils de ce genre qui permettent d'exercer sur la peau des pressions qui s'abaissent jusqu'à 10 ou 20 milligrammes. En dessous de 20 milligrammes, ces instruments deviennent un peu fragiles et doivent être traités avec précaution. Comme je n'ai pas rencontré, dans les régions sur lesquelles j'ai expérimenté, c'est-à-dire sur l'avant-bras, les mains et les doigts, de points qui fussent sensibles à des pressions inférieures à 16 milligrammes, cet outillage m'a toujours suffi jusqu'à présent : mais il est évident qu'il ne conviendrait pas pour des régions verticales de la peau, ni pour des muqueuses comme celles de l'œil, qui réagissent

à des pressions extrêmement faibles par des sensations douloureuses de piquûre.

Toutefois, si l'on emploie, comme je l'ai fait, des surfaces de pression notablement plus étendues que celles dont s'est servi von Frey, la question se pose de savoir dans quelles limites d'étendue il convient de se tenir, et, d'une façon plus générale, de savoir quelles variations dans les sensations peuvent résulter de variations dans les surfaces de pression. Cette deuxième question est celle qui, comme nous l'avons vu tout à l'heure, a embarrassé von Frey. Or, au moyen du dispositif que je viens de décrire, on peut y répondre.

J'ai donc fait des expériences dans lesquelles j'ai fait agir, sur des points sensibles dont la position était connue, des poids égaux sur des surfaces différentes. L'une des surfaces avait 0 mm. 45 de diamètre, l'autre 0 mm. 15. La première était donc 9 fois plus grande que la deuxième. Le poids était, dans les deux cas, de 138 milligrammes. On choisissait sur le milieu de l'avant-bras gauche, à la face dorsale, 5 points un peu en arrière des points d'insertion de 5 follicules pileux, et on les marquait à l'encre rouge. La région était rasée, et le sujet avait les yeux bandés. Avant de commencer l'expérience, on appliquait dans une région voisine, tantôt en arrière des poils, tantôt dans les espaces interpilaires, un poids de 175 milligrammes, avec une surface de pression de 0 mm. 45 de diamètre : la pression était ordinairement sentie au voisinage des poils, et elle donnait alors lieu, en général, à une sensation nette de pression, que le sujet était invité à remarquer comme constituant la sensation typique. Quant aux espaces interpilaires, la pression de 175 mgr. n'y produisait jamais de sensation. Après cette expérience préparatoire, dont l'utilité se comprendra plus loin, on appliquait l'un des poids successivement sur chacun des 5 points marqués ; puis on passait à l'autre poids, et l'on recommençait en suivant le même ordre : on faisait ainsi 5 applications de chacun des deux poids sur chacun des 5 points. On passait ensuite à un autre sujet, et, si l'on

avait commencé avec le premier sujet par la plus grande surface, on commençait avec le deuxième sujet par la surface la plus petite. Je crois avoir éliminé de cette façon toutes les causes de perturbation qui pouvaient provenir de l'ordre de succession des excitations, et, par suite, de l'exercice et de la fatigue.

Pour apprécier l'influence de la surface, je n'entre pas dans le détail des réponses positives, sur lequel je reviendrai d'ailleurs plus tard, quand j'étudierai les caractères et les formes des sensations de pression : je me borne à compter les réponses négatives, c'est-à-dire les cas où les sujets ont déclaré n'avoir pas de sensation. Dans ces conditions, pour les surfaces de 0,45 et de 0,15,

le premier groupe de deux sujets a donné 17 et 13 réponses nulles				
le deuxième	—	—	8 et 23	—
le troisième	—	—	14 et 26	—
le quatrième	—	—	12 et 19	—
ce qui fait au total.....			51 et 81	sur 200 dans chaque cas

Ainsi, le nombre des réponses nulles a été notablement plus élevé dans le cas où la surface de pression était seulement la neuvième partie de ce qu'elle était dans l'autre cas, et ce rapport s'est conservé chez trois groupes de sujets, et, dans le détail, chez 6 sujets sur 8. Quant aux deux autres sujets, qui se sont trouvés par hasard former le premier groupe, ils ont donné, l'un 13 réponses nulles pour la grande surface, et 10 pour la petite, l'autre 4 et 3 réponses nulles, c'est-à-dire des nombres très voisins pour les deux surfaces. Je ne m'attendais pas à ce résultat : je pensais plutôt, d'après des remarques faites antérieurement au hasard des expériences, que les deux surfaces donneraient des proportions sensiblement égales de réponses nulles. Il se trouve que la proportion des réponses nulles est plus forte pour la surface la plus faible : c'est le contraire de ce qui aurait dû se produire si l'hypothèse de von Frey sur la répartition des pressions par rapport aux surfaces avait été vraie. Cette hypothèse est peut-être vraie pour les grandes surfaces,

de l'ordre de 3 à 8 millimètres carrés, mais elle ne l'est pas pour les petites surfaces, pour celles qui sont, comme dans l'expérience présente, de l'ordre de 18 à 159 millièmes de millimètre carré.

Je ne conclus pas de là que la technique de von Frey soit à rejeter complètement, ni que tous les résultats qu'il a obtenus soient faux : je pense, au contraire, que la plupart des résultats qu'il a publiés doivent être considérés comme acquis, mais ses mesures de seuil, en gr/mm ou gr/mm^2 , doivent être abandonnées. Si donc on veut appuyer une recherche sur des mesures de seuils, il faut refaire ces mesures, soit par la méthode que j'ai indiquée, soit par une méthode meilleure. Ou bien, si l'on ne dispose que de mesures établies suivant la méthode de von Frey, il faut les interpréter avec une extrême prudence.

Enfin, au point de vue de la technique à suivre pour continuer les recherches, il est évident que, sauf pour étudier de plus près l'influence de la surface de pression, on ne doit comparer ensemble que des résultats obtenus avec des surfaces de pression égales, ou sensiblement égales. Mais, sous cette réserve, on peut employer sans inconvénient des surfaces allant jusqu'à un millimètre de diamètre, et peut-être même des surfaces encore plus étendues.

§ 2. DENSITÉ ET POSITION DES POINTS DE PRESSION

Nous avons vu que Blix avait cherché à déterminer la position des points de pression, comme il avait déterminé celle des points froids et des points chauds. Nous savons aussi qu'Aubert et Kammler avaient remarqué que les poils jouent un rôle important dans la production des sensations de pression. Mais la recherche des points de pression fut faite d'abord par un tâtonnement méthodique. Ainsi von Frey a exploré sur lui-même, au moyen de ses crins, plusieurs régions de la peau. Si l'on presse ainsi successivement, de

millimètre en millimètre, les points d'une région que l'on a délimitée, si la pression n'est ni trop forte, ni trop faible, on trouve qu'un petit nombre de points seulement donnent lieu à la sensation de pression. Si la pression est trop forte, elle déprime la peau sur une surface étendue, et l'on obtient la sensation sur tous les points : il convient alors de diminuer la pression. Si elle est trop faible, elle ne produit la sensation nulle part : il convient alors d'employer une pression plus forte. Enfin, si l'on a obtenu la sensation que j'appellerai typique et avec laquelle on se familiarise vite, pour un petit nombre de points, et surtout si ces points apparaissent comme des surfaces très étroites, on peut être certain que l'on a déterminé exactement la position des points de pression de la région, ou du moins de la plupart d'entre eux. Il va de soi que, quand on a trouvé un point sensible, il faut tout de suite le marquer à l'encre.

Toutefois cette recherche n'est pas sans difficultés. Ainsi Goldscheider, qui employait une technique plus simple que celle de von Frey, puisqu'il se bornait à exercer sur les points de la peau des pressions très légères, au moyen d'une aiguille, ou d'une pointe de bois ou de liège, en réglant au besoin la pression par un ressort, a pu dresser de cette façon des cartes des régions qu'il explorait. Mais il a toujours regardé ces cartes comme incomplètes, et, quand il les a faites plusieurs jours de suite pour une même région, il a obtenu des résultats qui ne concordaient que d'une façon imparfaite (1). Plus tard, pour faire la recherche, avec les crins de von Frey, dans la région sans poils du poignet, Kiesow employait une loupe de 8 cm. de distance focale, qu'il gardait constamment devant l'œil droit, et, pour marquer d'abord les points à l'encre ordinaire, puis, quand il pensait avoir dissipé tous les doutes sur la position d'un point, pour le marquer à l'encre d'aniline, il tenait les porte plumes dans la main gauche afin d'être prêt à les utiliser aussitôt qu'il avait vu la position.

(1) *Gesammelte Abhandlungen*, I, p. 188-190. (Ce travail a été publié pour la première fois en 1885).

Même en prenant ces précautions, l'exercice est indispensable pour acquérir la sûreté nécessaire, et Kiesow ajoute que, dans une région délimitée de la peau, on ne trouve pas tous les points dès le premier jour, et qu'il lui est arrivé de ne découvrir certains points que le quatrième ou le cinquième jour (1).

Maintenant cette technique est simplifiée d'une façon considérable quand on expérimente sur les régions de la peau qui sont pourvues de poils, parce que, comme l'a montré von Frey, on trouve un point sensible dans le voisinage de chacun des follicules. Si donc on veut simplement observer les sensations au point de vue psychologique, ou même si l'on se propose d'en déterminer le seuil, on peut se borner à faire agir les excitateurs au-dessus de la couronne nerveuse des follicules, c'est-à-dire un peu en arrière des points où les follicules sortent de l'épiderme.

Aussi quand von Frey a posé la question de savoir quelle est la densité des points sensibles dans les diverses régions de la peau, il s'est en général borné, pour les régions pileuses, à compter les poils. Voici les résultats qu'il a obtenus (2).

Régions de la peau	Surface explorée (en cm ²)	Nombre de poils	Nombre de poils par cm ²
Bras, face intérieure.....	1	16	16
Avant-bras, milieu bord radial de la face dorsale.....	1	26	26
Dos de la main, entre le 3 ^e et le 4 ^e métacarpe	1	22	22
Doigt majeur, 1 ^{re} phalange, face dorsale.	1	79	79
Cuisse, tiers inférieur, bord médian de l'extenseur	0,88	13	14,8
Genou.....	8	180	22
Jambe, mollet.....	1	9	9
Autre région de la jambe.....	9,74	99	10

Cette recherche a été continuée par un collaborateur

(1) *Philosophische Studien*, XIX, p. 270.

(2) *Untersuchungen*, p. 221

Régions	Nombres moyens des points par cm ²	Valeurs extrêmes de ces nombres
Poignet gauche, face interne (région sans poils).	28,53	12 — 44
— face dorsale, milieu.....	28	24 — 30
— région de l'apophyse styloïde du cubitus	20,5	14 — 25
Poignet gauche, surface radiale (au dessus du radius).....	25,75	18 — 33
Avant-bras gauche, milieu de la face interne.	16,08	10 — 22
— — partie supérieure de la même face.....	9,25	2 — 14
Pli du coude	12,17	7 — 19
Bras, milieu de la face interne.....	9,33 10,19	7 — 14 8 — 15
Pied, face dorsale	23,75	22 — 26
Jambe, milieu de la face antérieure	5 — 5,6	—
— mollet.....	5,8	—
Genou, milieu.....	8	5 — 10
Cuisse, face antérieure, environ 1 cm du genou.	14,38	10 — 22
Poitrine, ligne médiane, hauteur du 2 ^e espace intercostal.....	19,25	16 — 23
Poitrine, ligne médiane, hauteur du 4 ^e espace intercostal	21,75	20 — 24
Poitrine, ligne médiane, hauteur du 5 ^e espace intercostal	24,75	22 — 28
Poitrine, ligne axillaire médiane gauche, hau- teur du 5 ^e espace intercostal.....	20,75	19 — 22
Poitrine, ligne axillaire médiane gauche, à mi- distance du processus xiphoïde et de l'ombilic.	16,25	15 — 18
Dos, ligne médiane, hauteur de la 7 ^e vertèbre cervicale	31,75	24 — 36
Dos, ligne médiane, hauteur de la 3 ^e vertèbre dorsale.....	23,75	21 — 29
Dos, ligne médiane, à la hauteur de la ligne qui passe par l'épine iliaque antérieure su- périeure.....	15,67	11 — 20

de von Frey, Kiesow, qui a exploré minutieusement, au moyen des crins, un grand nombre de régions de la peau. Voici, au point de vue de la densité des points, les résultats qu'il a obtenus (1). (Voir Tableau p. 40)

Il faut ajouter que ces statistiques sont approximatives. Kiesow remarque que, ayant fait la recherche dans une région de la face interne du poignet, région qui est dépourvue de poils et où les organes sont des corpuscules de Meissner, il trouva 33 points sur une première surface d'un centimètre carré, 21 sur une deuxième, 31 sur une troisième, 23 sur une quatrième, soit au total 108 points, c'est-à-dire 27 par cm^2 . Ayant refait la même recherche sur la même région après quelques semaines, il trouva des nombres de points légèrement différents : 35, 21, 29, 20, soit, au total 105, ou 26,25 par cm^2 . Il attribue cette différence dans les résultats à ce que les régions explorées dans les deux circonstances ne peuvent pas avoir coïncidé d'une façon rigoureusement mathématique. Cela est probable, mais il reste vrai que la détermination de la densité des points est toujours affectée d'erreurs possibles, comme d'ailleurs toute détermination quantitative (2).

Quant aux régions de la peau qui sont dépourvues de poils, et spécialement quant à la face palmaire de la main et des doigts, voici ce qu'en dit von Frey (3). Il rappelle d'abord que, à la face interne du poignet, il a trouvé de 12 à 41 points par cm^2 , et ajoute que la densité croît à mesure qu'on s'approche de la paume. Sur la phalange terminale du pouce, à la face palmaire, il a pu compter 14 points dans une surface de 12,6 mm^2 , 17 dans une surface égale et placée plus près de l'extrémité, enfin, toujours dans une surface égale, 15 sur le métacarpe du petit doigt, ce qui donne par centimètre carré, pour la première de ces trois régions 111 points, pour la

(1) Voir *Philosophische Studien*, XIX, 260 sqq (1902); *Z. f. Ps. u. Ph. d. S.* XXXV, surt out p. 245 (1904).

(2) KIESOW, — Ueber Vertheilung und Empfindlichkeit der Tastpunkte. *Phil. Stud.*, XIX, p. 272.

(3) *Untersuehungen*, p. 25

deuxième 135, et pour la troisième 119. Le grand nombre des points, ainsi que l'épaisseur et la dureté de l'épiderme, rendent déjà dans ces régions la séparation difficile, et il en est de même, et à un plus haut degré, pour la pulpe des doigts : c'est pourquoi von Frey n'a même pas essayé d'y compter les points.

Mais il est facile de s'assurer avec les crins, comme a fait von Frey, ou avec des pointes fines de bois, que les points sensibles sont plus denses à la pulpe des doigts que partout ailleurs. Par exemple, en employant une pointe de bois, dont le diamètre est de 6 dixièmes de millimètre, et qui, avec la rondelle de liège fixée à l'extrémité supérieure de la tige, pèse 90 milligrammes (1), j'ai trouvé, chez moi, que tous les points de la pulpe des doigts donnent naissance à une sensation. Pourtant la sensation n'a pas partout le même caractère : quelquefois elle se produit d'une façon rapide, et elle ressemble parfaitement à la sensation que l'on obtient en pressant directement la couronne nerveuse d'un poil ; quelquefois c'est une sensation de chatouillement ; souvent la sensation est retardée, quelquefois enfin la sensation ne se produit pas à l'application, mais seulement à l'enlèvement. Ces différences prouvent que les points sensibles de la pulpe ne sont pas impressionnés de la même façon, probablement parce que les organes ne sont pas situés à la même distance de la surface. En tout cas, la densité des organes est plus grande là que partout ailleurs.

Cette densité a d'ailleurs été déterminée par Meissner, qui a trouvé dans un millimètre carré de la face palmaire :

sur la 3 ^e phalange.....	21 corpuscules
sur la 2 ^e phalange.....	8 corpuscules
sur la 1 ^e phalange.....	3 corpuscules
sur le métacarpe du petit doigt..	1 à 2 corpuscules

Ce dernier nombre correspond bien avec le nombre de

(1) C'est-à-dire, selon les méthodes de calcul de von Frey, environ 0,3 gr./mm., ou 0,32 gr./mm².

points sensibles que von Frey a trouvé (15 sur 12,6 mm², c'est-à-dire 1,19 par mm²).

On aimerait savoir aussi quelle est la densité des points sensibles sur les muqueuses. Les recherches de Kiesow montrent que, dans la cavité buccale, il existe des points sensibles à la pression, mais ils sont d'une faible densité (1).

Malgré le caractère nécessairement incomplet et approximatif de ces déterminations, on peut remarquer que la densité des points sensibles est à son maximum aux extrémités des membres, surtout des mains, puis décroît vers la région moyenne des bras et des jambes, pour recommencer à croître sur le tronc.

Au sujet de la position des points sensibles, le fait le plus important est que, dans les régions pileuses, on trouve un point sensible au voisinage de chaque follicule, un peu en arrière du point où le follicule sort de la peau et dans une direction opposée à celle suivant laquelle il s'incline. Cette relation anatomique du poil avec le point sensible est mise en lumière d'une façon nette si l'on presse la peau au dessus de la gaine du poil, avec une aiguille par exemple : on voit alors l'extrémité du poil se soulever (2).

On peut donc considérer comme établi que chaque poil du corps est lié ainsi à un point qui est sensible à la pression. Il faut remarquer toutefois qu'il arrive que deux poils sortent de l'épiderme au même endroit, et qu'il n'est pas possible de savoir s'ils correspondent à un point de pression unique ou à deux points très rapprochés.

Il faut remarquer encore que l'on trouve aussi des points de pression dans des endroits où l'on ne voit pas de poils (3). Von Frey, en explorant cette région étendue du mollet où il a trouvé 99 points sensibles dans 9,74 cm², y a reconnu la présence de trois points sensibles auxquels il ne correspon-

(1) KIESOW, *Phil. Stud.*, XIV, p. 567 ; KIESOW et HAHN, *Z. f. Ps. u. Ph. d. S.*, XXVI, p. 383 ; KIESOW, *Z. f. Ps.*, XXXIII, 424.

(2) VON FREY, *Unters.*, p. 222.

(3) VON FREY, *Unters.*, 223 et 232-3 ; KIESOW, *Phil. Stud.*, XIX, 273-4.

dait pas de poils. Kiesow, après avoir trouvé, sur le milieu de la face interne de l'avant-bras gauche, 64 points sensibles dans un cercle de 4 cm², a examiné la région avec l'aide d'un ami, pendant trois jours de suite, à la lumière naturelle et à la lumière artificielle et en employant les plus fortes loupes, et il a trouvé que, sur 7 points, il était impossible de découvrir un poil. Bien que de pareilles recherches puissent toujours être affectées d'erreurs, il semble certain que, même dans les régions pileuses, il existe un petit nombre de points qui doivent leur sensibilité à des organes autres que les poils. D'ailleurs l'histologiste Krause, étudiant une surface de 330 mm² dans cette région de la face interne de l'avant-bras, y a trouvé un corpuscule de Meissner par 35 mm² (1).

Quant aux régions glabres de la peau, et spécialement quant à la face palmaire des mains et des pieds, c'est l'observation des histologistes qui nous donne, jusqu'à présent, les plus sûres informations. Meissner a trouvé que les organes auxquels on a donné son nom, et qui sont certainement des organes de sensation de pression, sont situés à l'intérieur d'une partie des papilles : mais nous allons maintenant retrouver ces faits d'une façon plus explicite en étudiant les organes.

§ 3. LES ORGANES

J'ai déjà traité par anticipation une partie de cette question, à propos de la position des points sensibles dans les régions pileuses, et à propos de la densité des points dans les régions non pileuses. Mais il est bon d'examiner maintenant d'une façon méthodique les faits qui nous font

(1) KÖLLIKER, *Handbuch der Gewebelehre der Menschen*, 6^e éd., I, 183 (cité par Kiesow, *Phil. Stud.*, XIX, 274).

connaître la nature des organes dans ces deux espèces de régions, et, ensuite, de voir s'il n'existe pas d'autres organes encore pour les sensations de pression. Disons tout de suite que les informations les plus précises et les plus sûres résultent de la concordance entre les observations des histologistes et les résultats de l'expérimentation psychophysique. Mais il n'est pas toujours possible d'obtenir cette concordance : on est alors réduit à des hypothèses, ou même à un aveu d'ignorance.

Les histologistes distinguent aujourd'hui les origines et les terminaisons des nerfs : ils réservent le nom de terminaisons pour la forme arborescente que prennent les nerfs moteurs au point où ils aboutissent aux fibres musculaires et où ils déterminent les mouvements, et ils appellent origines les arborescences périphériques des nerfs sensitifs. Mais ces dénominations récentes concordent mal avec le vocabulaire des vieux histologistes, de ceux qui, dans la seconde moitié du XIX^e siècle, ont fait les découvertes les plus importantes sur les organes sensoriels : c'est ainsi qu'ils parlent de terminaisons libres, de bulbes terminaux, pour désigner des organes que les histologistes contemporains appellent des origines. Comme ce sont là des dénominations consacrées par l'usage, on est obligé de les conserver : l'essentiel est de savoir ce qu'elles désignent.

Or les formes anatomiques qui constituent les extrémités périphériques des nerfs sensitifs sont passablement variées et la fonction n'en est pas toujours connue d'une façon précise. Toutefois, en ce qui concerne les sensations de pression, il est deux espèces d'organes auxquels on peut les rattacher avec certitude : ce sont les corpuscules de Meissner et les couronnes nerveuses des poils. Mais il est beaucoup d'autres espèces de corpuscules nerveux, que leur structure semble désigner pour fournir des sensations tout à fait semblables, et dont cependant la fonction précise ne peut être indiquée que sous réserve, ou même ne peut pas du tout être indiquée.

Nous allons maintenant relever les informations histolo-

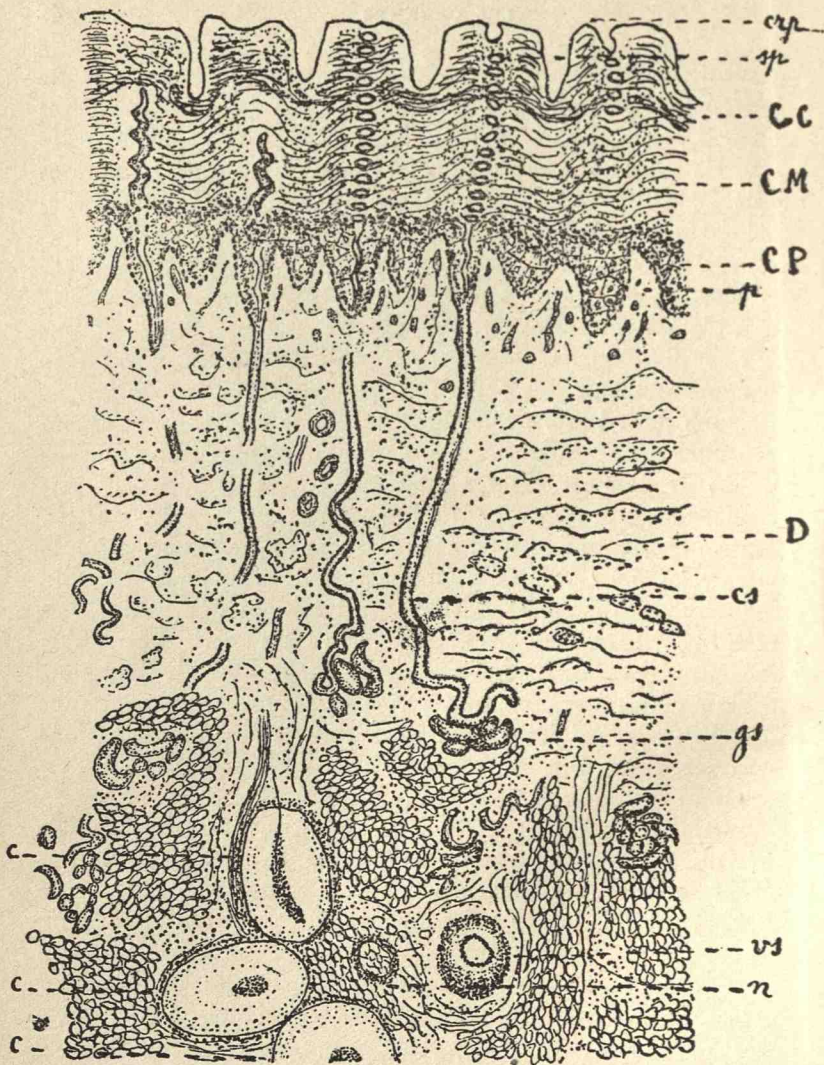


FIG. I. — Coupe d'ensemble de la peau. (D'après DARIER).

CC. Couche cornée de l'épiderme ; *crp*. crête papillaire ; *sp*. sillon papillaire
 CM. Couche muqueuse de l'épiderme ; CP. Couche papillaire du derme ; *p*.
 papille ; D. Derme ; *gs*. glande sudoripare ; *cs*. canal excréteur ; *vs*. vaisseau
 sanguin ; *n*. nerf ; *c, c, c*. corpuscules de Pacini.

giques qui sont susceptibles de nous aider à reconnaître les sensations élémentaires de pression (1). Nous examinerons ensuite les faits physiologiques et psychologiques qui nous autorisent à affirmer que les deux espèces d'organes qui viennent d'être indiquées nous fournissent bien des sensations de pression, mais que des sensations de même espèce nous viennent aussi d'autres organes, dont la fonction reste mal connue.

La peau (Fig. 1), aussi bien dans les régions non pileuses que dans les régions pileuses, est formée de deux parties superposées : l'épiderme et le derme.

L'épiderme, à son tour, comprend, en allant du dehors au dedans : 1^o une couche cornée, que les histologistes subdivisent encore en une pluralité de couches ; 2^o une couche muqueuse, ou de Malpighi, dans laquelle on a trouvé des éléments nerveux.

La couche cornée de l'épiderme est munie de saillies, que l'on appelle les crêtes papillaires, et qui sont séparées par les sillons interpapillaires. Ces particularités de conformation de l'épiderme doivent être signalées parce que, à ce que nous apprend Meissner (p. 2), les crêtes correspondent à des groupes de papilles rangées en séries régulières, tandis que les sillons correspondent à des espaces vides qui séparent ces séries de papilles. Par ailleurs, la couche cornée de l'épiderme ne contient ni éléments nerveux, ni vaisseaux sanguins : elle est seulement traversée par les canaux excréteurs des glandes sudoripares, qui s'ouvrent par des orifices ou pores au sommet des crêtes papillaires. Quelques-uns de ces orifices livrent passage aux poils.

La couche muqueuse nous intéresse à un double titre. D'abord elle contient des organes nerveux qui appartiennent

(1) Pour tout ce qui suit, j'ai utilisé principalement : POIRIER et CHARPY, *Traité d'anatomie humaine* ; BRANCA, *Précis d'Histologie*, 3^e éd. ; KÖLLIKER, *Eléments d'histologie humaine*, 2^e éd. française ; MEISSNER, *Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Haut* (1853) ; RUFFINI, Sur les expansions nerveuses de la peau, *Revue générale d'histologie*, tome I, fasc. 3 (1905) ; LEFÉBURE, Les corpuscules de Wagner-Meissner, *ibid.*, t. III, fasc. 11 (1909).

nent au type des terminaisons libres, et que nous retrouverons en étudiant les sensations de piquûre. De plus, la face inférieure est garnie de bourgeons qui prennent place entre les parties saillantes du derme ou papilles. « Le derme et l'épiderme entrent ainsi en rapport par des surfaces munies de saillies : les saillies du derme superficiel alternent avec les saillies de l'épiderme profond ; il y a là un véritable engrènement » (1).

Parties du corps	Mesures prises en regard	Couche cornée		Couche muqueuse		Totalité de l'épiderme	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Front	des papilles	21	23	37	64	58	87
	de l'espace interpap.	22	33	42	82	64	115
Joue	des papilles	30	40	50	65	80	105
	de l'espace interpap.	35	58	54	82	89	140
Dos de la main ..	des papilles	37	58	50	56	88	115
	de l'espace interpap.	42	58	73	73	115	131
Paume de la main	des papilles	425	500	62	150	487	650
	de l'espace interpap.	437	565	100	165	537	730
Pulpe de l'index.	des papilles	687	725	75	150	762	875
	de l'espace interpap.	716	725	100	175	816	900
Région externe de la jambe	des papilles	25	42	21	58	46	100
	de l'espace interpap.	33	50	33	88	67	138
Région dorsale du pied	des papilles	29	33	25	42	54	75
	de l'espace interpap.	33	63	54	130	87	193
Région plantaire du pied	des papilles	525	600	75	125	600	725
	de l'espace interpap.	575	625	125	162	700	787
Pulpe du 2 ^e orteil	des papilles	937	1082	75	125	1012	1207
	de l'espace interpap.	1050	1175	87	250	1137	1425

Nous pouvons avoir une idée de l'épaisseur de ces couches de l'épiderme par les mesures ci-contre qu'en a faites Drosdorff (2) sur un homme de 56 ans mort d'hémorragie cérébrale. Les mesures sont en millièmes de millimètre.

(1) BRANCA dans POIRIER et CHARPY, *ouvrage cité*, V, p. 769.

(2) *Ibid.* 770

On distingue dans le derme plusieurs régions qui ne sont d'ailleurs pas délimitées d'une façon aussi nette que les deux couches de l'épiderme, mais qui se continuent en se superposant. La région la plus superficielle est celle des papilles : on l'appelle souvent le corps papillaire, ou la couche papillaire.

En dessous, se trouve le derme proprement dit, ou chorion, que les anatomistes divisent de façons différentes, et qui semble bien former la partie la plus épaisse de la peau, d'une épaisseur d'ailleurs variable, entre un demi-millimètre et deux millimètres environ (d'après Kölliker). Le derme est richement irrigué de vaisseaux sanguins et lymphatiques ; il contient, en plus, des corpuscules de tissu conjonctif, des muscles lisses, des cellules graisseuses, des glandes, les gaines des poils, et enfin des nerfs. Mais il semble bien que, au point de vue des nerfs sensitifs, le derme proprement dit ne soit pas aussi abondamment pourvu que la couche de tissu, que l'on rattache au derme en lui donnant le nom d'hypoderme, et que Ruffini appelle le « pannicule adipeux sous-cutané ». Dans cette région, dit-il, « les fibres nerveuses sensitives s'entortillent et s'entrelacent de diverses façons, et forment un véritable plexus : *le plexus nerveux cutané profond*. » Puis ces fibres se divisent en deux groupes. « L'un d'eux, après un trajet plus ou moins court, s'épanouit dans les organes nerveux propres au pannicule adipeux ; l'autre groupe se porte vers la surface de la peau. Ce dernier, après avoir traversé la partie profonde de la couche réticulaire du derme, gagne presque aussitôt la couche sous-papillaire, où il forme un second plexus : *le plexus nerveux cutané superficiel*. Ce plexus est moins riche que le plexus profond » (1).

Si nous reprenons maintenant ces couches du derme, nous apprenons (de Kölliker, p. 126) que les papilles sont de petites saillies de la surface externe du derme, dont la

(1) RUFFINI, art. cité, p. 246.

forme est généralement celle d'un cône ou d'une verrue, mais qui, en certaines régions, notamment à la paume de la main, se terminent par plusieurs sommets pointus ; on dit alors qu'elles sont composées. Elles ont des dimensions très variables : leur longueur moyenne est de 55 à 100 μ .

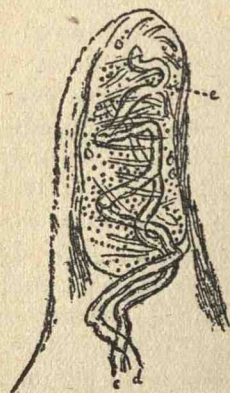


FIG. 2. — *Papille de la face palmaire de l'index, avec un corpuscule.* (D'après MEISSNER).

c, d. les deux fibres nerveuses, dont l'une (*d*) se divise en 2 en deux ou peut-être trois petits rameaux.

Les plus longues ont de 112 à 225 μ : c'est la longueur des papilles de la paume de la main et de la plante des pieds. Les plus petites peuvent descendre à 35 et même à 28 μ , par exemple à la face. Leur largeur mesure ordinairement les trois quarts ou la moitié de leur hauteur.

Dans une partie des papilles, environ dans une sur quatre, Meissner avait trouvé les corpuscules auxquels on a donné son nom : mais depuis les premières découvertes, Ruffini a reconnu des éléments nerveux dans toutes les papilles. Les corpuscules de Meissner (Fig. 2) sont des organes généralement allongés, qui, dans la paume de la main, peuvent avoir de 100 à 180 μ de longueur et 45 à 50 de largeur : ailleurs ils sont plus petits.

Ils peuvent être simples, ou bien composés de deux ou trois lobes superposés. Dans chaque lobe pénètre un nerf qui, après avoir décrit à la surface du corpuscule un trajet sinueux, vient s'épanouir en une arborisation terminale, entre des cellules de nature conjonctive, qui sont empilées les unes sur les autres, à la façon des lamelles d'un gâteau feuilleté. Les rameaux de cette arborisation sont munis de boutons, sphériques ou discoïdes, qui s'étalent entre les lamelles, parallèlement à la surface de la peau (Poirier). La position du corpuscule dans la papille est telle qu'il est généralement très rapproché du sommet de cette dernière,

et que, dans le sens de la largeur, il occupe la moitié ou le tiers de l'étendue de la papille ; quelquefois même il la remplit presque complètement (Köl liker, p. 139).

Depuis les observations de Meissner, on a déterminé d'une façon plus détaillée la structure de ses corpuscules, on en a découvert plusieurs variétés nouvelles, et l'on a reconnu aussi, toujours dans la couche papillaire, plusieurs formes différentes de corpuscules auxquels il semble que l'on doive attribuer une fonction sensitive. Il faut signaler surtout (Fig. 3) les touffes papillaires ou flocules papillaires (*fiochetti papillari*) de Ruffini. « Le fait, dit Ruffini, que certains flocules dérivent des mêmes fibres nerveuses qui se distribuent aux corpuscules de Meissner fait supposer qu'entre ces deux formes il existe une parenté fonctionnelle. » (art. cité, p. 478). Ces organes sont constitués par une fibre nerveuse qui, après avoir gagné la base d'un cône papillaire, se divise en un nombre plus ou moins grand de ramuscules simulant une arborescence plus ou moins allongée et qui parfois se recourbe vers le sommet de la papille.

Mais les plus importants organes sensoriels qui restent à signaler dans le derme sont les appareils nerveux des poils. Le poil a (Fig. 4) sa racine dans le derme. La racine comprend une partie renflée inférieure, qu'on appelle bulbe. A l'intérieur du bulbe, se trouve une papille. Le bulbe se prolonge ensuite en s'aminçissant pour devenir la tige. Avant de sortir de l'épiderme on trouve une glande sébacée, placée un peu au-dessus du muscle arrecteur (ou redresseur, ou horripilateur).

« Les nerfs sensitifs destinés aux poils proviennent des rameaux nerveux qui se distribuent dans le tégument ex-

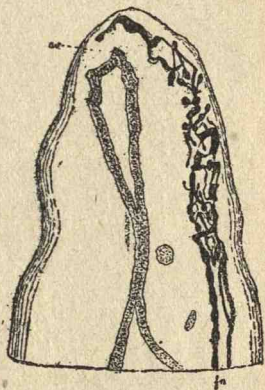


FIG. 3. — Floccule papillaire de Ruffini. (D'après RUFFINI).
fn. fibre nerveuse ; av. anse vasculaire.

terne. Sous la forme de fibres à myéline, isolées ou groupées, ils abordent le follicule au-dessous de la glande sébacée, perdent leur gaine médullaire et traversent la vitrée. A la

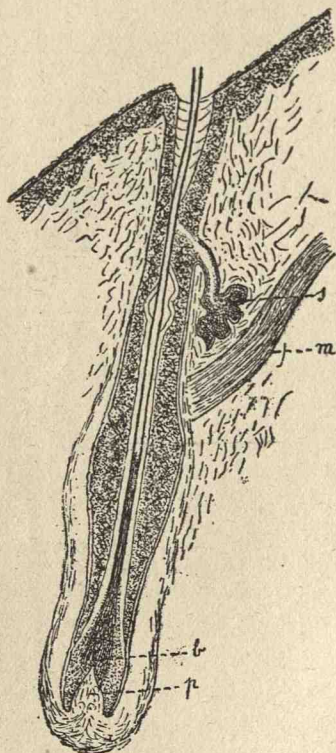


FIG. 4. — Coupe du cuir chevelu dans l'axe du poil. (D'après RAUVIER)

s, glande sébacée ; m, muscle redresseur ; b, bulbe du poil ; p, sa papille.

face interne de cette membrane, ils forment autour du poil des tours de spire, dont l'ensemble dessine une série d'anneaux perpendiculaires au grand axe du poil. De ces anneaux se dégagent des branches longitudinales ascendantes ou descendantes. Ces branches se terminent par des ménisques qui vont

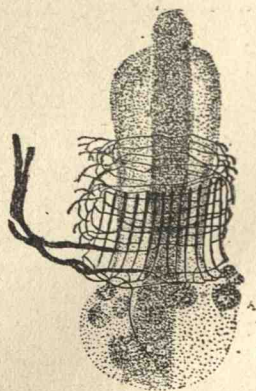


FIG. 5. — Terminaisons nerveuses dans le poil (la couronne nerveuse) (D'après SCZYMONOWICZ).

Les éléments nerveux sont représentés par les lignes pleines.

prendre contact sur certaines cellules globuleuses de la gaine épithéliale externe (Fig. 5) (1).

(1) BRANCA dans POIRIER, p. 921.

Il faut ajouter que, dans la papille du poil (Fig. 6), on a découvert, avec des vaisseaux sanguins, une arborisation nerveuse compliquée, qui doit bien être aussi un organe de sensation (1).

En dessous de cette région, dans les tissus qui forment ce que Ruffini appelle le pannicule adipeux, et au sujet desquels je ne parviens pas à voir si les histologistes les attribuent à la peau ou s'ils les considèrent comme la première couche des tissus sous-cutanés, on trouve d'autres formes de corpuscules nerveux qui sont

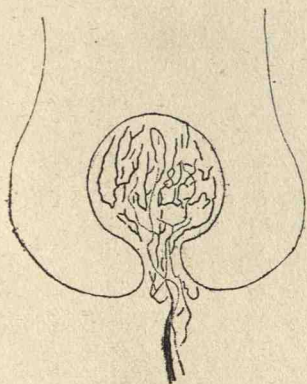


FIG. 6. — *Papille d'un poil.*
(D'après KSJUNIN).

Les lignes pleines à l'intérieur de la papille, représentent les éléments nerveux, les vaisseaux sanguins sont en pointillé.

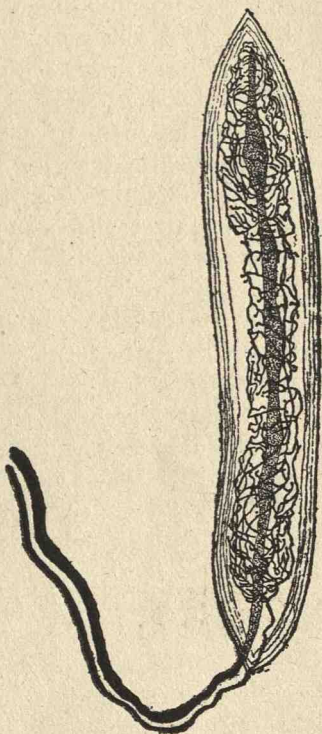


FIG. 7. — *Corpuscule de Pacini.*
(D'après TIMOFFEW).

presque certainement aussi des organes de sensation : on y distingue les corpuscules de Pacini et de Ruffini.

Les corpuscules de Pacini (Fig. 7) sont les plus anciennement

(1) *Ibid.*, p. 921.

connus de tous les organes sensoriels, puisque Vater en a étudié la forme et l'aspect extérieur dès 1741, et que Pacini, en 1840, en a décrit la topographie, la connexion avec les fibres nerveuses, et une partie des caractères histologiques. « Ce sont, dit Ruffini (1), de petits corps de forme ovoïde, possédant par conséquent deux pôles. Par l'un d'eux pénètre la fibre nerveuse myélinique. Leur longueur varie de 1 à 4 millimètres, et leur largeur de 1 à 2 millimètres et plus : ils sont donc visibles à l'œil nu. Quand on dissèque avec précaution un nerf collatéral d'un doigt, ou ses premières ramifications, on les voit attachés à celles-ci par un mince pédicule, qui est leur fibre nerveuse propre. » La structure de ces corpuscules a été étudiée par de nombreux observateurs, qui ont considérablement étendu les informations obtenues par Pacini. Mais ce sont là pour nous des détails qui ne présentent qu'un intérêt indirect, car ils ne nous font pas connaître d'une façon précise la fonction physiologique et psychologique de ces organes. Ce qu'il nous faut retenir de ces découvertes histologiques, c'est que, tandis que les corpuscules de Pacini qui appartiennent au type autrefois décrit, sont relativement peu nombreux, il en existe beaucoup de formes microscopiques parmi lesquelles il faut comprendre les petits corpuscules de Golgi-Mazzoni. Ils furent découverts en 1880 par Golgi dans le tissu conjonctif périendineux et Ruffini les a trouvés en 1894 dans le tissu conjonctif sous-cutané de la pulpe des doigts de l'homme.

En 1891, Ruffini a observé dans la même région sous-cutanée une autre forme de corpuscules auxquels on a donné son nom (Fig. 8), et dont le nombre est grand, peut-être même supérieur à celui des corpuscules de Pacini. Cette forme présente aussi des variétés diverses, et il en existe encore d'autres dans les couches du derme qui séparent la couche papillaire et le pannicule sous cutané.

Enfin, dans les muqueuses, on a trouvé des corpuscules

(1) Article cité, p. 427-428.

de Ruffini dans les lèvres, et, en outre, dans la muqueuse buccale et dans la conjonctive, on a trouvé des corpuscules de Krause. Ces corpuscules ressemblent à ceux de Meissner par l'organisation générale, mais ils sont plus petits, arrondis, et n'ont jamais qu'un seul lobe. En réalité, il n'est pas pos-

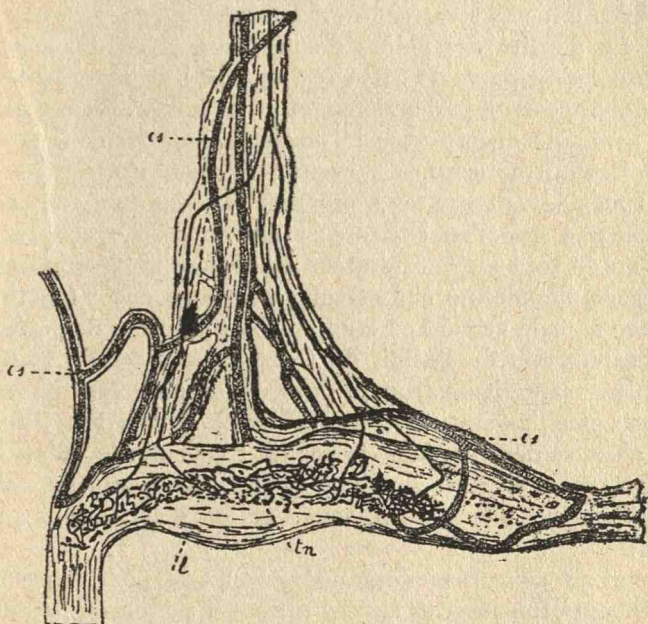


FIG. 8. — *Corpuscule de Ruffini*. (D'après RUFFINI).

cs. capillaires sanguins ; tn. terminaison nerveuse ; l. capsule.

sible de les distinguer toujours des corpuscules de Meissner (Kölliker). Ils ont été découverts par Krause en 1858.

Maintenant, de ces diverses espèces d'organes, il en est deux qui servent certainement à nous procurer des sensations de pression : ce sont les corpuscules de Meissner et les organes nerveux des poils.

En ce qui concerne les corpuscules de Meissner, la preuve résulte de ce que :

1^o La densité des points de pression est exactement la même que celle des corpuscules de Meissner sur le métacarpe du petit doigt : Meissner y a trouvé un peu plus d'un point par millimètre carré, et von Frey y a trouvé 15 points sensibles dans une surface de 12 mm²,6.

2^o La densité des points de pression va en croissant à mesure qu'on passe de cette région à la première phalange des doigts, puis à la deuxième, et enfin à la troisième, et ce fait concorde encore avec la statistique de Meissner.

3^o Les autres organes nerveux des mêmes régions de la peau ne peuvent pas nous procurer les sensations de pression légère que l'on obtient au moyen d'un excitateur à crin ou de tout autre excitateur analogue : les terminaisons libres de l'épiderme ont certainement une autre fonction, comme nous le verrons en étudiant les sensations de piquûre ; les corpuscules de Pacini, de Golgi-Mazzoni et de Ruffini semblent être situés trop profondément pour être impressionnés par l'excitation légère des crins de von Frey, puisque c'est seulement dans la région sous-cutanée qu'on les trouve, mais il reste possible qu'ils nous fournissent des sensations du même genre sous l'action d'excitations plus fortes.

En ce qui concerne les organes nerveux des poils, la preuve qu'ils nous fournissent des sensations de pression résulte d'une observation presque directe : lorsque l'on peut exercer sur la peau une excitation légère, de force convenable cependant, le point de la peau situé au-dessus de la racine du poil, et même, plus précisément, au-dessus du bulbe, est le seul qui nous fournisse la sensation spécifique de pression, exception faite, cependant, pour de rares points interpilaires : il n'est pas possible, par suite, que cette sensation ne provienne pas d'une impression qui ait son siège dans les organes nerveux du poil. Toutefois, depuis que l'on a découvert (1895) les nerfs de la papille du poil, il n'est plus



permis de croire que la sensation de pression provient uniquement de la couronne nerveuse. Les mêmes des figures me porte même à croire que la couronne nerveuse qui entoure le poil doit appartenir au plexus superficiel et par suite à la couche muqueuse de l'épiderme, qui fournit les sensations de piquûre, comme nous le verrons plus loin : la sensation de pression proviendrait de l'organe contenu dans la papille du poil.

Maintenant nous n'avons plus guère que des hypothèses assez fragiles, avec, en plus, les indications fournies par l'expérience de Head.

D'abord, il y a des régions qui nous donnent des sensations de pression et qui sont en dehors de la peau : ce sont certaines muqueuses, et spécialement celles des parties dures du palais, la muqueuse des lèvres et le bout de la langue. D'après Kiesow, la sensibilité de ces deux dernières régions est de 15 à 20 fois plus grande que celle du bout des doigts (*Zts f. Ps.*, XXXV, 248). Or, les corpuscules tactiles de Meissner, et aussi ceux de Krause, existent bien dans ces régions, mais y sont très peu nombreux : ou bien on en trouve quelques-uns dans une région et pas du tout dans une autre. En revanche, ce que l'on trouve dans ces régions et en grande abondance (*Kiesow, Z. f. Ps.* XXXIII, 433 et suiv. ; XXXV, 252) ce sont des *flocules papillaires* de Ruffini. A l'intérieur d'une papille de la partie rouge de la lèvre (d'un chat, mais il y a toutes raisons de croire qu'il en est de même chez l'homme) Fusari a vu un filet nerveux se ramifier en des branches nombreuses et qui prennent la forme d'un flocon de fils entremêlés. Ce sont des organes de même type que ceux que Ruffini a découverts dans l'hypoderme. Kiesow pense que ce sont là les organes qui donnent aux muqueuses dont nous nous occupons leur sensibilité exceptionnelle. Les corpuscules de Meissner et les bulbes terminaux de Krause, qui existent en petit nombre dans les mêmes régions, contribueraient pour leur part à nous fournir des sensa-

tions de pression : il y a doute, cependant, pour les bulbes terminaux (1).

Enfin, une dernière remarque doit être faite au sujet des organes qui nous procurent ces sensations. C'est que ceux dont la fonction est certaine (les corpuscules de Meissner et les organes nerveux des poils, couronnes nerveuses des racines et arborescences des papilles), même si l'on y ajoute ceux dont la fonction n'est que probable (corpuscules de Krause et flocons papillaires de Ruffini que l'on trouve dans les muqueuses buccales), ne sont certainement pas les seuls organes par lesquels nous obtenons des sensations de pression. La preuve résulte sur ce point d'une expérience héroïque pour laquelle un médecin anglais, le docteur Head, a servi de sujet (2).

« Une incision de 16,5 cm. de long fut faite dans la fosse bicipitale externe, le long de la ligne axiale de l'extrémité supérieure gauche ; cette blessure était presque exactement divisée en deux parties égales par le pli du coude. Après avoir retourné la peau, le long supinateur fut agrafé extérieurement, et le nerf radial (ramus superficialis nervi radialis) fut divisé au point où il s'élève en partant du musculo-spiral (*N. radialis*). Une petite portion fut excisée, et les extrémités furent réunies par deux fines sutures de soie. Le nerf cutané externe (*N. cutaneus antibrachii lateralis*) fut aussi divisé à l'endroit où il perfore le fascia. Le nerf fut suturé avec de la soie fine, et la blessure fut fermée par des sutures de soie, sans drainage. Le membre fut placé sur une planchette avec l'avant-bras plié au coude, et la main tout entière fut laissée libre pour l'examen des sensations. La blessure guérit par première intention. »

Cette opération ayant été faite le 25 avril 1903, « on trouva le lendemain que la moitié radiale du dos de la main et la

(1) Voir plus loin, ch. V.

(2) RIVERS et HEAD, A human experiment in nerve division, *Brain*, XXXI, 323-450 (1908). Voir en outre les articles antérieurs sur le même sujet dans le même périodique, tomes XXVIII (1905) et XXIX (1906).

surface dorsale du pouce étaient insensibles à l'excitation de l'ouate (cotton wool), à la piqûre d'une épingle et à tous les degrés du chaud et du froid. Autour de la base de l'index et du majeur se trouvait une petite surface insensible à l'excitation de l'ouate et des crins de von Frey, mais où l'on obtenait une réponse à la piqûre d'une épingle. Aucune sensation n'était évoquée par une manipulation quelconque des poils à l'intérieur des parties affectées sur le dos de la main » (1).

« La surface insensible à l'ouate s'étendait un peu plus loin, dans la direction ulnaire du dos de la main, que celle de l'analgésie cutanée. Entre les deux se trouvait une zone étroite, où une excitation cutanée douloureuse produisait une sensation plus désagréable que sur la peau normale. »

« Le fait le plus frappant, cependant, fut la persistance de la sensibilité profonde sur la totalité des parties affectées sur le dos de la main. La pression avec le doigt, avec un crayon, ou un objet obtus quelconque, était immédiatement appréciée. Toutes les excitations communément employées par les cliniciens pour contrôler la présence du « toucher » étaient appréciées et bien localisées. M. Dean (le chirurgien qui avait fait l'opération), qui n'était pas familier avec nos observations précédentes, dit qu'il aurait pensé que la sensation du toucher était intacte, s'il n'avait pas su que les nerfs avaient été divisés. »

Parmi ces faits, le premier qui soit intéressant pour nous, c'est que, dans une région étroite à la base de l'index et du majeur, on obtient la sensation de piqûre, tandis que l'on n'obtient pas celle de pression par l'ouate, et qu'il en est de même dans une autre région, au bord ulnaire de la surface lésée par l'opération. C'est une preuve, à joindre aux autres, que les filets nerveux dont les origines recueillent les impressions ne sont pas les mêmes pour les sensations de pression et pour celles de piqûre.

(1) Article cité, p. 325.

Mais le fait de beaucoup le plus important est bien celui sur lequel Rivers et Head attirent l'attention : la conservation de sensations de pression d'origine profonde, alors que les sensations de pression d'origine superficielle sont supprimées.

En frottant doucement la peau avec un peloton d'ouate, on ne provoque pas de sensation. Mais si l'ouate, arrangée en bouchon comme pour éponger une plaie, est appuyée sur la peau, la sensation se produit. Un tel peloton d'ouate peut bien être perçu quand on le pose sur la peau ou quand on l'enlève, mais il ne l'est pas si on le pose avec une lenteur suffisante. Si l'on tire un poil de la région affectée par l'opération, il ne se produit pas de sensation, même si l'on soulève ainsi la peau jusqu'à arracher le poil. Mais une pression qui déforme la peau d'une façon à peine visible, si elle agit brusquement comme un choc léger, peut être appréciée. Au point de vue qualitatif, la différence entre la sensation de pression ainsi produite sur la région affectée et celle qui est produite sur les régions intactes est très difficile à saisir, et elle n'est saisie que grâce à des sensations accessoires qui existent dans un cas et font défaut dans l'autre : la sensation causée par la pression d'une tête d'épingle sur la peau normale s'accompagne d'une sensation de froid léger et d'un chatouillement provenant du poil ; ces sensations accessoires n'existent pas quand la tête de l'épingle est appuyée sur la surface affectée, mais la qualité fondamentale de la sensation semble alors rester la même. Dans une autre circonstance, où l'on excitait la peau normale à travers une mince peau de gant en caoutchouc, Head nota que la qualité de la sensation ressemblait à celle qu'il avait éprouvée dans la région affectée. Autrement dit, la sensation de pression légère fournie par la peau normale et la sensation de pression plus forte fournie par la peau affectée sont de même nature. Les observations les plus étendues furent faites sur le dos de la main, parce que la sensation redevint rapidement normale sur l'avant-bras. Mais, pen-

dant le peu de temps où il fut possible de faire des observations, la partie insensibilisée de l'avant-bras se comporta comme celle du dos de la main. La plus forte pression que l'on ait pu mesurer parmi celles qui ne donnaient pas lieu à la sensation sur la région affectée est celle d'un crin de von Frey exerçant une pression de 0 gr. 88 sur une surface dont le rayon moyen était de 110 μ .

* Dans ces conditions, on peut regarder comme certain que les nerfs qui ont été coupés dans cette opération sont ceux qui recueillent les impressions provenant du plexus nerveux superficiel, tandis que ceux qui forment le plexus profond ont été respectés. Et, puisque des pressions fortes, comme celle du doigt ou d'une tige de crayon, ou même des pressions modérées, lorsqu'elles sont exercées directement sur la peau devenue insensible, donnent lieu à des sensations qui ne diffèrent pas qualitativement de celles que provoquent les pressions légères sur la peau normale, nous devons admettre que ces sensations de pression proviennent des corpuscules de Pacini, de Ruffini et de leurs diverses variétés qui se trouvent dans les tissus sous-cutanés. On peut voir presque une preuve directe de cette hypothèse dans le rapprochement de ces deux faits expérimentaux : 1^o « quand la peau était doucement soulevée entre le doigt et le pouce, de façon à former un pli lâche, on la trouvait entièrement insensible, même à une forte pression » ; 2^o quand la peau rendue insensible par l'opération subissait une pression brusque, même modérée, la sensation typique de pression se produisait. Donc, dans ce dernier cas, la sensation provenait d'organes sous-cutanés, et ces organes étaient impressionnés à travers l'épiderme et le derme, ce qui prouve, comme le dit Ruffini a propos de la transmission d'excitations très faibles à travers les couches de l'épiderme, « que la conductibilité cellulaire aux impressions est certainement plus grande qu'on ne le croirait. » (art. cité, p. 531).

En résumé, nous obtenons des sensations de pression par plusieurs espèces d'organes, à savoir d'abord et avec la

plus haute certitude, par les corpuscules de Meissner et par les appareils nerveux qui sont annexés aux poils ; ensuite, et avec une simple probabilité, par les floccules papillaires de Ruffini, tant ceux des papilles que ceux des muqueuses ; puis, avec une probabilité encore grande, par les corpuscules du plexus profond (Pacini, Ruffini et leurs variétés) ; et peut-être enfin, par d'autres corpuscules que les histologistes n'ont pas encore découverts. Mais, en face de cette variété d'organes, il faut remarquer, comme un fait d'une extrême importance, l'identité qualitative des sensations : nous allons nous en occuper un peu plus loin (§ 5).

§ 4. LES CONDITIONS PHYSIOLOGIQUES

Les organes, certains ou problématiques, des sensations de pression, sont de dimensions très faibles, puisque c'est seulement d'une façon exceptionnelle qu'ils sont visibles à l'œil nu. D'autre part, ils ne sont accessibles à l'action expérimentale que d'une façon très indirecte, étant séparés de la périphérie organique par des couches de tissus dont l'épaisseur est variable. Il résulte de là que l'expérimentation physiologique sur ces organes est, dans l'état actuel de nos connaissances et de nos moyens d'action, pratiquement impuissante. Et pourtant nous ne pouvons pas ne pas nous demander quelle est la nature de l'impression nerveuse dont dépendent les sensations de pression, c'est-à-dire quels phénomènes se produisent dans les organes sensoriels en conséquence des pressions qu'ils subissent.

L'hypothèse la plus fréquemment adoptée par les physiologistes est que, à ce point de vue, les sens se divisent en deux groupes : les *sens mécaniques* « ceux dans lesquels l'appareil sensoriel terminal transmet aux nerfs et aux centres nerveux le mouvement qu'il a reçu, sans en modifier appa-

remment beaucoup la forme ». et les *sens chimiques*, « ceux dans lesquels l'épithélium sensoriel éprouve une transformation chimique » (1). Les premiers seraient le sens du tact et le sens auditif.

Au contraire, von Frey soutient (2) que l'impression qui a son siège dans les corpuscules de Meissner ne peut pas être de nature mécanique, mais doit être de nature chimique. Et il suppose que la pression pourrait agir sur le liquide contenu dans les corpuscules en en modifiant les propriétés chimiques à l'égard des nerfs. Il suffirait d'imaginer que la paroi du corpuscule est perméable au liquide dissolvant et ne l'est pas à la matière dissoute.

Cette question n'est pas facile à résoudre. Il est d'ailleurs possible qu'il n'existe pas une impression d'un type unique, mais deux impressions de nature opposée. D'ordinaire, en effet, nous distinguons la sensation qui se produit à la suite de l'application d'une pression, et celle qui se produit à l'enlèvement. Quelquefois même, nous ne distinguons pas la première, et nous distinguons la seconde. On peut donc songer à deux processus antagonistes, du genre de ceux qui constituent les impressions visuelles.

En ce qui concerne la conduction de ces impressions au cerveau, la nature du phénomène est profondément inconnue. Toutefois les physiologistes nous assurent que les cordons postérieurs et une partie des cordons latéraux constituent les voies de la sensibilité tactile (3). De plus, Helmholtz a fait en 1850 des expériences célèbres sur la vitesse de la conduction nerveuse. Il s'agissait de nerfs moteurs de la grenouille. Depuis cette époque, des expériences analogues ont montré que cette vitesse varie beaucoup suivant les nerfs, et surtout suivant les espèces. Elle serait, chez l'homme, de 30 à 40 mètres par seconde, aussi

(1) GLEY, *Physiologie*, 4^e éd., p. 820 (1919).

(2) *Abhandl.*, p. 260.

(3) GLEY, *Physiologie*, 1008. Voir HÉDON, *Physiologie*, 6^e éd., 605.

bien pour les nerfs sensitifs que pour les nerfs moteurs (1).

Enfin, quels que soient les cordons de la moëlle qui conduisent les impressions tactiles, ils aboutissent à l'écorce cérébrale dans la zone Rolandique.

§ 5. L'OBSERVATION PSYCHOLOGIQUE ET LA SENSATION TYPIQUE

Nous arrivons enfin à l'étude psychologique des sensations de pression. Il est certain que l'on peut les décrire, au moins jusqu'à un certain point, c'est-à-dire y distinguer des qualités, les classer en espèces, par l'observation subjective, aidée, à l'occasion, par les moyens objectifs d'information psychologique. La preuve qu'il est possible de faire des déterminations de ce genre, c'est que la conscience populaire les a déjà faites, puisqu'elle a formé des noms pour désigner ce qu'elle appelle contact, pression, écrasement, chatouillement, démangeaison, etc. Je laisse de côté les termes qui, tout en se rapportant à des sensations de la peau, désignent visiblement autre chose que des sensations de pression : ce sont ceux de picotement, piquûre, pincement, coupure, fraîcheur, froid, froid glacial, tiédeur, chaleur, brûlure. D'ailleurs, même parmi ceux que j'ai retenus, il en est encore deux qu'il faut rejeter du vocabulaire des sensations de pression : ce sont ceux d'écrasement et de démangeaison. L'écrasement n'est pas seulement une pression forte, ou le degré le plus élevé de la pression, la pression qui va jusqu'à détruire l'organe ou tout au moins le menacer de destruction, c'est surtout quelque chose de douloureux, et par conséquent il est certain que le fait psychique qui représente dans la conscience l'écrasement d'une partie de la peau contient

(1) Id., *Ibid.*, 1107.

des sensations du type des sensations de piquûre, probablement avec des images douloureuses qui dépassent ces sensations, ordinairement aussi des images visuelles : mais il n'est même pas certain qu'il y existe une seule sensation de pression proprement dite. Quant à la démangeaison, c'est un phénomène différent du chatouillement, et j'aurai l'occasion d'exposer plus loin, après avoir parlé des sensations de piquûre, des observations et expériences qui en déterminent la nature d'une façon très nette, et qui montrent que les sensations de démangeaison sont en fait des sensations de piquûre. Il ne reste donc plus que trois genres de faits auxquels peuvent correspondre les diverses formes des sensations de pression : ce sont ceux de contact, pression et chatouillement.

Celui de ces faits qui est le plus propre à nous faire comprendre les autres, celui qui nous permet de déterminer d'une façon précise la nature de la sensation élémentaire que nous fournissent les points de pression, c'est celui que nous pouvons observer lorsque la pression est exercée sur un organe unique, soit au-dessus de la couronne nerveuse d'un poil, soit sur une crête papillaire pourvue d'un corpuscule de Meissner. Il est facile d'atteindre un organe unique sur le dos de la main ou de l'avant-bras, pourvu que l'on ait déterminé exactement, soit à la loupe, soit à l'œil nu, la position du point qui se trouve au-dessus de la couronne nerveuse du poil : on rencontre le point favorable à environ un millimètre en arrière de l'endroit où le poil pénètre dans l'épiderme. Il est bon de le marquer à l'encre avec une plume assez fine. Le point favorable est un peu plus difficile à atteindre à la face palmaire de la main : les bandes d'épiderme légèrement saillantes qui forment les crêtes papillaires ont coutume d'être étroites (1) et quand on cherche

(1) Sur l'éminence thénar de ma main droite, j'ai trouvé (sur le plâtre) 9 ou 10 crêtes dans 5 millimètres de large, sur la première phalange de l'index, je n'en ai vu que 8 dans la même largeur. Sur la phalange unguéale du pouce gauche, que j'ai trempée dans l'encre et appuyée ensuite sur une feuille de papier, je n'ai pas pu les compter, mais elles m'ont paru plus denses.

à les atteindre avec un crin de cheval ou une fine pointe de bois que l'on tient à la main, on risque de les manquer. En tout cas, qu'il s'agisse d'exciter les couronnes nerveuses des poils ou les corpuscules de Meissner, que l'on emploie un crin de von Frey ou une pointe de bois, il me paraît convenable d'employer une surface de pression qui ait d'un à cinq dixièmes de millimètre de diamètre, environ. De plus, comme il ne s'agit pas ici de déterminer un seuil, mais d'obtenir une sensation bien nette, que l'on puisse observer sans trop de peine, il est bon que la pression ne soit pas trop faible. Comme, d'autre part, il ne faut pas qu'elle soit trop forte, puisqu'elle risquerait alors d'atteindre des points voisins, il me semble bon qu'elle ne dépasse généralement pas 4 ou 5 décigrammes. Il faudra descendre beaucoup plus bas pour atteindre le seuil.

Si donc nous excitons des points dans ces conditions, nous pouvons les manquer, et exercer la pression dans leur voisinage, à une distance plus ou moins grande, soit en atteignant une région vide de points sensibles, soit en atteignant, quand les points sont denses, un point autre que celui que nous avons visé. Il peut arriver aussi que, après avoir touché le point visé, un tremblement léger de notre main entraîne la pointe du crin ou de la tige de bois en dehors du point visé. Dans les deux cas, il faut annuler l'expérience, et la recommencer patiemment jusqu'à ce qu'on atteigne le point visé, et lui seul. Mais, si l'on expérimente avec une patience suffisante, et si l'on élimine toutes les expériences défectueuses, on réussit à obtenir, au moins de temps à autre, la sensation élémentaire de pression dans toute sa pureté. En quoi donc consiste-t-elle ?

Il n'est pas possible de le dire d'une façon complète. Nous rencontrons ici un fait ultime, un fait qu'il n'est plus possible de décomposer, un fait au sujet duquel nous sommes obligés de dire : « Placez-vous dans telles conditions, et vous observerez pour votre propre compte le fait dont je vous parle. » Ce sont ces conditions que je viens d'indiquer

minutieusement, et, si nous les supposons réalisées, je ne puis plus, pour vous faire connaître la nature de la sensation élémentaire de pression, que vous inviter à l'observer vous-mêmes. Si vous étiez incapables de faire l'observation subjective, ou de réaliser les conditions expérimentales, ou si les nerfs de votre peau étaient coupés comme ceux du docteur Head, ou comme peuvent l'être ceux d'un blessé de guerre ou d'une victime d'accident, je ne pourrais pas plus vous faire connaître ce qu'est une sensation de pression qu'on ne peut faire connaître à un aveugle né ce qu'est une sensation de couleur.

Toutefois, en supposant que vous pouvez réaliser l'observation subjective indispensable, il y a lieu de faire, sur la sensation élémentaire que vous saisissez ainsi, certaines remarques qui en décriront les caractères extérieurs, à défaut de la nature intime. Il s'agit au fond, pour le dire tout de suite, de mettre ce fait psychique de la sensation élémentaire en rapport avec d'autres faits : ou, plutôt, il s'agit de reconnaître les rapports dans lesquels la sensation élémentaire se trouve engagée, parce qu'elle n'est à aucun moment un fait isolé dans une conscience vide, ni même un fait isolé dans la conscience d'un observateur.

D'abord, cette sensation, que nous éprouvons par suite de la pression exercée sur un des organes de notre peau, n'est pas quelque chose de purement subjectif. Comme toute représentation, c'est la représentation d'une chose, d'un événement extérieur au moi, et qui, en tant que nous en avons la représentation, s'oppose au moi en même temps qu'il est saisi par le moi. Cela signifie que la sensation n'est pas, comme l'ont supposé certains psychologues, un événement du moi que le moi projetterait ultérieurement hors de lui-même pour créer la chose : la sensation en tant que sensation est objective ; dans la sensation de pression est donnée, en même temps que l'aspect psychique du phénomène, la pression même qui constitue son aspect physique ou son objet empirique.

Mais, même si la sensation est véritablement simple, la chose que nous saisissons par elle n'est pas simple : elle enveloppe, au contraire, suivant la formule de Leibnitz, « une multiplicité dans l'unité. » D'abord, la pression qui constitue l'objet de la sensation est une pression, elle est sentie comme une pression : cela signifie qu'elle n'est pas une piqure, ou une couleur, ou un son, c'est-à-dire qu'elle diffère de ces autres choses physiques qui sont les objets d'autres sensations, et cela signifie aussi qu'elle ressemble à des choses physiques qui sont senties dans d'autres circonstances, que la pression sentie au moyen de tel corpuscule de Meissner ressemble à celle qui est sentie au moyen d'un autre organe du même genre, ou au moyen de l'organe nerveux de tel poil, et de tel autre, — que la pression que je sens aujourd'hui au moyen de tel organe et à la suite de telle excitation ressemble à celle que j'ai sentie hier au moyen du même organe et à la suite de la même excitation, ou au moyen d'un organe différent et à la suite d'une excitation différente, — c'est-à-dire que la pression que je sens se répète dans le monde de l'expérience, et que la sensation que j'en éprouve se répète dans ma conscience. En un mot, la pression est déterminée par la sensation comme étant un phénomène qui appartient à une espèce, ou qui possède une qualité, et cette détermination consiste en ce qu'elle est mise en un rapport spécial, le rapport de qualité, avec d'autres choses semblables ou différentes.

Et il résulte de là une conséquence importante au point de vue de la technique : c'est que, pour pouvoir observer les sensations élémentaires de pression, il faut déjà les connaître, il faut s'être familiarisé avec elles, c'est-à-dire les avoir comparées avec des sensations différentes et avec des sensations semblables. S'il en est autrement, si l'on se met à chercher les sensations élémentaires de pression sans savoir en quoi elles consistent, sans en avoir déjà une image qui empêche de les confondre avec d'autres, on risque de tomber dans des illusions singulières, qui sont du même type

que l'illusion qui consiste, en esthésiométrie, à percevoir deux pointes quand il n'y en a qu'une (1). Au temps où, vers 1905, je me suis occupé pour la première fois de ce genre de faits, je commençai par coller des crins à l'extrémité de poignées de bois, suivant la technique de von Frey, et le hasard fit que la première personne avec qui je les essayai fut une fillette d'une quinzaine d'années. Je l'avertis simplement que j'allais lui toucher la main avec un de mes crins et je lui demandai de me dire quand elle sentirait le contact. Puis je commençai à appliquer un crin passablement faible sur le dos de la main et, sans penser à mal, je fis plusieurs applications à des intervalles réguliers. L'enfant, qui avait les yeux fermés, me répondait chaque fois : « Je sens ». Comme le même crin ne me donnait à moi-même aucune sensation, je fus surpris désagréablement par ces réponses positives et, soupçonnant l'illusion, je suspendis brusquement les applications. Mon sujet continua de me répondre, aux mêmes intervalles réguliers : « Je sens... Je sens... Je sens. » J'arrêtai l'expérience pour ce jour-là, je n'accusai pas l'enfant de négligence, mais je compris que l'illusion paradoxale, dont je m'occupais aussi à cette époque, n'est pas un privilège de l'esthésiométrie (2).

De plus, on parle de points de pression, la pression sentie est dite ponctiforme : mais il ne s'agit pas de points géométriques, il n'existe pas de points géométriques pour la sensation, la pression sentie, au moyen de la sensation élémentaire que nous étudions en ce moment, s'exerce sur une surface, occupe une étendue. C'est une petite étendue, et le nom de point convient parfaitement pour la désigner, pourvu qu'on sache bien qu'il s'agit d'un point senti. Il faut remarquer toutefois que cette étendue n'a pas de forme, c'est-à-dire n'a pas de contours définis. La surface

(1) V. FOUCAULT, *L'illusion paradoxale et le seuil de Weber*.

(2) TITCHENER pense aussi qu'il est utile de familiariser d'abord l'observateur avec la qualité de la pression (*Experimental Psychology*, Vol. I, Qualitative experiments, part. II, p. 92)

de pression possède un centre, qui n'est d'ailleurs pas géométriquement déterminé, mais n'a pas de circonférence. Elle n'est pas cependant quelque chose de vague : elle est, d'une façon très nette, une étendue très petite, et à ce titre elle s'oppose à la surface de pression que l'on sent quand l'excitation agit dans une région vide de points sensibles, mais est assez forte pour se propager à plusieurs points voisins. Dans ce dernier cas, la pression est sentie comme diffuse, d'étendue relativement grande, mais mal définie, comme si la pression était éparpillée et dépourvue de centre. Dans le cas, au contraire, où la pression atteint un organe unique et l'atteint bien, la surface de la pression sentie est nettement petite : Goldscheider donne une idée exacte de son étendue et de sa qualité à la fois en la comparant à la pression que ferait une graine dure enfoncée dans la peau. En tout cas, la sensation typique de pression diffère de la sensation de chatouillement, notamment en ce que le chatouillement est plus étendu.

Voilà donc les caractères principaux de la sensation typique. On les observe aisément en faisant agir, sur les points sensibles situés en arrière des poils, des crins de cheval préparés suivant la méthode de von Frey, ou des tiges de bambou surmontées d'une rondelle de liège ou de sureau. J'ai employé les tiges de bambou avec mes élèves, afin de leur faire observer les faits qui sont aujourd'hui classiques, et je les ai trouvées d'un usage aussi commode et plus sûr que les crins.

Maintenant, les caractères de la sensation typique se modifient d'une façon notable si l'on fait varier la force de l'excitation ou sa durée. Je vais donc envisager successivement ces deux conditions, en prenant, chez les observateurs que j'ai déjà cités, les résultats qu'ils ont obtenus, en discutant à l'occasion leurs opinions, en m'efforçant aussi, autant que possible, de continuer leurs recherches.

§ 6. L'OBSERVATION PSYCHOLOGIQUE (*suite*) : LES FORMES
DE LA SENSATION DE PRESSION

Von Frey distingue la sensation de pression et la sensation de contact. « Si, dit-il, on emploie de petites pressions, on obtient des sensations qui diffèrent suivant les endroits que l'on a choisis. Le plus souvent, on a une sensation très faible, indifférente, disparaissant tout de suite, semblable à celle qui se produit quand on écarte légèrement un poil de sa direction normale. Je désignerai cette espèce de sensation comme la sensation de contact, mais je fais expressément remarquer que je n'y vois pas quelque chose qui diffère essentiellement de la sensation de pression proprement dite. Elle ne se distingue que par sa faible intensité et sa courte durée... Par le renforcement de l'excitation, elle se transforme, sans qu'il y ait de limite précise, en la sensation de pression » (1).

Ce sont bien là les deux espèces principales de sensations que l'on a le plus fréquemment l'occasion d'observer quand on exerce des pressions de force convenable sur les points qui sont sensibles à ce genre d'excitation. Mais, si l'on recueille les expressions qu'emploient les sujets pour décrire leurs sensations, on trouve qu'ils distinguent des nuances beaucoup plus nombreuses, ainsi que des degrés dans la force, la durée ou les caractères spatiaux du phénomène senti. C'est ce que vont montrer les expériences que j'ai faites sur cette question.

Afin d'éviter l'illusion paradoxale, j'ai coutume, quand j'expérimente avec un étudiant qui n'est pas encore habitué à ce genre de recherches, de lui faire acquérir d'abord une image nette de la sensation typique, en lui appliquant à plusieurs reprises, sur plusieurs points sensibles, une pres-

(1) *Abhandl.*, p. 216-7.

sion relativement forte, par exemple de 200 à 500 milligrammes. Ensuite, je commence à faire agir, sur des points pilaires marqués à l'encre, après que la peau a été rasée, des excitations choisies suivant le but de la recherche. Au moment de faire l'application, on avertit le sujet par le signal : attention ! En général aussi, sauf dans le cas où l'on emploie seulement des pressions rapides, on l'avertit par un autre signal, du moment où l'on enlève le poids. La durée de la pression est ainsi, dans les cas ordinaires, d'environ deux secondes. C'est seulement pour étudier l'influence de la durée que j'emploie des pressions très rapides (inférieures à une seconde) et des pressions prolongées (au moins quatre secondes). La région la plus ordinairement choisie est la face dorsale de l'avant-bras, vers le milieu. Très souvent l'expérimentateur est un de mes élèves.

Dans ces conditions, en employant des durées moyennes, une surface de pression de 15 centièmes de millimètre de diamètre, des poids de 170, 132, 112, 56, 44 et 25 milligrammes, et en opérant sur 5 points pilaires de l'avant-bras, j'ai obtenu, d'une étudiante que j'appellerai M^{lle} A., pour 120 applications faites dans une même séance (4 fois chaque poids sur chacun des 5 points), 31 espèces de réponses

1. Pression typique persistante.....	1 cas
2. Pression typique.....	3 —
3. Pression.....	2 —
4. Pression rapide..	1 —
5. Pression légère persistante.....	2 —
6. Pression légère.....	6 —
7. Pression légère à l'enlèvement.....	1 —
8. Pression très rapide	2 —
9. Pression très légère	3 —
10. Effleurement persistant.....	3 —
11. Effleurement plus net	2 —
12. Effleurement plus persistant.....	1 —
13. Effleurement précis.....	1 —
14. Effleurement plus précis.....	3 —
15. Effleurement.....	9 —

16. Effleurement léger.....	4 cas
17. Effleurement léger, mais persistant.....	4 —
18. Effleurement léger, rapide	2 —
19. Effleurement plus rapide.....	1 —
20. Effleurement léger en deux temps	1 —
21. Effleurement à l'application	1 —
22. Effleurement très léger persistant.	1 —
23. Effleurement très léger en deux temps.....	1 —
24. Effleurement très rapide.....	1 —
25. Effleurement très léger.....	9 —
26. Quelque chose à l'enlèvement.....	1 —
27. Moins qu'un effleurement.....	7 —
28. Presque rien	15 —
29. Moins que presque rien.....	1 —
30. Rien ?.....	4 —
31. Rien	27 —

Quelques termes de cette nomenclature ont besoin d'être expliqués. L'adjectif « persistant » signifie que le phénomène, pression ou effleurement, commence à être senti tout de suite après l'application, et qu'il est senti jusqu'à l'enlèvement, sans interruption. « Rapide » ou « très rapide » signifie que la sensation dure peu, ou très peu, mais que le sujet n'a pas dit, et en général n'a pas remarqué, si la sensation s'est produite à l'application ou à l'enlèvement : dans d'autres cas, (7, 21, 26) le sujet précise que le phénomène senti s'est produit à l'application, ou à l'enlèvement, ce qui signifie qu'il n'a pas été senti le reste du temps. Dans certains cas (20 et 23), on annonce un effleurement léger, ou très léger, en deux temps : cela signifie que le phénomène est senti à l'application, et aussi à l'enlèvement, et que, entre ces deux moments, pendant un temps appréciable, il disparaît. Les termes « net » et « précis » ont un sens qui varie un peu avec les sujets : les uns les emploient pour désigner le caractère de la localisation, les autres pour désigner la forme, c'est-à-dire la forme du point, l'étendue très petite, de la surface pressée.

Enfin, les réponses 26 à 29 ont un sens que je crois particulièrement important. Elles désignent un fait que d'autres

sujets expriment en des termes différents, par exemple : « quelque chose », « quelque changement », « une modification légère ». Quand on entend des réponses de ce genre pour la première fois, on est tenté de demander au sujet des explications complémentaires, ou de le pousser à préciser sa réponse. Par exemple, on lui dit : « Vous ne sentez pas un effleurement : alors vous ne sentez rien. » Mais les sujets protestent, ils affirment qu'ils sentent quelque chose, que toutefois l'objet de leur sensation n'est pas déterminé d'une façon précise, que des mots comme effleurement, contact, frôlement, pression, auraient un sens trop fort pour l'exprimer, bref, que les seuls termes qui peuvent traduire leur sensation sont ceux de changement, modification, ou, peut-être d'une façon plus adéquate que tout autre terme, celui de « quelque chose ».

J'ai fait des expériences analogues avec un certain nombre d'étudiants, avec tous ceux qui ont fréquenté le Laboratoire aux époques diverses où je me suis occupé de ces faits, je les ai faites comme sujet, je les ai répétées afin d'obtenir des observations de personnes exercées : j'ai toujours recueilli des collections de réponses analogues à celles que je viens de classer. Quelquefois le langage a été un peu différent : les uns, par exemple, au lieu de parler d'effleurement, parlent de frôlement, les autres de contact ; les uns donnent plus de détails sur la force des pressions, les autres semblent s'attacher de préférence à la durée des sensations ou à la façon dont elles évoluent, ou aux caractères spatiaux ou qualitatifs du phénomène senti. Mais ce sont là des variations secondaires : dans l'ensemble, l'expérience qui m'a fourni les formes de réponses que je viens de classer peut être considérée comme caractéristique de ce que l'on obtient avec des adultes. C'est pourquoi je vais l'employer maintenant pour une première analyse, en complétant à l'occasion les indications d'après d'autres expériences.

Le fait qui me paraît tout d'abord le plus frappant, c'est que les représentations dont nous trouvons ici la description

sommaire contiennent visiblement des éléments intellectuels, à savoir des rapports. Lorsque le sujet déclare qu'il sent une pression légère, c'est évidemment qu'il la compare à une pression forte, c'est-à-dire à la pression typique, et ainsi il établit un rapport quantitatif entre sa sensation actuelle et une sensation antérieure qu'il prend comme terme de comparaison. Lorsqu'il parle d'une pression rapide, ou persistante, c'est un rapport de temps, ou, plus précisément, de durée, qui est contenu dans sa représentation. Lorsqu'il annonce qu'il a senti une pression, ou un effleurement, à l'enlèvement ou à l'application, c'est encore un rapport de temps, mais il s'agit maintenant de la détermination de la partie du temps où s'est produit le phénomène senti, de l'époque à laquelle il a été senti, et nous pourrions dire que le rapport au moyen duquel cette détermination est obtenue est un rapport d'époque, ou de moment, ou de date. Lorsqu'il indique, d'une façon plus ou moins explicite, que le point senti est net, ou précis, le sens de ce terme est généralement que le point senti, qui n'est pas un point géométrique, mais une petite surface, tend à se déterminer en ce qui concerne la forme, ou peut-être la grandeur, et ainsi la représentation contient un rapport d'espace. C'est un autre rapport d'espace qu'elle contient lorsque le sujet désigne par les mots de « net » ou de « précis » le caractère du point senti, et alors le rapport d'espace peut se définir aisément : c'est un rapport de position. Enfin, quand le sujet se borne à nous dire qu'il sent une pression, ou un effleurement, sans rien ajouter qui concerne la quantité, ou le temps, ou l'espace, le langage dont il se sert nous montre pourtant qu'il compare le phénomène actuellement senti avec d'autres phénomènes qu'il a sentis dans le passé, peut-être avec la pression typique, peut-être avec quelque phénomène plus anciennement familier, c'est-à-dire que sa représentation contient encore un rapport, à savoir celui qui consiste à identifier une chose avec une autre comme lui étant semblable, et en même temps à la distinguer d'autres

choses comme en étant différente : on l'appelle le rapport de qualité.

Or, nous verrons plus tard, en faisant l'analyse des perceptions, que les associations de sensations et d'images ne suffisent pas à constituer les perceptions, mais que l'on y trouve en outre des formes d'organisation ou des lois de synthèse, qui sont précisément les mêmes que les rapports que nous trouvons aujourd'hui dans la classification des sensations de pression. Donc les représentations que nous venons de classer sous le nom de sensations de pression sont en réalité des perceptions : ce sont des sensations interprétées, des sensations auxquelles sont ajoutées des représentations qui leur donnent une portée qu'elles ne possèdent pas en elles-mêmes. Il nous faut, par suite, pour déterminer les sensations élémentaires, écarter ces représentations interprétatives. Nous dirons donc que les sensations élémentaires de pression ne contiennent pas les rapports de temps, d'espace, de quantité, que ce sont là des additions intellectuelles, et que la sensation proprement dite est quelque chose de plus simple, de plus humble et de plus pauvre.

Que cette élimination des éléments intellectuels puisse se faire, et non pas seulement par abstraction, mais qu'elle se réalise au moins à quelque degré dans les états psychologiques observables, c'est ce que montrent les expériences. Dans l'expérience de M^{lle} A., nous trouvons des rapports de temps et d'espace en même temps que de quantité et de qualité, c'est-à-dire quatre genres de rapports. Mais dans une autre expérience notablement plus étendue, (11 poids différents, 5 points et 10 applications sur chaque point. Sujet : M^{lle} B.), il n'y a pas une seule réponse qui contienne une indication de temps ou d'espace, les sensations sont définies au point de vue qualitatif par les mots de pression ou d'effleurement, tandis que, au point de vue quantitatif, un grand nombre de degrés sont distingués. On voit par là que le développement de la sensation en per-

ception s'est fait surtout, chez M^{lle} B., dans le sens quantitatif. La même expérience, faite avec un étudiant (M. C), mais avec des pressions rapides, donne au contraire de nombreuses indications sur les rapports de temps. L'examen détaillé des réponses d'une vingtaine de sujets montre qu'ils se divisent en deux groupes principaux, dont l'un classe les sensations presque exclusivement d'après les déterminations quantitatives, tandis que l'autre emploie tout aussi bien des rapports de temps et des rapports d'espace. Les rapports de temps, d'espace et de quantité, ne font donc pas partie intégrante et nécessaire de la sensation : ils s'y ajoutent pour l'interpréter, pour la développer en une connaissance plus riche, et ce développement peut se faire dans des directions différentes, dont le choix dépend de circonstances qui semblent personnelles aux sujets.

En est-il de même du rapport de qualité ? Est-il, lui aussi, contingent et variable ? Il me semble que l'on ne peut pas répondre à cette question autrement que par l'affirmative. Lorsque M^{lle} A déclare qu'elle sent « quelque chose à l'enlèvement », ou bien « moins qu'un effleurement », ou bien « presque rien », la sensation n'est en aucune façon définie au point de vue qualitatif. Il en est de même lorsque M. C. nous dit qu'il sent une « modification », ou même « une modification légère », ou lorsque d'autres sujets, par exemple M. D., annoncent qu'ils sentent « presque rien, quelque changement ». Il n'y a, dans tous ces cas, aucune détermination qualitative, de sorte que la détermination qualitative apparaît, elle aussi, comme une addition intellectuelle faite à la sensation élémentaire proprement dite.

La sensation élémentaire serait donc ce fait mental indéfini, que l'on serait tenté de désigner comme constituant *une pensée sans rapports*.

Telle est du moins la conclusion à laquelle nous conduit l'analyse des expériences. Mais cette formule de pensée sans rapports ne doit pas être prise dans un sens rigoureusement littéral. D'abord, même si la sensation la plus simple est

bien ce qu'elle nous paraît être ici, la représentation de quelque chose qui n'a ni qualité, ni quantité, ni forme, ni position dans l'espace, ni durée, ni position dans le temps, encore faut-il cependant reconnaître que c'est la représentation d'une chose, c'est-à-dire que, à défaut des rapports que nous trouvons dans la perception et dans la pensée rationnelle, la sensation contient le rapport du sujet à l'objet, sans lequel aucune connaissance ne saurait exister. De plus, en fait, l'examen attentif des réponses qui ne contiennent pas un rapport qualitatif aisément saisissable montre qu'elles contiennent souvent un rapport d'un autre genre. Ainsi, quand M^{lle} A sent « quelque chose à l'enlèvement », sa sensation est déterminée par un rapport de moment ou de position dans le temps. Quand elle sent « moins qu'un effleurement », il semble bien que sa sensation se détermine par une comparaison quantitative. Mais il faut peut-être croire que, dans le cas de la « modification », la détermination qualitative n'est pas exclue d'une façon absolue. Ainsi M. C, dans une note explicative, me donne les renseignements complémentaires qui suivent :

« La *modification* est beaucoup plus fugitive (que l'effleurement). L'attention, mise en éveil par l'avertissement de l'expérimentateur, ne saisit d'abord rien, se concentre et arrive à distinguer pendant une durée très courte quelque chose d'extrêmement faible, une sensation insaisissable ». On voit que, dans l'effort qu'il fait pour expliquer ce qu'il entend par « modification », l'auteur de cette observation est amené à utiliser les rapports de durée et de quantité, ce qui est tout naturel, mais il semble que le rapport de qualité n'est pas complètement exclu, que notamment la « sensation insaisissable » que l'on « arrive à distinguer » est quelque chose qui pourrait se définir par sa ressemblance avec les sensations saisissables que l'on observe dans la plupart des cas au cours de la même expérience.

Au reste, je ne prétends pas conclure d'une façon dogmatique sur la nature de la sensation de pression ; j'admets

volontiers que l'on désigne sous le nom de « sensation indéfinie » la modification ou le changement qui apparaît dans les observations comme la forme la plus humble des sensations de pression, et que l'on réserve une expression comme celle de « sensation qualitativement définie » pour désigner la sensation que les sujets appellent pression, effleurement ou contact. L'essentiel est que l'on sache bien qu'il y a là des faits différents, et que ces faits sont, jusqu'à présent, les plus simples que l'on puisse distinguer dans le genre auquel ils appartiennent.

§ 7. VARIATION DE LA SENSATION PAR RAPPORT A LA FORCE DE L'EXCITATION : LE SEUIL

C'est un fait d'observation courante que, si l'on applique sur une région quelconque de la peau, successivement, une série de poids de plus en plus lourds, nous pouvons, ordinairement, nous apercevoir de cette augmentation des poids. Ce fait est d'ailleurs général, nous apprécions l'accroissement, ou la diminution, des intensités lumineuses ou sonores, et aussi les variations des grandeurs extensives, des longueurs, des surfaces, des durées : bref, nous percevons les variations de toutes les grandeurs physiques, pourvu que ces variations ne soient pas trop faibles.

Dès lors, il se pose plusieurs questions, dont la première est de savoir comment il se fait que nous puissions ainsi percevoir les grandeurs physiques. La réponse la plus simple est celle qu'a faite Fechner. « Si, dit-il, (1) un objet nous paraît plus brillant qu'un autre, on dit que la sensation qu'il nous procure est intensivement plus grande ; s'il nous paraît plus grand que l'autre, on dit que la sensa-

(1) *Elemente der Psychophysik*, I, p. 15 (1859).

tion est extensivement plus grande. Ce n'est qu'une affaire de définition. » Et la même conception se retrouve chez Wundt, limitée à l'intensité, mais appuyée par quelques explications. « Que chaque sensation, dit-il, possède une certaine intensité, par rapport à laquelle elle peut être comparée avec d'autres sensations, notamment avec celles de même qualité, c'est un fait d'expérience immédiate. C'est d'après l'intensité des sensations que nous apprécions d'abord la force des excitations sensorielles extérieures » (1). Ainsi nous connaîtrions les variations de l'intensité physique, et par conséquent celles de l'intensité des pressions, par la conscience que nous aurions de l'intensité des sensations correspondantes.

Mais cette idée de l'intensité des sensations, qui a été posée comme un axiome par le fondateur de la Psychophysique, a entraîné tellement de conséquences inacceptables que, après avoir été longtemps conservée, avec ou sans modifications, par beaucoup de psychologues, elle a fini par être abandonnée, même dans le pays où elle était née. C'est ainsi que, dans une discussion sur l'intensité des sensations qui a eu lieu au Congrès international de Psychologie tenu à Groningen en septembre 1926, le rapporteur allemand de la question conclut que l'on ne peut mesurer des intensités que dans le domaine objectif, et que l'intensité est « une propriété des choses » (2). Je ne crois pas utile de revenir ici sur le détail des discussions auxquelles a donné lieu l'idée de l'intensité des sensations : j'en ai fait l'histoire il y a déjà longtemps (3). Je me borne à rappeler que le prétendu axiome de la Psychophysique est en opposition avec toute l'observation subjective, dans laquelle on constate que, quand nous sentons un phénomène physique comme plus ou moins intense, comme fort ou faible, c'est

(1) *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, 5^e éd., I, p. 466.

(2) HEINZ WERNER, Ueber die Intensität der Empfindungen, *VIII th. International Congress of Psychology, Proceedings, and papers*, p. 93 (Groningen, 1927).

(3) *La Psychophysique*, en particulier, p. 161 et suiv. (1901).

au phénomène physique que nous attribuons cette force ou cette faiblesse, ce n'est pas au phénomène psychique. L'idée de l'intensité des sensations a pu séduire beaucoup d'esprits par sa simplicité, mais elle est fausse.

Toutefois, le problème subsiste de savoir par quelle opération psychologique nous apprécions les caractères quantitatifs des phénomènes physiques. En particulier en ce qui concerne les pressions, nous avons vu que les sensations nous fournissent le moyen de les graduer depuis la pression forte jusqu'à l'effleurement léger et même jusqu'à la simple modification, dans laquelle certains observateurs discernent encore des nuances quantitatives. Comment cela peut-il se faire ? De quoi dépend cette appréciation de degrés si nombreux dans l'intensité de la pression sentie ? On pourrait être tenté de chercher dès maintenant une réponse à cette question. Mais je crois qu'il est de bonne méthode de l'ajourner, car elle n'est qu'un cas particulier d'une question beaucoup plus étendue, qui est celle de la perception quantitative. Nous la retrouverons plus tard (1), et je crois que nous la retrouverons dans des conditions plus favorables ; pour le moment, en effet, nous nous occupons des sensations élémentaires, c'est-à-dire de phénomènes qui sont en quelque sorte aux limites extrêmes de la conscience, de phénomènes que nous avons de la peine à saisir, qui sont sujets à être dénaturés par des illusions. Nous avons avantage à reprendre ce problème plus tard, et à l'étudier sur des faits plus stables, sur des perceptions nettement conscientes et susceptibles d'être analysées au moyen de l'expérimentation. Je n'en ai parlé ici que parce que, rencontrant la conception de Fechner sur l'intensité des sensations, je me voyais obligé de la signaler, en raison de son importance historique, et d'expliquer brièvement pourquoi je ne l'accepte pas, tout

(1) Dans le volume de ce cours qui sera consacré aux *Perceptions*.

en reconnaissant l'existence, et l'importance, du problème dont Fechner a donné une solution aussi simple qu'illusoire.

J'ajourne encore, pour la même raison de méthode, un autre problème qui est posé aussi par le fait que nous apprécions la variation quantitative des pressions, comme des autres phénomènes physiques. Cette appréciation, qui est ce que j'appellerai désormais la perception quantitative, est, comme toutes les perceptions, sujette à des erreurs. Ces erreurs, dans beaucoup de cas, sont mesurables (1). Par suite, c'est un problème nouveau de savoir comment les erreurs varient lorsque varient les quantités physiques dans la perception desquelles elles sont commises. Mais la mesure des erreurs n'est passablement facile et sûre que lorsque les quantités perçues sont d'un ordre de grandeur auquel nous sommes suffisamment accoutumés. Les quantités physiques trop fortes risquent de blesser nos organes sensoriels ; les quantités trop faibles nous fatiguent pour d'autres causes, et nous donnent, en même temps, des connaissances très incertaines, comme on le verra tout à l'heure. Or les sensations élémentaires de pression ne se produisent qu'à la suite d'excitations faibles ou très faibles : il est donc, non pas impossible, mais difficile et incertain, d'en mesurer les erreurs. Pour cette raison, nous aurons avantage à nous occuper de la mesure des erreurs, et à chercher la relation des erreurs de perception avec les grandeurs correspondantes d'excitation, lorsque nous ferons l'analyse des perceptions.

Mais il reste un dernier problème, concernant toujours la dépendance des sensations à l'égard de la variation des pressions correspondantes : c'est celui du seuil. Fechner donne le nom de seuil d'excitation à la valeur la plus faible que l'excitation puisse prendre pour qu'il en résulte une sen-

(1) Voir le 1^{er} volume de ce cours, p. 72.

sation. On constate, en effet, que, dans tous les genres de sensations, les excitations très faibles ne sont pas senties. Il existe donc, a supposé Fechner, une certaine valeur de l'excitation au-dessous de laquelle la sensation ne se produit pas, à partir de laquelle elle se produit d'une façon que l'on considère volontiers comme pratiquement constante. C'est cette valeur de l'excitation que Fechner a appelée le seuil, et le seuil joue, dans l'établissement de sa formule logarithmique pour la mesure de l'intensité des sensations, un rôle aussi important que la loi de Weber : en effet, la formule de mesure ne prend la forme logarithmique que si l'on exprime l'excitation en prenant pour unité la valeur du seuil d'excitation (1). On comprend par là que Fechner et ses disciples aient attribué à la mesure du seuil une importance capitale, puisque cette mesure était pour eux l'un des piliers expérimentaux de la Psychophysique (l'autre étant la loi de Weber (2), que Fechner conçoit comme la loi du seuil différentiel). Et l'on comprend encore que, malgré les variations énormes et l'extrême instabilité du seuil, les disciples plus ou moins directs de Fechner aient pris l'habitude de parler du seuil comme d'une valeur relativement fixe, et d'en chercher des déterminations précises, tout en admettant d'ailleurs que l'exercice et la fatigue, et d'autres causes encore, sont susceptibles de modifier les mesures.

C'est ainsi que von Frey a repris le problème de la mesure du seuil pour les sensations de pression. Il a fait les mesures au moyen de ses crins, et il a exprimé les résultats en gr/mm, c'est-à-dire que l'unité est la pression d'un gramme sur une surface circulaire d'un millimètre de diamètre. Si les remarques critiques que j'ai présentées plus haut sur ce mode d'évaluation sont fondées, les nombres que donne von Frey

(1) Pour plus de détails sur la place que Fechner a donnée au seuil dans l'ensemble de ses théories, voir mon livre *La Psychophysique*, principalement 1^{re} partie, ch. V et VI.

(2) Voir aussi *La Psychophysique*, en attendant le cours sur *Les Perceptions*.

ne doivent pas être acceptés comme exacts, et même il est probable qu'ils s'éloignent beaucoup de la vérité ; mais ils ont néanmoins une valeur comparative, et ils peuvent nous donner une idée assez juste des différences qui existent entre les points d'une même région et de régions différentes en ce qui concerne le seuil. Sous cette réserve, voici les résultats que von Frey a obtenus sur la surface de 9 cm² 74 qu'il a explorée dans la région du mollet :

Seuils en gr /mm	Nombres de poils	Points de pression Sans poils	Totaux	Pourcentage
0,5	8		8	11 %
1	39	2	41	56.
2	14	1	15	21
3	6		6	8
4	3		3	4

La moyenne du seuil, pour l'ensemble de la région, serait de 1,44 gr/mm.

Sur la surface sans poils du poignet, il a obtenu une répartition et des pourcentages analogues :

Seuils	Points de pression	Pourcentage
0,5	39	13
1	182	60
2	66	22
3	11	3,5
4	5	1,5

La valeur moyenne du seuil est ici de 1,28 gr/mm. (1)

Kiesow a continué ces recherches de von Frey, et il a fait la détermination du seuil, suivant la même méthode, pour de nombreuses régions de la peau. Voici ses résultats (2). (p. 85). Toutes les valeurs sont en gr/mm.

La raison principale des différences, pour une seule et

(1) M. VON FREY, *Abhandl.*, p. 232 et suiv.

(2) *Zeitschrift für Psychologie*, XXXV, p. 245.

Régions	Seuil moyen	Valeur la plus fréquente	Valeur minima	Valeur maxima
Poignet gauche face interne.....	1,13	1	0,5	2
— face dorsale, milieu.....	1,32	1	0,3	3
— région de l'apophyse sty- loïde du cubitus.....	1,41	1	0,4	3,5
— surface radiale.....	1,23	1	0,5	3
Avant-bras gauche, milieu de la face in- terne.....	1,13	1	0,75	3
Avant-bras gauche, partie supérieure de la même face.....	1,38	1	1	3
Pli du coude.....	1,39	1	0,4	3
Bras, milieu de la face interne.....	1,43	1	0,5	4
Pied, face dorsale.....	1,27	1	0,4	2,5
Jambe, milieu de la face antérieure.....	2,16	2	0,75	5
— mollet.....	1,45	1	0,4	3
Genou, milieu.....	2,2	2	0,75	4
Cuisse, face antérieure environ 1 cm du genou.....	1,86	2	0,5	4
Poitrine, ligne médiane, hauteur du 2 ^e espace intercostal.....	1,55	1	0,5	2,5
Poitrine, ligne médiane, hauteur du 4 ^e espace intercostal.....	2,7	3	1	4
Poitrine, ligne médiane, hauteur du 5 ^e espace intercostal.....	3,47	3	2	5,5
Poitrine, ligne axillaire médiane gauche, hauteur du 5 ^e espace intercostal.....	3,23	3	1	5
Poitrine, ligne axillaire médiane gauche, à mi-distance du processus xiphoïde et de l'ombilic.....	2,4	2	1	4,5
Ventre, ligne blanche à mi-distance entre l'ombilic et la symphyse pubienne.....	4,07	4	2,5	6,5
Dos, ligne médiane, hauteur de la 7 ^e ver- tèbre cervicale.....	1,58	1	0,75	3
Dos, ligne médiane, hauteur de la 3 ^e ver- tèbre dorsale.....	4,3	4	2	7
Dos, ligne médiane, à la hauteur de la ligne qui passe par l'épine iliaque an- térieure supérieure..	1,93	2	0,75	4

même région, semble être, d'après Kiesow, que les organes diffèrent par la grandeur, ou bien par le degré d'évolution, et peut-être aussi qu'ils sont situés à des profondeurs différentes. Peut-être aussi faut-il tenir compte des différences morphologiques. Quant aux différences de valeurs du seuil pour les différentes régions, elles proviendraient, en outre des causes précédentes, des variations d'épaisseur de l'épiderme (1).

Ces mesures, qui représentent un travail considérable, nous montrent donc combien les seuils varient. Mais ils varient même encore plus que l'on ne pourrait le croire d'après les tableaux de von Frey et de Kiesow.

D'abord, von Frey a trouvé que les points de pression sont très sensibles à la fatigue locale. Si l'on excite un même point plusieurs fois de suite, on est vite obligé d'employer des excitations plus fortes pour obtenir une sensation, c'est-à-dire que le seuil s'élève. Mais, si l'on cesse ensuite de l'exciter, il revient vite à son état normal (2). J'ajoute que ce relèvement du seuil qui manifeste la fatigue locale peut être considérable. Au cours d'une expérience récente où j'employais des pressions de 175 mgr., avec deux surfaces différentes, que l'on faisait agir successivement sur un même point, en prenant la précaution d'impressionner ainsi deux points différents l'un après l'autre, dans l'espoir d'éviter la fatigue, je fus obligé d'interrompre l'expérience à la 6^e comparaison : les deux points ne sentaient plus, ni l'un ni l'autre, la pression de 175 mgr., alors que, au début de la séance, ils donnaient la sensation de pression légère pour 50 mgr. Un repos d'environ dix minutes permit au sujet de reprendre l'expérience, mais l'insensibilité reparut très vite, et il fallut ajourner au lendemain la suite du travail.

(1) *Zeitschrift für Psychologie*, XXXV, p. 246.

(2) *Abhandl.*, p. 220.

Von Frey signale aussi la fatigue générale et la tension d'esprit comme produisant un relèvement du seuil (1). En revanche, l'exercice et l'attention l'abaissent. Quand von Frey détermina pour la première fois le seuil de 70 points sensibles sur son mollet, il trouva des valeurs allant de 9 à 64 gr/mm². En refaisant l'expérience chaque jour, il trouva d'abord une diminution, et il finit par arriver à des valeurs de 5 à 28 gr./mm² (2).

La tension de la peau relève le seuil d'une façon considérable : pour une région de l'index gauche, von Frey a vu ainsi le seuil passer de 8 gr/mm² à 130. Il attribue le fait à ce que la pression que l'on exerce sur la peau tendue se propage au loin et déforme difficilement la peau (3).

Mais la variation du seuil qui est peut-être la plus importante est celle que l'on peut observer en appliquant la même pression sur un même point, chez un même sujet, à des moments différents, mais assez rapprochés, dans une même séance de travail, avec un sujet exercé, et en prenant les précautions nécessaires pour éviter la fatigue, au moins la fatigue locale. Je vais donner ici, à titre d'exemple caractéristique, le résultat d'une expérience faite avec une jeune fille (M^{lle} B), qui s'était déjà montrée très bonne observatrice. Après avoir marqué 5 points pilaires sur la face dorsale de l'avant-bras, on lui appliqua dix poids différents, dans un ordre variable, et la série des poids comprenait en plus deux cas dans lesquels on lui donnait les avertissements ordinaires, mais sans faire aucune application. La durée des applications a été moyenne. La surface de pression avait toujours environ 0 mm. 27 de diamètre. La série des poids et des points a été parcourue 10 fois. J'ai obtenu 16 espèces de réponses. Mais il ne me paraît pas utile maintenant de les donner d'une façon détaillée : je crois suffi-

(1) *Abhandl.*, p. 221.

(2) *Berichte*, II, p. 286.

(3) *Berichte*, *ibid.*

sant de les réduire à 5 genres, dont les espèces différentes ne présentent pas de différences bien importantes.

Voici donc les genres de réponses pour le premier point.

Poids	Pression typique	Pression nette	Pression légère	Effleurement	Rien
500 mgr.....	3	6	1	»	»
400 —	2	2	2	3	1
300 —	»	2	4	4	»
200 —	»	2	5	3	»
120 —	»	4	4	2	»
80 —	»	1	4	2	3
50 —	»	»	1	2	7
30 —	1	»	2	»	7
20 —	»	»	1	»	9
10 —	»	1	»	»	9
0 —	»	»	»	»	10

Ce tableau suffirait, à la rigueur, pour montrer combien les sensations varient aux différents moments. Il y a bien quelques-unes de ces variations qui sont fortuites, et qui tiennent probablement, ou à un défaut dans l'application, ou à une fatigue momentanée du sujet, ou à quelque autre cause inaperçue. Mais on voit que le poids de 500 mgr donne 3 fois la pression typique, 6 fois la pression nette, et 1 fois la pression légère, c'est-à-dire que, les conditions objectives restant les mêmes, la sensation varie par suite de conditions qui ne peuvent être que subjectives, et dont nous ne savons pas si elles sont physiologiques ou psychologiques. Cela nous prouve la très grande mobilité du seuil.

Je donne maintenant les mêmes genres de réponses pour un autre point, et je choisis le 3^e, qui a donné

dans la proportion la plus élevée la sensation de pression typique.

Poids	Pression typique	Pression nette	Pression légère	Effleurement	Rien
500 mgr.....	8	2	»	»	»
400 —	6	1	3	»	»
300 —	1	5	4	»	»
200 —	2	5	3	»	»
120 —	»	1	5	4	»
80 —	»	1	3	4	2
50 —	»	»	2	3	5
30 —	»	»	1	2	7
20 —	»	»	1	»	9
10 —	»	»	»	»	10
0 —	»	»	»	»	10

On voit que la répartition des réponses est maintenant tout autre que pour le premier point : nous avons affaire à un point très sensible, comme on a coutume de dire, tandis que le premier point était peu sensible. Mais ce que nous voyons aussi nettement dans ce tableau que dans le précédent, c'est la variété des réponses que nous obtenons malgré l'identité des conditions objectives, et c'est, par suite, la mobilité du seuil.

Il ne résulte pas de là que l'on doive renoncer à une mesure du seuil, mais seulement que l'on doit définir le seuil d'une façon précise et en conformité avec les faits expérimentaux. Or, si l'on veut le définir comme la valeur de l'excitation à partir de laquelle la sensation se produit toujours et au-dessous de laquelle elle ne se produit jamais, on poursuivra une chimère, car une telle valeur n'existe pas : le seuil n'est pas une barrière entre les excitations sensibles et les excitations insensibles, il n'existe pas une pareille barrière. Mais on peut définir le seuil comme la plus faible valeur de l'excitation à partir de laquelle, au moyen d'un organe dé-

terminé, tel sujet obtient telle proportion de sensations de telle espèce ou de tel niveau hiérarchique. Le choix de la proportion est arbitraire, ou plutôt il peut être dicté par des considérations pratiques. Par exemple, si l'on a fait 10 fois l'application de chaque poids sur les différents points dont on veut mesurer le seuil, il me semble qu'il est assez indiqué de choisir comme seuil la valeur de l'excitation qui a donné 7 fois la sensation du plus bas niveau, c'est-à-dire, dans l'expérience de M^{lle} B, la sensation de l'effleurement. On peut d'ailleurs mesurer de la même façon plusieurs seuils, celui de la pression légère, celui de la pression nette, celui de la pression typique, d'autres encore : l'usage montrera quels sont les plus intéressants, c'est-à-dire les plus propres à nous fournir des informations utiles, soit au point de vue théorique, pour éclairer des recherches nouvelles, soit peut-être même à un point de vue pratique.

Voici, à titre d'exemple, quels sont, pour les 5 points pris isolément, dans l'expérience de M^{lle} B., les seuils correspondant aux quatre niveaux de la sensation de pression, ainsi que les moyennes de ces seuils, que l'on peut regarder comme caractéristiques de la région et du sujet :

Points	Pression typique	Pression nette	Pression légère	Effleurement
1	au dessus de 500 mgr	500	200	80
2	500	500	200	80
3	500	400	200	80
4	au-dessus de 500 —	300	200	80
5,	500	200	120	50
Moyennes	?	380	184	74

Cette méthode de détermination du seuil a l'inconvénient d'être longue : pour faire l'expérience, en accordant au sujet un peu de repos de temps en temps, il faut

environ deux heures, pendant lesquelles sont occupés, outre le sujet, un expérimentateur exercé et un secrétaire. Sans doute on peut dire avec Alceste que, en de pareilles matières, le temps ne fait rien à l'affaire. Pourtant, si l'on peut économiser du temps, même dans une recherche scientifique, on aurait tort de dédaigner cette économie. C'est pourquoi, tout en estimant qu'il convient, dans certaines recherches, de ne pas hésiter à faire tous les sacrifices nécessaires, je crois que, dans d'autres expériences sur la valeur du seuil, on peut se contenter d'une méthode moins précise, mais plus rapide.

Cette autre méthode propre à mesurer le seuil des sensations de pression existe d'ailleurs depuis longtemps déjà : c'est celle que j'ai employée pour la mesure du seuil de Weber (1). Elle consiste à choisir une collection de poids parmi lesquels se trouvent certainement des poids notablement supérieurs au seuil, et d'autres qui soient probablement inférieurs, et à les faire agir sur des points choisis, en suivant un ordre fortuit et en intercalant quelques cas nuls, c'est-à-dire des cas dans lesquels on donne au sujet les signaux ordinaires, mais sans rien appliquer. Le sujet a, naturellement, les yeux bandés. La surface de pression est constante. Pour l'interprétation des réponses, je considère la tentative de mesure comme manquée si l'illusion paradoxale se produit, c'est-à-dire si le sujet, pour un cas nul, annonce une sensation, même très vague et très fugitive. Je la considère aussi comme manquée si la série des réponses est irrégulière, c'est-à-dire si, la réponse « rien » s'étant produite pour un certain poids, le sujet annonce une sensation pour un poids plus faible. Mais, si les réponses données pour un point ne contiennent ni illusion ni irrégularité, le seuil est l'excitation la plus faible qui ait provoqué une sensation.

(1) Voir *L'illusion paradoxale et le seuil de Weber*, p. 119 et suiv. (Paris, Masson, 1910).

Voici quelques mesures faites suivant cette méthode. Les poids employés, en ordre fortuit, étaient de : 500 mgr., 400, 300, 200, 160, 120, 80, 49 et 25, avec, en plus, trois cas nuls. La surface de pression avait 0 mm. 27 de diamètre. L'application a été faite sur 4 points de la face dorsale de l'avant-bras. Les illusions, que j'indique par *ill.*, et les irrégularités, que j'indique par *irr.*, n'ont pas été rares : mais il reste pourtant un nombre appréciable de cas dans lesquels la mesure a été réussie. Les nombres ci-dessous indiquent les seuils en milligrammes :

Sujets	1 ^{er} point	2 ^e point	3 ^e point	4 ^e point
Mlle A.....	80	ill	120	80
Mlle B.	120	irr	irr	irr
M. C.....	25	ill	irr	irr
M. D.....	25	25	ill	ill
Mlle F.....	25	120	49	irr
Mlle G.....	80	49	49	irr
Mlle H.....	irr	irr	irr	49
Mlle L.....	ill	ill	25	120
M. M.....	49	irr	49	80
Mlle N.....	49	25	25	25

Voici un autre exemple (p. 93), dans lequel les poids choisis ont été plus faibles : 200, 60, 50, 40, 30, 25, 20, 15, 10, avec trois cas nuls. Pour le reste, les conditions sont les mêmes que dans le groupe précédent de mesures. Toutefois, même quand les sujets sont les mêmes, les points diffèrent.

Le but de cette expérience était d'obtenir des mesures plus fines que celles de l'expérience précédente : il en est résulté une plus forte proportion de séries irrégulières. Cela montre qu'il ne faut pas chercher à atteindre une très grande exactitude dans ce genre de mesures, pas plus qu'il ne faut

mesurer la longueur d'une route en millimètres. Toutes les mesures comportent des erreurs : les mesures de seuils sont certainement très approximatives. Il suffit de le savoir et d'en tenir compte dans l'interprétation des expériences.

Sujets	1 ^{er} point	2 ^e point	3 ^e point	4 ^e point
Mlle B.....	irr	irr	irr	irr
M. D.....	10	20	10	irr
Mlle E.....	irr et ill	irr	irr	irr
Mlle L.....	irr	irr et ill	irr	irr
Mlle N.....	irr	irr	20	15
M. O.....	irr	50	20	irr

Mais il est toujours possible d'accroître la précision en répétant les expériences et en calculant les moyennes et les écarts moyens.

§ 8. LA DURÉE DES EXCITATIONS

Von Frey a observé, le premier, que, pour une force convenable de la pression, si l'on en prolonge l'application, la sensation change de caractère. D'abord, tandis que la sensation de contact, provoquée par une excitation faible, est instantanée, et s'évanouit même si l'excitation se prolonge, la sensation provoquée par une pression plus forte persiste aussi longtemps que dure l'application, et l'on obtient une sensation nouvelle au moment où cesse l'application : c'est la sensation de l'enlèvement. Cette sensation soulève une question importante, et difficile, sur laquelle je reviendrai tout à l'heure. Mais, en ce qui concerne la sensation qui persiste pendant toute la durée de l'application, le fait très remarquable observé par von Frey est qu'elle ne garde pas un caractère uniforme. Suivant le langage traditionnel qu'il emploie, « l'intensité de la sensation ne

reste pas constante, mais, à partir d'un maximum initial, elle s'abaisse d'une façon passablement rapide. Toutefois, même pendant ce temps, l'impression n'est pas complètement continue, mais est plus ou moins nettement oscillatoire... Le point de pression répond à l'excitation mécanique constante par une série de chocs d'impression dont l'amplitude diminue rapidement. » Cependant, von Frey n'a pas observé ce fait sur tous les points de pression avec une égale netteté, mais il en est un bon nombre sur lesquels la discontinuité de la sensation peut être constatée. Il s'en trouve en particulier sur la muqueuse de la lèvre, à l'endroit où la ligne médiane est sur le point de rencontrer l'épiderme de la mâchoire. Sur les points de cette région, le caractère oscillatoire de l'impression peut être montré avec une égale facilité par l'excitation mécanique du crin et par un courant électrique constant de force moyenne (1).

Von Frey ne dit rien au sujet de la vitesse de ce mouvement oscillatoire : mais la comparaison qu'il en fait avec les mouvements tétaniques d'un muscle excité par un courant électrique continu, le rapprochement qu'il établit entre cette oscillation de la sensation et le fourmillement que l'on observe après l'excitation mécanique ou électrique du nerf du coude, montrent suffisamment qu'il s'agit pour lui d'oscillations très rapides. Je n'ai pas eu l'occasion de les observer, probablement parce que j'ai expérimenté sur les sensations de pression suivant une technique assez différente, mais je ne conteste nullement les affirmations de von Frey. En revanche, la discontinuité de la sensation de pression s'est manifestée au cours de mes expériences par plusieurs autres faits, qui permettent d'affirmer que, quand l'excitation se prolonge, c'est-à-dire dure au moins quatre secondes, la sensation suit une évolution, dans laquelle on peut discerner trois phases.

La première phase est ascendante, c'est-à-dire que la pression commence par être sentie comme très légère, et grandit

(1) *Abhandl.*, p. 219-220.

ensuite rapidement. J'en ai fait l'observation comme sujet. Par exemple, dans une expérience où l'on m'a appliqué un poids de 175 mgr. (diamètre de la surface : 0 mm. 45) sur 5 points de l'avant-bras, deux des points m'ont donné la sensation de force croissante : j'ai senti une pression d'abord très légère, qui est devenue graduellement plus forte. J'ai donc observé dans ces deux cas la phase ascendante. Et il faut sans doute comprendre ce fait comme signifiant que l'impression qui se produit dans les organes grandit pendant que l'excitation se prolonge, et que ce progrès de l'impression s'accompagne, probablement avec un certain retard, d'un progrès dans le phénomène psychique correspondant.

Toutefois, je pense qu'il faut un concours de circonstances favorables pour que cette observation soit possible. Mais certains autres faits se comprennent très bien dans l'hypothèse que la phase ascendante existe toujours, et que toutefois elle peut être réduite, pour une partie de sa durée, à son côté physiologique. Parmi les faits qui me paraissent avoir cette signification, je signale en particulier un retard notable dans l'apparition de la sensation à la conscience. J'ai observé ce retard d'une façon très nette au cours de l'expérience dont je viens de parler. Le résultat de l'expérience a été noté ainsi : « Pression très nette, un temps relativement long après le signal : Attention ! La durée de la pression a été très faible. » Comme le signal « Attention ! » est donné au moment même où l'application va être faite, il est certain qu'il y a eu dans ce cas un retard dans la sensation, qui n'a dû se produire qu'après un progrès suffisant de l'impression.

J'interprète dans le même sens le fait que, malgré la longue durée de l'excitation, il est extrêmement fréquent que la durée de la sensation soit tout à fait faible. Je relève dans les notes de la même expérience les observations suivantes :

« 1^{er} point (2^e application). Sensation typique. Durée apparente faible. »

« 2^e point (2^e application). J'ai senti aussi, comme dans

le cas précédent. Sensation assez nette, typique, de faible durée apparente. »

« 3^e point (2^e application) Sensation très légère, indéterminée quant au commencement et à la fin, mais certainement de très faible durée. »

« 5^e point (2^e application). Sensation un peu diffuse, disparaît avant le signal d'enlèvement. »

Il est inutile de multiplier des observations analogues. J'ajoute cependant que, si l'on emploie des pressions plus faibles — et il a été employé dans cette expérience des pressions de 50 et de 30 mgrs — la proportion des sensations instantanées va en croissant, il apparaît des cas douteux, dans lesquels je ne suis pas sûr d'avoir senti quelque chose et aussi des cas dans lesquels je suis sûr de n'avoir rien senti. J'ajoute encore un dernier fait : c'est que, dans toute cette expérience, qui a compris 8 applications de poids variables sur chacun des 5 points (avec des repos) je n'ai jamais senti l'enlèvement, bien qu'il fût toujours annoncé par un signal spécial.

Ainsi l'impression, en se prolongeant, après la phase ascendante que l'on ne peut observer que dans des circonstances exceptionnelles, atteint un maximum, et commence bientôt à décroître, de telle façon que cette décroissance entraîne, après un temps variable, mais ordinairement court, la disparition de la sensation.

C'est ainsi que les choses se passent lorsque la pression est prolongée pendant plusieurs secondes. Mais, lorsque, la pression est plus rapide, qu'elle dure une ou deux secondes, il n'est pas rare que l'on observe la sensation d'enlèvement. Elle se produit dans des conditions assez variables, et que je ne peux pas déterminer avec précision. Von Frey assure que le seuil d'enlèvement est plus élevé que le seuil d'application. L'expérience dont je viens de rapporter les résultats principaux confirme cette opinion, puisque la sensation d'enlèvement ne s'y est pas produite, pas plus pour des pressions de 175 mgr. que pour des pressions

de 30 mgr. Il paraît évident que la sensation d'enlèvement dépend de la durée de l'excitation : mais je ne peux pas préciser davantage. J'ai déjà cité des cas dans lesquels, n'ayant pas senti l'application d'une pression de 90 mgr., j'en sentais l'enlèvement. Les expériences faites avec plusieurs de mes élèves ont fourni des faits du même genre : on peut voir dans la liste des sensations de M^{lle} A, un cas où elle annonce une « pression légère à l'enlèvement ». Mais les « pressions en deux temps » dans lesquelles le sujet distingue, d'abord une sensation à l'application, puis un temps vide où la pression n'est plus sentie, puis une pression nouvelle à l'enlèvement, nous montrent aussi que la sensation d'enlèvement n'exige pas toujours une pression plus forte que celle qui produit la sensation à l'application. Et cela complique encore la question de savoir quelles sont les lois de production de la sensation d'enlèvement.

Les mêmes faits, dont nous trouverons l'analogue dans les images consécutives négatives qui se produisent quand une lumière agit d'une façon prolongée sur une région de la rétine, suggèrent l'hypothèse que, peut-être, les sensations d'enlèvement sont distinctes des sensations d'application, qu'elles leur sont même opposées par quelque caractère, que c'est par suite de cette opposition qu'elles sont capables de représenter des phénomènes physiques opposés, et enfin que, au point de vue physiologique, elles répondent à des événements chimiques de nature antagoniste qui ont leur siège dans les mêmes organes. Mais il faut reconnaître que cette hypothèse est loin d'être vérifiée d'une manière suffisante.

§ 9. LA SURFACE DE PRESSION

J'ai déjà eu l'occasion (même chapitre, § 1), à propos de la technique de von Frey, de rapporter quelques expériences relatives à l'influence exercée par la surface de pression

sur les sensations. En faisant agir sur les mêmes points un même poids de 138 mgr., la surface de pression ayant dans la moitié des expériences 45 centièmes de millimètre de diamètre, dans l'autre moitié 15 centièmes, le nombre des réponses nulles, c'est-à-dire des cas où les sujets n'ont rien senti, n'a pas été plus élevé lorsque la pression était répartie sur la première de ces deux surfaces que lorsqu'elle s'exerçait sur la deuxième, qui était 9 fois plus petite. Ce nombre des réponses nulles a même été moins élevé pour la plus grande surface de pression que pour la plus petite, du moins en moyenne et chez la majorité des sujets (6 sur 8).

Cela suffisait pour résoudre la question de technique qui se posait à ce moment. Mais maintenant il s'agit de savoir si et comment la variation de la surface de pression modifie les sensations : il n'est donc pas inutile de présenter le résultat de la même expérience sous un autre aspect à savoir en envisageant, chez chacun des sujets, les nombres de cas où il s'est produit une sensation, et en cherchant si ces nombres varient quand la surface de pression varie. Voici, à ce point de vue, le résultat de cette expérience.

Diamètre de la surface de pression....	0mm45	0mm15
Réponses positives (sur 25)		
1 ^{er} sujet.....	12	15
2 ^e —	21	22
3 ^e —	21	11
4 ^e —	21	16
5 ^e —	17	11
6 ^e —	19	13
7 ^e —	17	14
8 ^e —	21	17
Sommes.....	149	119
Pourcentages.....	74,5	59,5

Les pourcentages montrent une différence assez forte en faveur de la grande surface. Au point de vue des lois physiques, c'est un paradoxe : si l'on prend pour unité (de surface) la surface d'un cercle ayant 0 mm. 15 de diamètre, la pression par unité de surface, étant de 138 mgr. lorsque cette pression agit sur la plus petite surface, n'est plus que de

15 mgr. environ lorsqu'elle agit sur la grande surface. On admettra difficilement qu'une pression de 15 mgr puisse être mieux sentie, par les mêmes sujets et sur les mêmes points, qu'une pression de 138 mgr. Ou plutôt l'expérience, si du moins le résultat n'en est pas fortuit, prouve que les pressions exercées sur des unités de surfaces voisines, au-dessus d'un organe sensoriel, s'additionnent aussi bien que celles qui sont exercées sur une seule unité de surface, et que peut-être même elles s'additionnent mieux.

Toutefois, nous ne pouvons voir là qu'une indication portant sur un point particulier de la question générale, qui est de savoir comment la sensation de pression est modifiée quand, toutes choses étant égales par ailleurs, on fait varier la surface sur laquelle agit la pression. Il conviendrait donc d'étendre la recherche, de faire varier la force des pressions depuis le seuil jusqu'à une limite qu'il est impossible de fixer *a priori*, et aussi de faire varier les surfaces de pression dans des limites suffisamment étendues, et enfin d'établir des comparaisons expérimentales suffisamment variées pour révéler des relations constantes entre les faits. Une telle recherche ne semble pas présenter de difficultés spéciales : elle demande avant tout de la méthode, mais elle demande aussi du temps. C'est pourquoi je me suis borné à commencer cette recherche sur deux questions particulières : 1^o Si l'on fait agir sur un même point, successivement, deux pressions de force égale, mais de surface différente, les deux pressions seront-elles senties comme égales, ou bien l'une des deux sera-t-elle sentie comme plus forte, et laquelle ? 2^o L'expérience étant la même, les deux surfaces paraîtront-elles égales, ou bien l'une des deux sera-t-elle sentie comme plus grande, et laquelle ?

J'ai donc fait quelques expériences, dans lesquelles on appliquait, à la face dorsale de l'avant-bras gauche, deux poids de 170 mgr., dont la surface de pression avait un diamètre de 0 mm. 45 pour l'un, de 0 mm. 15 pour l'au-

tre. Les deux poids étaient appliqués successivement sur un même point pilaire, et le sujet était invité à dire, d'une part, si la deuxième pression était de même force que la première, ou bien si elle était plus forte ou plus faible, et, d'autre part, si la surface de pression était égale dans les deux cas, ou bien si la deuxième était plus grande, ou plus petite, que la première. On commençait tantôt par la plus grande surface, tantôt par la plus petite, selon un ordre fixé d'avance et tel que le sujet ne pût pas le deviner. De plus, pour empêcher la fatigue locale, ou du moins pour la réduire, après avoir fait les deux applications sur un point, on passait à un deuxième point, laissant ainsi un temps de repos au premier.

L'expérience ne fut pas très longue. Six étudiants firent chacun 20 comparaisons. Les résultats obtenus sont pour tant d'une netteté suffisante.

D'abord, en ce qui concerne la comparaison des deux pressions au point de vue de la force, voici les nombres de réponses données par les différents sujets, le jugement portant toujours sur la pression de 0 mm. 15. Cette pression est déclarée :

		plus forte	égale	plus faible
par le 1 ^{er} sujet, dans.....		7 cas	5 cas	8 cas
— 2 ^e —	10 —	5 —	5 —	
— 3 ^e —	7 —	5 —	8 —	
— 4 ^e —	4 —	4 —	12 —	
— 5 ^e —	8 —	6 —	6 —	
— 6 ^e —	6 —	3 —	11 —	
par l'ensemble, dans.....	42 cas	28 cas	50 cas	

Donc, dans l'ensemble, la pression qui est sentie comme la plus forte est celle qui, physiquement, est la plus faible : lorsque le poids total de 170 mgr est concentré sur la petite surface, les sujets le déclarent plus faible que lorsqu'il est réparti sur la grande surface, et cela, non pas d'une façon constante, mais dans 50 cas sur 120, tandis qu'ils le déclarent plus fort dans 42 cas, et égal le reste du temps. Au

fond, le résultat de cette expérience est tout à fait conforme à celui de l'expérience précédente. La conformité est même tout à fait frappante si l'on envisage le détail des faits : car maintenant encore, nous voyons que deux sujets sur six (le 2^e et le 5^e) se comportent autrement que la majorité, et perçoivent la force des pressions en accord avec les lois de la Physique.

Je me borne à constater ces faits, d'une manière absolument empirique, car je pense que nous ne possédons pas actuellement les informations qui seraient nécessaires pour les expliquer. Il s'agit de la perception quantitative, sous la forme spéciale de perception intensive : il faudrait en connaître les lois, et peut-être d'une façon passablement profonde, pour comprendre des faits paradoxaux tels que ceux que nous rencontrons ici. Peut-être, d'ailleurs, faudrait-il tenir compte encore des conditions physiologiques, et notamment des lois qui gouvernent la transmission des pressions à travers les tissus de l'épiderme et des premières couches du derme. Il est inutile de forger des hypothèses que l'on ne peut pas soumettre à une vérification : j'aime mieux avouer mon ignorance.

En revanche, la deuxième partie de l'expérience, celle qui concerne la perception de la grandeur comparée des deux surfaces de pression, donne un résultat qui n'a rien de paradoxal, mais s'accorde au contraire parfaitement avec l'expérience courante. La surface de pression dont le diamètre est de 0 mm. 15 est déclarée, par comparaison avec celle dont le diamètre est de 0 mm. 45,

			plus grande	égale	plus petite
par le 1 ^{er} sujet, dans.....			8 cas	8 cas	4 cas
— 2 ^e —			6 —	10 —	4 —
— 3 ^e —			6 —	7 —	7 —
— 4 ^e —			5 —	3 —	12 —
— 5 ^e —			5 —	12 —	3 —
— 6 ^e —			6 —	2 —	12 —
par l'ensemble, dans.....			36 cas	42 cas	42 cas

La plus petite surface est donc reconnue comme telle dans la majorité des cas, soit dans 42 cas contre 36, si on laisse de côté les cas où les deux surfaces paraissent égales : autrement dit, dans cette comparaison de deux surfaces qui sont l'une à l'autre comme 1 est à 9, il y a une majorité de jugements vrais, et c'est là ce qui est conforme à l'expérience courante. Mais cette majorité est faible, elle est même très faible, si l'on songe à la grande différence des surfaces comparées, et si l'on remarque qu'elle n'existe que pour la moitié des sujets. Il serait exagéré de dire que l'augmentation de 1 à 9, dans l'ordre de grandeur où nous nous trouvons ici, ne modifie en rien notre appréciation de la surface, mais elle ne la modifie que d'une façon très légère.

La conclusion la plus générale de ces faits expérimentaux, c'est que nous sommes ici, qu'il s'agisse d'apprécier la force des pressions ou d'apprécier l'étendue des surfaces pressées, dans le voisinage du seuil, c'est-à-dire dans la région des perceptions les plus obscures. Il est à supposer que les faits que nous rencontrons dans cette région prendront place dans les cadres généraux, c'est-à-dire se montreront conformes aux mêmes lois que les perceptions beaucoup plus claires et plus relevées que nous étudierons plus tard pour faire l'analyse de la perception extensive et de la perception intensive.

§ 10. ASSOCIATION DE SENSATIONS ÉLÉMENTAIRES : LES SENSATIONS INTERPILAIRES ET LES SENSATIONS DE CHATOUILLEMENT

Quand la pression qui provoque la sensation typique est exercée, non plus sur un point sensible, mais dans une région vide passablement étendue, comme on en trouve sur le dos de la main, le bras ou la jambe, il peut se faire que la

pression soit trop faible : alors on ne sent rien. Si on la renforce convenablement, on finit par obtenir une sensation de pression, mais cette sensation diffère de la sensation typique. Elle est, dit Goldscheider (1), obtuse (*stumpf*), cotonneuse (*pelzig*), un peu étalée (*etwas flächenhaft*) et, n'arrivant pas à préciser suffisamment, il ajoute : « La différence entre la sensation (*Gefühl*) sur les points de pression et sur la peau intermédiaire est si saillante que si, après avoir marqué les points de pression, l'on détourne les yeux et l'on se fait toucher et presser avec l'aiguille par un aide, tantôt dans un endroit, tantôt dans l'autre, on peut dire chaque fois avec une grande exactitude s'il a touché un point de pression ou la peau intermédiaire ».

J'ajoute seulement cette remarque que, quand la peau est ainsi pressée sur un espace vide, il doit arriver ordinairement que la pression est transmise à plusieurs points sensib , et que l'on obtient en réalité une sensation complexe, formée par la fusion de deux ou trois sensations semblables. La sensation interpilaire est donc, en général, le produit d'une association de sensations élémentaires.

La sensation de chatouillement me paraît être une sensation complexe du même genre, mais dans laquelle les sensations composantes sont provoquées par des excitations très légères et successives. C'est ainsi que je l'ai observée d'une façon très nette en appuyant sur la face palmaire de la main gauche, ou d'un doigt de la même main, la petite tige de bois de l'excitateur que j'ai coutume d'employer. Si le mouvement est un peu hésitant, et, pour tout dire, tremblant, il n'est pas rare que la pointe glisse sur la peau et touche plusieurs points dans une région d'un millimètre carré ou même davantage. Dans ce cas, la sensation est toujours une sensation de chatouillement, si toutefois l'excitation est supérieure au seuil des points de la région sans l'être pourtant beaucoup. Il faut remarquer, de plus, que

(1) *Ges. Abhandl.*, 1, p. 80.

les sensations se suivent alors d'une façon rapide.

Kiesow a décrit la sensation de chatouillement comme prenant son origine dans les poils et dans les muqueuses aussi bien que dans les régions glabres de la peau, et il pense qu'elle se produit partout où existent les points sensibles, qu'il appelle points tactiles. Il suffit souvent, dit-il, de heurter un seul gros poil plusieurs fois de suite pour produire la sensation de chatouillement. Mais les petits poils, que l'on ne peut voir qu'à la loupe et avec un bon éclaircissement, sont plus sensibles encore, et il peut se faire qu'on produise le chatouillement en les touchant par mégarde une seule fois. Mais en général, ajoute Kiesow, on produit plus facilement la sensation de chatouillement par une succession d'excitations faibles. La condition essentielle de cette espèce de sensation serait donc un mouvement d'oscillation plus ou moins régulière dans l'impression sensorielle des organes tactiles (1). Et par là nous comprenons que cette sensation complexe puisse être provoquée aussi bien par l'excitation successive de plusieurs organes que par l'excitation répétée d'un seul organe.

Goldscheider (2) a considéré la sensation de chatouillement (*Kitzelgefühl*) comme une qualité sensible spécifique, qu'il place sur le même plan que les sensations de pression et de piqure (il dit : de toucher et de douleur). « Si, ajoute-t-il, on exerce des excitations ponctiformes, très légères, sur une région limitée de la peau, — j'ai coutume de me servir pour cela d'un petit morceau de liège taillé en pointe et enfilé sur une aiguille — on trouve que ce sont des points très déterminés qui donnent cette sensation spécifique ». Mais ces points ne sont pourtant pas différents de ceux que l'on connaît déjà. « Ils coïncident, ajoute Goldscheider, avec les points de pression et de douleur. Ce sont principalement les points de pression qui, après un contact très doux,

(1) *Z. f. Ps.*, XXXIII, 429. Cf. *Ibid.* XXVI, 410.

(2) *Gesammelte Abhandl.*, I, 81 sqq.

donnent la sensation de chatouillement ; mais on peut aussi la constater sur des points de douleur. » Elle serait donc la sensation spécifique produite par les excitations très faibles, de nature mécanique, qui, quand elles sont suffisamment fortes, produisent les sensations de pression et celles de piqure (1).

Il y a évidemment ici une question de vocabulaire. Il est certain qu'une pression très légère, atteignant un point de pression, produit une sensation qui ressemble à une sensation de chatouillement, puisqu'on la retrouve, à titre de composante, dans la sensation de chatouillement : on pourrait lui donner ce nom, au lieu de celui de sensation de contact qu'emploie von Frey, ou de pression légère, que je préfère. Mais il faudrait alors avoir un autre nom pour désigner cette sensation complexe qui provient d'excitations légères exercées en succession rapide sur un ou plusieurs points sensibles.

Mais, de plus, Goldscheider, en attribuant aussi la sensation de chatouillement aux points douloureux, identifie deux faits certainement distincts : la sensation de pression légère et la sensation de piqure légère. Cette dernière provient bien des points douloureux, et, lorsque l'excitation n'atteint qu'un organe et est à peine supérieure au seuil, la sensation qu'elle produit ressemble un peu à celle de pression légère : mais, si l'excitation atteint une pluralité de points douloureux, c'est la sensation de démangeaison qui se produit. C'est ce qu'affirme déjà Kiesow (2), et nous verrons plus tard que la preuve a été faite sur ce point d'une façon décisive (3).

La confusion de la sensation de chatouillement et de la

(1) Cf. *Gesammelte Abhandl.*, 1, 201. Dans ce travail, de 1885, Goldscheider distingue, outre les nerfs de la température, deux espèces de nerfs entre lesquels il fait une distribution plutôt compliquée des espèces de sensations, mais il attribue toujours le chatouillement aux uns et aux autres, comme répondant aux faibles impressions.

(2) *Z. f. Ps.*, XXXIII, 430.

(3) L. Török, *Z. f. Ps.*, XLVI, 23.

sensation de démangeaison a d'ailleurs été faite aussi par von Frey (1). « Sur de nombreuses régions de la peau, dit-il, (dos, sillons du creux de la main, fente entre l'aîle du nez et la face dorsale du nez), le contact unique d'un crin dont la pression est inférieure au seuil de la douleur est suivi d'un sentiment de démangeaison (Jucken) ou de chatouillement (Kitzeln), qui se rattache à la sensation de contact, tantôt immédiatement, tantôt avec un retard, et qui peut durer plusieurs secondes, ou même plusieurs minutes. Si l'on y regarde de près, on trouve ordinairement que le point de démangeaison et son voisinage sont un peu plus rouges que la peau qui les entoure. Par suite, il me paraît probable que les sentiments de chatouillement et de démangeaison doivent être regardés comme des sensations secondaires, provoquées par des réflexes qui passent des nerfs du tact aux vaisseaux sanguins. » Que de pareils réflexes se produisent, au moins dans certaines circonstances et pour certaines régions de la peau, cela paraît hors de doute, et le fait est important parce qu'il montre que les sensations de la peau provoquent des mouvements d'adaptation, qui intéressent probablement les muscles annexés aux organes et certainement les vaisseaux sanguins. Mais ces mouvements ne doivent pas être les mêmes dans le cas où une excitation légère atteint successivement un ou plusieurs points de pression et provoque une sensation de chatouillement, et dans celui où une excitation plus forte atteint un ou plusieurs points douloureux et provoque une sensation de démangeaison : dans ce dernier cas, la réaction est une réaction de défense, dont la nature et le mécanisme restent d'ailleurs à étudier ; dans le cas précédent, la réaction est celle qui suit une caresse, et elle est, si l'on peut dire, une réaction d'acceptation.

Ainsi, quand une pression atteint simultanément plusieurs organes, nous ne distinguons pas une pluralité de

(1) *Berichte*, 1894, p. 192. Cf. *Abhandl.*, 217.

sensations élémentaires, bien qu'il existe une pluralité d'impressions qui ont leur siège dans des parties différentes de la peau et qui sont transmises par des fibres différentes, probablement jusqu'au cerveau. Les sensations élémentaires sont alors associées en une représentation unique, en une sensation complexe, qui prend des caractères légèrement différents de ceux de la sensation typique, et, par exemple, n'est pas aussi nettement ponctiforme. C'est ainsi que se produit la sensation interpilaire, association de deux ou trois sensations élémentaires. Et c'est sans doute encore de la même façon que se produisent les sensations que nous obtenons en touchant les corps, c'est-à-dire en les pressant légèrement avec la pulpe des doigts : alors ce sont des centaines de sensations élémentaires qui sont associées dans une seule sensation complexe. Et l'on voit aisément que cette union est réalisée par la situation anatomique des organes : c'est là la cause de cette association de coexistence qui constitue la sensation complexe. Cela, d'ailleurs, n'empêche nullement la sensation complexe d'avoir d'autres propriétés, une autre valeur représentative, que la sensation simple.

On pourrait répéter les mêmes remarques au sujet de la sensation de chatouillement. Il y aurait lieu seulement de faire entrer en compte ceci, que les sensations composantes ne sont pas uniquement des sensations simultanées, mais aussi, et peut-être surtout, des sensations successives. Quant à la cause de la fusion, il y aurait peut-être lieu de la chercher dans une persistance des impressions, plus ou moins analogue à celle des impressions lumineuses.

CHAPITRE IV

LES SENSATIONS DE PIQURE

Après avoir établi que les sensations de froid, de chaud et de pression proviennent d'organes différents, Blix s'est demandé s'il existe aussi des organes spéciaux pour les sensations douloureuses que nous obtenons par la peau. Et il a traité la question par un procédé expérimental très simple, consistant à enfoncer une pointe d'aiguille dans la peau. Il trouve qu'en certains endroits on peut enfoncer l'aiguille assez profondément avant de saisir la moindre sensation de douleur, tandis qu'en d'autres points une légère pression de l'aiguille suffit à produire de la douleur. Les points insensibles sont particulièrement nombreux sur la peau du dos, où la pointe de l'aiguille peut souvent être enfoncée de plusieurs millimètres sans qu'une trace de douleur soit perçue : comme Blix avait, par ailleurs, provoqué la sensation de douleur en divers points de la peau au moyen du courant électrique induit, il aurait pu interpréter ces faits comme favorables à l'hypothèse d'organes spéciaux pour les sensations de douleur. Mais il ne juge pas ses expériences décisives dans ce sens, et il garde l'hypothèse traditionnelle, selon laquelle la douleur provient d'une excitation forte frappant un filet nerveux ou un organe terminal quelconque (1).

Goldscheider emploie aussi l'aiguille et le courant élec-

(1) *Zeitschrift für Biologie*, XXI, 158 (1885).

trique. Son interprétation des faits est très complexe, et doit pourtant être signalée parce qu'elle marque une transition dans l'évolution des hypothèses. Il reconnaît les points de pression comme constituant les extrémités d'une espèce de nerfs qu'il appelle les nerfs de la pression : ces points de pression donneraient la sensation de contact pour des excitations très faibles, puis la sensation spécifique de pression pour des excitations plus fortes, et enfin, pour des excitations encore plus fortes, un sentiment de pression douloureuse (einem schmerzhaft drückenden Gefühl), caractérisé en outre parce qu'il persiste pendant que dure la pression, et qu'il s'irradie fréquemment et peut devenir insupportable. Les régions de la peau situées entre les points de pression ne donneraient le sentiment de contact que pour des excitations relativement fortes, et ce serait la sensation d'un contact obtus, cotonneux, que nous avons attribuée, avec von Frey, à une impression subie indirectement par les points de pression, et en général par une pluralité de points de pression à la fois. Puis, selon Goldscheider, quand l'excitation devient plus forte, la sensation produite sur ces points est « un sentiment (Gefühl) piquant, ou, mieux, semblable à une piqûre (stichähnliches), mais non douloureux, c'est-à-dire une sensation (Empfindung), qui est ponctiforme, mais en même temps faible (dünn) et mate (matt)... et qui ne permet pas une perception objective de la force de la pression. » Enfin, si l'excitation est encore augmentée, on obtient un sentiment de piqûre douloureuse (schmerzhaft stechendes), pénétrante, lancinante, mais qui, par opposition à la douleur des points de pression, s'évanouit rapidement malgré la persistance de l'excitation. Ces sensations des espaces interpilaires, plus subjectives que celles des points de pression, seraient dûes à une deuxième espèce de nerfs, que Goldscheider appelle nerfs du sentiment (Gefühlsnerven), et dont la fonction serait de donner à tous les points de la peau la capacité de percevoir les excitations mécaniques quand elles ont une certaine force. — Il résume

(p. 201) ses vues plus loin : « Le nerf du sentiment, quand il est impressionné, donne cette sensation mate d'une sorte de piqûre que j'ai déjà souvent décrite, à laquelle s'associe, pour une certaine force de l'impression, un sentiment de douleur lancinante qui ressemble aussi à une piqûre. Le nerf de la pression donne une sensation de pression, c'est-à-dire une qualité de sensation un peu plus large et plus pleine, granuleuse, susceptible de fines graduations, à laquelle s'associe, pour une certaine force de l'impression, un sentiment de douleur qui tire, qui presse, qui écrase, et qui, par comparaison avec celui du nerf du sentiment, est en général plus intense et plus persistant. » En fin de compte Goldscheider, après avoir soutenu l'existence de points spéciaux pour la douleur, finit par déclarer que la détermination de ces points est tellement affectée d'erreurs qu'il lui paraît imprudent d'affirmer quoi que ce soit en ce qui les concerne. Il maintient seulement qu'il existe dans la peau des points qui répondent par une sensation douloureuse à une excitation extrêmement faible (p. 197).

Nous voyons là les tâtonnements laborieux d'une pensée qui cherche à coordonner l'ensemble des faits et n'y réussit pas. C'est que la technique de Goldscheider, l'emploi d'une simple tige de bois, ou d'une aiguille, appliquée à la main, déjà trop simple pour l'étude des sensations de pression, apparaît plus insuffisante encore pour celle de la deuxième espèce de sensations que nous rencontrons maintenant. C'est von Frey qui, une dizaine d'années plus tard, a fait la lumière dans cette question difficile, et cela principalement grâce à une technique supérieure, et dont la supériorité tient simplement à ce qu'il a pu mesurer les excitations qu'il appliquait à la peau. En fait, il a étudié les sensations douloureuses comme il avait étudié les sensations de pression, au moyen d'une collection de crins et de cheveux dont la surface variait de $1/500$ à $1/50$ de millimètre carré, tandis que leur pression variait de 0 gr. 3 à 300 gr/mm².

L'expérience décisive de von Frey est celle-ci. Dans

une région où les points de pression ne sont pas trop denses, par exemple sur le mollet, dans un morceau de peau d'un centimètre carré, il trouve 9 poils, qui réagissent par la sensation de pression à des excitations de 3 gr/mm². On coupe les poils. En élevant la pression graduellement jusqu'à 33 gr/mm², le nombre des points s'élève jusqu'à 15, mais tous sont placés dans le voisinage immédiat des follicules et ils donnent exclusivement la sensation typique de pression. Quelquefois, cependant, avec les plus fortes des excitations employées, il rencontre un point froid. En continuant à faire croître l'excitation, le nombre des points sensibles n'est pas sensiblement augmenté, ou bien, si l'on rencontre de nouveaux points, entre deux follicules, on s'aperçoit ordinairement que la sensation vient de ce que la déformation de la peau s'étend jusqu'aux deux follicules. Mais à partir de 200 gr./mm², il apparaît de nouveaux points très nombreux, dont la répartition est passablement régulière et ne paraît pas influencée par la position des follicules. La sensation est piquante, douloureuse. Quelques-uns de ces points apparaissent déjà pour une pression de 100 gr/mm², et la douleur y est donnée, dans certaines circonstances, sans aucun mélange de sensation de pression. Si l'on frappe un de ces points avec une fine aiguille, la sensation devient beaucoup plus douloureuse, souvent difficile à supporter, et elle rayonne en étendue et en profondeur. Au contraire, si l'on pique dans le voisinage d'un follicule, on peut trouver un point de pression indolore ; on peut aussi le trouver très douloureux ; et il n'est pas rare que les deux espèces de sensations soient mélangées, de façon que d'abord la piquûre ne provoque qu'une sensation de pression, et que la douleur s'y ajoute quand on enfonce l'aiguille davantage, ou bien que, inversement, la sensation douloureuse ne s'accroisse pas, ou même s'éteigne, pour faire place ensuite à une sensation de pression (1).

(1) Beiträge zur Physiologie des Schmerzsinns, *Berichte* (1894, 190-191).

Il existe donc des points de la peau qui donnent lieu à des sensations douloureuses. Ces points fournissent leur sensation typique de la façon la plus nette lorsqu'ils sont atteints par une pointe d'aiguille très fine, ou par la pression d'un crin dont l'extrémité a été aiguisée au scalpel. Pour ces raisons, les meilleures dénominations me paraissent être celles de points de piqûre pour les points et de sensation de piqûre pour les sensations qu'ils fournissent. Le terme souvent employé de sensation de douleur me paraît devoir être rejeté, parce que la sensation de piqûre et la douleur qui a coutume de s'y associer sont deux faits différents, ainsi que je le montrerai tout à l'heure.

L'expérience de Head montre aussi la séparation des organes de la piqûre par rapport à ceux des autres espèces de sensations cutanées. Au lendemain de l'opération, sur une surface étendue du dos de la main gauche, et sur la surface dorsale du pouce, les quatre espèces de sensations ont disparu. Toutefois, il existe une zone de dissociation, une bordure étroite où le sujet sent la piqûre, mais ne sent pas la pression légère (p. 325 du mémoire cité). Au bout de trois semaines, une autre petite zone de dissociation apparaît dans le premier espace interosseux, auprès du bord distal de la surface affectée par l'opération. Le sujet éprouve dans cette zone une sensation de piqûre, qualifiée par lui comme légère (p. 369). Ainsi la sensation de piqûre s'est conservée dans une bordure étroite, elle a été la première à reparaître dans une partie de la région lésée, alors que les autres espèces de sensations n'existaient pas dans ces mêmes parties de la peau : on ne peut pas demander une preuve plus convaincante en faveur de la thèse de Blix et de von Frey, selon laquelle les sensations de piqûre nous sont fournies par des organes spéciaux.

Von Frey a fait quelques recherches sur la densité des points de piqûre : cette densité est beaucoup plus forte que celle des points de pression. Dans des expériences préliminaires, où il employait des soies de porc, il a trouvé 63 points de

piqûre dans une région de la cuisse ayant 0 cm² 88, ce qui ferait 72 par cm². Mais il estime que ce nombre est inférieur à la réalité, parce qu'il ne parvenait pas à bien séparer les points voisins. En faisant la recherche à la loupe, après avoir quadrillé la peau, sur une surface circulaire de deux millimètres de rayon (métacarpe de l'annulaire, face dorsale) et en dressant une carte agrandie de la région, il y a trouvé deux points de pression (sur le prolongement des follicules) et 16 points douloureux. La densité serait donc entre 100 et 200 par cm², et il est probable qu'elle serait à peu près la même sur le bras et l'avant-bras.

La position des points de piqure n'a rien de remarquable : tout ce qu'on peut dire, c'est qu'ils sont séparés par des distances variables.

Leurs seuils ne sont pas faciles à déterminer. Von Frey a dressé cependant le tableau suivant, dont les valeurs ne doivent pas être considérées comme très précises (1)

Cornée.....	0,2	gr/mm ²
Conjonctive	2	—
Paupières	10	—
Peau du ventre.....	15	—
Avant-bras, face interne.....	20	—
id., face externe.....	30	—
Bras face, interne.....	30	—
Sur le condyle externe de l'humérus...	30	—
Joue.....	30	—
Mollet	30	—
Cuisse, extérieur.....	30	—
— intérieur	30	—
— face supérieure.....	40	—
Dos du pied.....	50	—
Dos de la main.....	100	—
Sur le tibia.....	100	—
Sur la malléole interne.....	110	—
Creux de la main.....	130	—
Courbure de la plante du pied.....	200	—
Bout des doigts.....	300	—

(1) *Berichte*, 1894, 284.

Il faut remarquer d'ailleurs que la valeur du seuil dépend de la durée de l'application.

Les organes. — C'est principalement par ses expériences sur l'œil que von Frey a pu déterminer la nature des organes contenus dans les points de piqure. En se plaçant devant un miroir, ou bien devant deux miroirs faisant un angle de 75° , il a pu appliquer des pressions graduées à la cornée et à la conjonctive. Le seuil est, sur la cornée, le plus souvent de 0 gr. $3/\text{mm}^2$, et beaucoup de points ne sentent pas cette pression. Les points sensibles deviennent plus nombreux pour une pression de 1 gr/ mm^2 . Les points insensibles deviennent rares quand les pressions deviennent plus fortes, mais on en trouve encore, pour 26 gr/ mm^2 , sur les parties marginales. Au delà de cette pression, les sensations deviennent insupportables. Mais elles sont constamment de même espèce, à savoir purement douloureuses : il est impossible d'obtenir la sensation de pression sur la cornée, et l'on ne peut y obtenir des sensations de température que sur les parties marginales. D'autre part, les seuls organes nerveux que l'on trouve, dans ce même centre de la cornée, sont des terminaisons libres. Ce sont donc les seuls organes possibles pour les sensations de piqure (1).

La conjonctive se comporte comme les bords de la cornée, c'est-à-dire qu'elle ne fournit pas de sensations de pression, mais donne principalement des sensations de piqure (avec un seuil plus élevé que la cornée), et aussi des sensations de température. Elle contient des terminaisons libres, ce qui concorde avec l'indication fournie par le centre de la cornée. Elle contient aussi des bulbes terminaux de Krause, dont la fonction est discutée.

Les dents, comme le centre de la cornée, fournissent uniquement des sensations douloureuses, quelle que soit la nature des excitations (mécaniques, thermiques ou chi-

(1) VON FREY, *Beiträge zur Sinnesphysiologie der Haut*, III^e communication *Berichte*, 1895, 179-180. Pour la description des expériences sur l'œil, voir 1^{re} comm., *Berichte*, 1894, 192 et suiv.

miques). Mais leurs terminaisons nerveuses ne sont pas assez connues.

Enfin, les terminaisons libres se trouvent dans la couche muqueuse de l'épiderme, et le fait que ces terminaisons sont les organes de sensations de piqûre de la cornée donne à penser que les mêmes appareils nerveux sont les organes des mêmes sensations dans la peau. D'ailleurs von Frey relève certains faits qui montrent que les sensations de piqûre doivent avoir des organes plus superficiels que les sensations de pression. Sur toutes les surfaces du corps qui sont pourvues d'un épithélium mince, malgré l'action isolante de la couche cornée, le seuil électrique de la piqûre est ordinairement plus bas que celui de toutes les autres espèces de sensations, ce qui est d'autant plus significatif d'une faible résistance que le seuil mécanique de la piqûre est plus élevé que celui de la pression. En outre, les substances corrosives appliquées sur la peau provoquent des sensations douloureuses qui ne sont pas précédées de sensations d'autre genre : c'est ainsi que, quand on marque des points sensibles de la peau avec une solution de nitrate d'argent, on éprouve fréquemment, surtout aux endroits où l'épiderme est mince, une sensation persistante de brûlure. Des gouttelettes d'une solution de permanganate de potasse agissent souvent de la même façon, quoique plus faiblement. La conclusion est que les organes des sensations de piqûre doivent être les organes nerveux les plus superficiels de la peau, c'est-à-dire les terminaisons libres de la couche muqueuse (1). Mais il reste possible et même probable, qu'il existe aussi, dans les couches inférieures de la peau, d'autres terminaisons libres, dont le rôle serait de fournir des sensations douloureuses dans le cas d'infections ou de blessures pénétrantes (2).

Au sujet de la nature des impressions dans les terminaisons

(1) VON FREY, III^e communication, 180-181. Cf. Thunberg, *Skandin. Arch. f. Physiol.*, XI, 382. Kiesow, *Arch. f. ges. Psych.*, XVIII, 277.

(2) VON FREY, *Abhandl.*, 257.

libres, von Frey expose une hypothèse analogue à celle qu'il a formée pour les organes de la pression. Les terminaisons, situées dans les espaces intercellulaires de la couche muqueuse, subiraient des modifications dans la composition de leurs liquides, et il en résulterait une action chimique (1).

Nous arrivons maintenant à la dernière question, c'est-à-dire à celle de la nature psychologique de la sensation de piqure. Comme pour la sensation de pression, il me paraît commode de l'étudier de préférence en l'envisageant sous sa forme typique. Nous déterminons donc par tâtonnement un point interpilaire qui soit sensible à une excitation légère, qui nous donne la sensation de piqure pour une pression relativement forte exercée sur une base étroite, par exemple pour une pression de quelques décigrammes exercée sur une base inférieure à un centième de millimètre carré. Puis, après avoir passé une éponge humide sur la peau (v. Frey, *Abh.* 241), conservant la même surface d'application, nous faisons agir sur ce point une pression de plusieurs grammes, ou plus simplement, renonçant à des mesures précises qui ne sont pas indispensables en ce moment, nous appuyons avec précaution une fine pointe d'aiguille sur le point ainsi déterminé (2), ou bien nous y déposons avec un pinceau une gouttelette d'une solution de nitrate d'argent. Nous obtenons alors une sensation spéciale, nettement distincte de la sensation de pression, beaucoup plus familière d'ailleurs, car tout le monde la connaît de longue date : c'est la sensation typique de piqure. Si l'excitation n'a pas été trop faible, nous n'avons pas le désir de la prolonger : au contraire, d'une façon instinctive, nous retirons l'aiguille, nous avons une tendance à frotter le point piqué, comme pour chasser une impression gênante ou pour éloigner un corps étranger. Ces mouvements, commencés ou exécutés, signifient visiblement que la sensation est, sinon, à vrai dire, douloureuse,

(1) VON FREY, *Abhandl.*, 261.

(2) Il est préférable de ne faire cette expérience que sur soi-même.

du moins désagréable ou vaguement inquiétante. Si l'excitation est plus forte, la sensation est franchement douloureuse.

Maintenant, le fait psychique que nous observons dans ces conditions est en réalité complexe, et la sensation proprement dite de piqûre n'en est qu'une partie. Je crois qu'il y a lieu d'y distinguer trois faits consécutifs : 1^o la sensation de piqûre ; 2^o les mouvements de défense qu'elle provoque ; 3^o l'émotion de douleur, ordinairement légère, qui en résulte. Et voici comment cette distinction me paraît se justifier.

D'abord, tous les observateurs ont signalé le retard de la sensation dont nous nous occupons en ce moment. « La sensation de douleur que l'on peut produire par des excitations mécaniques (des déformations) ne dépend pas seulement de l'intensité de l'excitation, mais aussi, à un degré très frappant, de sa durée. Un crin donné peut, pour une égale déformation de la peau, être senti, selon la durée de son action, comme indolore ou comme douloureux. Cette proposition est confirmée par l'expérience quotidienne, selon laquelle de légères déformations de la peau, des compressions etc., d'abord indolores, peuvent avec le temps devenir douloureuses. Des déformations constantes de la peau qui sont faibles, voisines du seuil de la douleur, ont ainsi un temps net de latence, qui peut, dans certaines circonstances, s'étendre à plusieurs secondes. C'est là la forme physiologique du retard de la sensation douloureuse, qui, comme Naunyn l'a observé le premier, se produit avec beaucoup plus de force dans certains états morbides du système nerveux (1). » Et von Frey, insistant sur la différence qui existe à ce point de vue entre la sensation de pression et la sensation de piqûre, l'interprète comme exprimant une différence dans le développement des impressions. Ce développement se ferait

(1) VON FREY, *Abhandl.*, 242. V. Naunyn, *Arch. f. exp. Path. u. Pharm.* Bd 25, p. 272, avec la littérature antérieure.

avec une telle lenteur dans les organes de la piqûre que, quand on veut déterminer le seuil de la piqûre avec quelque sûreté, il faut faire agir la pression pendant « quelques secondes » (1). Pour la même raison, il arriverait que, quand une pression de force convenable agit à la fois sur un organe de pression et un organe de douleur, les deux sensations se produisent l'une après l'autre, et la sensation de pression a le temps de s'évanouir avant que celle de douleur apparaisse.

Il est donc bien établi que la sensation de douleur est très tardive. Mais la raison de ce retard réside-t-elle uniquement en ce que, comme le suppose von Frey, le mouvement des liquides se fait avec une extrême lenteur dans les cavités intercellulaires de l'épiderme où sont logées les terminaisons libres? Ou bien consiste-t-elle plutôt en ce que, à partir de la sensation de piqûre, il se développe un processus psycho-physiologique dont la douleur est le terme final et dont le moment intermédiaire serait constitué par une réaction que déclancherait la sensation? La deuxième hypothèse me paraît la plus probable, non pas seulement parce qu'elle est la seule qui concorde avec les idées que j'ai exposées sur la nature de l'émotion, ni parce qu'elle nous permet de faire entrer les faits relatifs à la piqûre et à la douleur dans les cadres généraux de la sensation et de l'émotion — ce seraient là des raisons générales de philosophie dont le poids serait faible, alors qu'il s'agit d'une question de fait, — mais la deuxième hypothèse me paraît la plus probable parce qu'elle est confirmée par plusieurs faits qui ne concordent pas avec la première hypothèse.

L'un de ces faits est que, si l'impression produite sur un point de piqûre avait la lenteur qu'on lui attribue, si surtout elle avait besoin de « quelques secondes » pour se développer, le temps de la réaction consciente et volontaire à

(1) *Berichte*, II, p. 295. Voir en outre, au sujet de l'hypothèse sur la nature de l'impression dans son rapport avec la lenteur, *Abhandl.*, p. 261.

une sensation de piqûre devrait être beaucoup plus long que le temps de réaction des autres espèces de sensations. Or ce temps a été mesuré par Kiesow (1) sur lui-même et sur huit autres personnes, et il s'est trouvé qu'il est de même ordre que le temps de réaction aux sensations de froid, de chaud et de son : la plupart des valeurs, qui diminuent avec l'exercice, qui varient suivant que la réaction est sensorielle, musculaire, indifférente ou naturelle, se trouvent entre 130 et 250 millièmes de seconde (2), comme la plupart des valeurs trouvées par de nombreux expérimentateurs pour les diverses espèces de temps de réaction simple (3). Il est vrai que, dans ces expériences de Kiesow, l'excitation employée était choisie de façon à provoquer une sensation vive et que, pour des excitations voisines du seuil, le temps de réaction aurait certainement été plus long, mais c'est là encore un fait commun à toutes les espèces de sensations. Aussi Kiesow, après avoir indiqué les résultats obtenus pour les sensations de piqûre avec ses collaborateurs, exprime-t-il sa surprise de ne pas les avoir trouvés plus grands (4). Autant qu'on peut exprimer une opinion sur des expériences qu'on n'a pas faites soi-même, je crois que, dans ces expériences de Kiesow, les sujets ont dû réagir dès qu'ils ont commencé à sentir la sensation, et que, par suite, ils ont réagi à la piqûre sans attendre la douleur. Et je crois aussi que von Frey a constaté une lenteur exceptionnelle du processus total, parce qu'il n'a considéré la sensation comme arrivée à son achèvement que quand il a eu conscience de la douleur.

Le deuxième fait est que l'excitation peut être assez forte pour impressionner les points de piqûre, et assez légère pour ne pas provoquer une douleur véritable : alors on observe la sensation de piqûre avec sa qualité caractéristique ;

(1) Beobachtungen über die Reaktionszeiten der schmerzhaften Stichempfindung, *Archiv für die gesamte Psychologie*, XVIII, 265-304 (1910).

(2) Cf., pour le son et la température, un mémoire de Kiesow et un autre de Kiesow et Ponzio dans *Arch. f. d. ges. Psych.* XVI, 352 et suiv.

(3) WUNDT, *Physiol. Psych.*, III, 414 et suiv. (5^e éd.).

(4) Article cité, p. 295.

on la distingue de la sensation de pression, pourvu qu'elle ne se réduise pas à une sorte d'effleurement ; elle n'est pas agréable, elle ne provoque pas la réaction d'acceptation de la caresse, elle est même vaguement désagréable, mais elle n'est pas douloureuse. C'est cette sensation que Goldscheider a observée quand, piquant les points interpilaires, et, sans aucun doute, atteignant des points de piqûre, il a obtenu ce fait psychique qu'il appelle « un sentiment piquant, ou, mieux, semblable à une piqûre, mais non douloureux... » Il est facile de répéter cette observation en tâtonnant un peu avec une aiguille dans une région interpilaire, et en graduant la force de la piqûre : on arrive aisément à une sensation qui est très facile à supporter, mais dont les caractères sont tels que l'on sent bien qu'il n'est pas désirable que la force de l'excitation soit accrue.

Une telle sensation de piqûre non douloureuse suffit-elle à entraîner les réflexes qui donneraient lieu, selon von Frey, à cette sensation secondaire qu'il a appelée sensation de chatouillement ou de démangeaison ? Le seul fait qui soit bien établi est la rougeur consécutive à l'impression. Mais cette rougeur est loin de se produire toujours. Non seulement je n'ai jamais pu l'observer dans les cas où les organes de pression sont seuls impressionnés, mais même dans le cas où l'aiguille impressionne un point de piqûre, elle est loin de se produire toujours. Je crois qu'elle ne se produit que si l'impression est relativement forte, que le léger afflux sanguin qui la constitue est un phénomène de défense, et que la défense ne s'établit que si la sensation avertit l'organisme, pour ainsi dire, de l'imminence d'un danger, et déclenche un mécanisme régulateur. En tout cas, il est difficile de ne pas voir là une réponse à la sensation, une de ces réactions d'adaptation dont l'émotion traduit pour la conscience le succès ou l'échec : la douleur serait ici la conscience d'un échec parce que, au moment où elle se produit, le mal est déjà fait, le dommage, si léger soit-il, est déjà porté à l'organisme. L'existence de cette

réaction défensive constitue ainsi un troisième fait dont la signification est la même que celle des deux premiers.

Un quatrième et dernier fait est constitué par ce que Goldscheider a appelé la sensation secondaire. « Si, dit-il, on exerce avec la pointe d'une aiguille une légère impression sur la peau, on a, outre la première sensation piquante qui se produit tout de suite, après un intervalle dans lequel il n'y a pas de sensation, une deuxième sensation également piquante, dont le caractère se distingue de la première en ce qu'elle ne contient aucun mélange de sensation tactile, mais semble plutôt venir comme de l'intérieur. Pour une intensité modérée, non encore douloureuse, de la première sensation, la sensation secondaire peut être douloureuse. Si l'intensité de l'impression est assez accrue pour que la première sensation soit douloureuse, la deuxième devient plus faible par rapport à la première et elle se présente avec moins de netteté, car l'intervalle vide est partiellement rempli par la persistance de la première sensation. Le phénomène de la sensation secondaire se produit déjà pour des excitations très faibles, qui ne sont pas très éloignées de la valeur du seuil. Il n'est pas nécessaire que le contact ait lieu avec une pointe aiguë ; le phénomène se montre aussi bien pour une impression obtuse, par exemple il apparaît très nettement après un contact avec une tête d'épingle » (1).

Si nous faisons abstraction pour le moment des remarques contenues dans la deuxième moitié de cette description, il semble que nous y trouvons de la façon la plus nette les trois phénomènes successifs que j'ai cru pouvoir distinguer : au début, la sensation de piqure non douloureuse ; à la fin la douleur ; entre les deux, un temps vide, dans lequel doit se produire la réaction de défense. Que la première sensation puisse être directement douloureuse, et qu'alors elle persiste et ne se distingue plus aussi nettement de la deuxième,

(1) GOLDSCHIEDER, *Gesammelte Abhandl.*, I, 397.

cela me paraît signifier que, quand l'excitation devient forte, les faits se mêlent pour la conscience, parce que la réaction devient plus rapide. Que le phénomène se produise aussi pour des excitations faibles et des impressions obtuses, cela paraît tenir à ce que la réaction émotionnelle n'est pas nécessairement liée à une excitation forte et à une impression ponctiforme, et il n'y a là rien de surprenant. Il faut ajouter que la distinction des deux sensations devient plus frappante lorsque l'intervalle est accru d'une façon anormale : c'est ce qui arrive dans certaines maladies, notamment dans le tabès, d'après divers observateurs (1).

Il est vrai que von Frey interprète autrement le fait de la double sensation : il le rattache à sa conception de la différence de durée des impressions qui ont leur siège dans les points de pression et dans les points de douleur. Pour lui, la deuxième sensation de Goldscheider, la sensation douloureuse consécutive, n'aurait pas lieu quand la pression est exercée sur des points de pression auxquels ne sont pas unis des points douloureux : et il en doit être ainsi, puisque la sensation de pression n'est pas de nature à provoquer une réaction de défense. En outre, pour von Frey, les points qui montrent les deux phénomènes observés par Goldscheider sont les points douloureux qui se trouvent dans le voisinage de points de pression : la première sensation est alors celle du point de pression, la deuxième est celle du point douloureux. Enfin, quand on peut impressionner un point douloureux d'une façon isolée, la sensation douloureuse se produit bien, avec son retard ordinaire, mais la sensation antécédente de pression fait défaut (2). Il est possible, après tout, que cette interprétation de von Frey, bien qu'elle soit en opposition avec les expériences de Kîesow sur le temps de réaction, soit la vraie. Pourtant, je ne le crois pas.

(1) GOLDSCHIEDER, *Ges. Abh.*, 1, 391. Cf. 390. J'ai observé aussi chez les tabétiques le retard des diverses sensations de la peau. Il est extrêmement fréquent, et souvent considérable.

(2) VON FREY, *Abhandl.*, 243.

Le dernier fait qu'il allègue est vrai sans doute pour la sensation de pression envisagée sous sa forme typique : mais ce n'est pas cette sensation qui constitue le premier terme de la chaîne d'événements qui se termine par la douleur, c'est la sensation de piqûre non encore douloureuse. Or, cette sensation de piqûre, je crois pouvoir affirmer que n'importe qui peut la provoquer, en piquant doucement la peau avec une aiguille dans les espaces interpilaires. Si l'on pique avec précaution, la douleur est plus ou moins rapide, mais, presque toujours, la piqûre est sentie et reconnue comme telle, la sensation a sa qualité caractéristique de sensation de piqûre avant que la douleur apparaisse à la conscience. Et, s'il arrive que la douleur apparaisse dès le premier moment, si elle succède immédiatement à l'impression et si elle se fond dans la conscience avec la sensation de piqûre — et cela n'est pas rare — c'est que la réaction émotionnelle a été plus rapide que de coutume.

La conception systématique des faits que je viens d'exposer relativement aux sensations de pression et de piqûre, à la réaction qui les suit, et à l'émotion qui traduit le résultat de cette réaction dans la conscience, trouve encore une confirmation partielle, mais qui n'est pas à dédaigner, dans les observations du médecin hongrois Ludwig Török sur la nature de la sensation de démangeaison (1).

Le point de départ en est l'identification faite par Goldscheider et von Frey de la sensation de démangeaison (*Juckempfindung*) avec la sensation de chatouillement (*Kitzlempfindung*) et, en même temps, l'opinion de von Frey que c'est là une sensation secondaire liée à une action réflexe exercée sur les vaisseaux sanguins. Török prouve d'abord que les deux sensations ainsi identifiées sont bien distinctes. La distinction apparaît d'une façon frappante quand il se produit des sensations de démangeaison par

(1) Ueber das Wesen der Juckempfindung, *Z. f. Ps. u. Ph. d. S.*, XLVI, 23-35, 1907.

suite d'un eczéma sur la plante du pied : on peut alors, par une légère excitation mécanique de la partie voisine, provoquer la sensation de chatouillement et faire ainsi apparaître la différence.

Ou bien on peut, sur une partie saine de la peau, provoquer la sensation de démangeaison au moyen des filaments des graines d'une légumineuse appelée *Cucuma Pruriens*, c'est-à-dire au moyen de ce qu'on appelle dans le commerce la poudre à gratter. Si l'on applique de cette poudre sur la face interne du poignet, et si l'on touche doucement avec une baguette de bois la paume de la main dans le voisinage, on provoque dans la première région la sensation de démangeaison et dans la seconde celle de chatouillement, et l'observation subjective n'a pas de peine à les distinguer. Mais on ne peut pas les produire en même temps toutes les deux sur le même endroit : l'une des deux inhibe toujours l'autre en pareil cas.

Toutefois, quelques observations médicales permettent de réaliser cette distinction dans une même région de la peau. Un ouvrier intelligent souffrait d'un eczéma de l'avant-bras, et en éprouvait des démangeaisons. Le médecin touche légèrement, avec une petite baguette de bois, la région qui est le siège de la démangeaison : le malade annonce alors, outre la démangeaison qui persiste, une sensation distincte, localisée au même endroit, semblable à celle que produirait la marche d'un insecte sur la peau. Et il caractérise cette dernière sensation comme celle d'un chatouillement, tandis que la démangeaison causée par l'eczéma est quelque chose de tout différent, semblable à la piqure d'un insecte. Un autre malade, dans des circonstances analogues, fait les mêmes distinctions.

D'autres faits prouvent que la sensation de démangeaison provient des mêmes organes que la sensation douloureuse. Ainsi les inflammations de la peau causées par l'action de substances chimiques corrosives, lorsqu'elles sont en voie de guérison et que les excitations qu'elles font agir sur

les nerfs s'affaiblissent, ne produisent plus de douleur, mais, à la place, une démangeaison. Et, inversement, on peut observer dans beaucoup de cas que des altérations superficielles de la peau, qui, dans les premiers stades de leur développement, ne produisent que de la démangeaison, provoquent de la douleur quand leur développement est plus avancé. Par exemple, des points d'acné produisent fréquemment de la démangeaison : s'ils grandissent et donnent lieu à une suppuration étendue, ils deviennent douloureux. Mêmes observations dans des cas de folliculite et de furonculose. D'ailleurs, d'une façon plus générale, une plaie qui guérit produit, non plus de la douleur, mais de la démangeaison.

La sensation de démangeaison peut d'ailleurs être provoquée par toutes les excitations, mécaniques, thermiques ou chimiques, qui, à un degré plus élevé, produisent la douleur. Par exemple, dans l'urticaire, la démangeaison est produite par des agents chimiques qui atteignent les nerfs. La pression d'un bandeau sur la peau, celle des jarrettières notamment, provoque la même sensation. Beaucoup de personnes éprouvent des démangeaisons, en été par la brûlure du soleil, en hiver par celle du froid.

Mais la preuve la plus parfaite que les organes de la sensation de démangeaison sont les mêmes que ceux de la sensation douloureuse est fournie par quelques expériences rendues possibles par des phénomènes morbides.

Dans un cas de syringomiélie et dans trois cas de lèpre, les sensations de pression et de température sont conservées, mais celles de douleur sont supprimées. Or, sur toutes les régions de la peau où cette dissociation est réalisée, il n'est plus possible de produire la sensation de démangeaison. Par exemple, on constate que, sur ces régions, la piqure d'aiguille n'est pas sentie, même quand elle fait sortir du sang : on y applique de la poudre à gratter, et la sensation de démangeaison n'apparaît pas. Au contraire, chez les mêmes sujets, là où la sensation de douleur est conser-

vée, la même application provoque une démangeaison vive.

Enfin quelques autres faits contribuent d'une façon utile, même après les expériences de von Frey, à prouver que les organes des sensations de démangeaison, et, par conséquent, aussi ceux des sensations de piquûre, sont situés dans les couches les plus superficielles de la peau. D'abord, les inflammations qui ont leur siège dans les tissus sous-cutanés, ou dans les couches profondes de la peau, ne produisent jamais de démangeaison : les seules inflammations qui causent la démangeaison sont celles qui ont leur siège dans les couches superficielles. La démangeaison se produit si l'on jette de la poudre à gratter sur une région de la peau qui a perdu la couche cornée de son épiderme, ce qui arrive dans certaines plaies. Dans un cas où l'on détruit la couche muqueuse par voie opératoire, la sensation de démangeaison disparaît : elle reparait lorsque la couche détruite se régénère.

La preuve est donc faite que la sensation de démangeaison est bien la forme atténuée, ou le degré inférieur, de la sensation qui est produite par une excitation agissant sur les terminaisons libres. Mais il semble que la démangeaison se produit dans le cas où la réaction réflexe est faible, tandis qu'il y a proprement douleur quand la réaction est plus forte. Ni dans un cas ni dans l'autre, la sensation n'est douloureuse par elle-même : elle est seulement la sensation spécifique de piquûre, et elle peut provenir, dans la démangeaison spécialement, d'une pluralité d'organes impressionnés en même temps.

CHAPITRE V

LES SENSATIONS DE TEMPÉRATURE

Les sensations de température ne forment pas une seule espèce, mais bien deux espèces différentes, provenant d'organes différents, qui occupent des situations différentes dans la peau. Les parties de la peau où se trouvent ces organes sont ordinairement ponctiformes, et, suivant l'espèce de sensations qu'elles nous procurent, on les appelle points froids ou points chauds. Peut-être, cependant, il existe des régions plus étendues qui possèdent la même propriété sur toute leur surface : on les appelle champs froids et champs chauds. Mais l'existence n'en est pas admise sans contestation par tous les psychologues.

L'expérience qui a établi pour la première fois la distinction des points froids et des points chauds, en même temps que celle des points de piqure, et aussi, d'une façon d'abord hypothétique, celle des points de pression, est l'expérience fondamentale de Blix que j'ai analysée plus haut (ch. II, p. 19). Je rappelle simplement que cette expérience a été faite par Blix sous plusieurs formes, en faisant passer un courant électrique faible à travers un grand nombre de points de la

peau, en faisant glisser sur le dos de la main une pointe mousse de fer ou d'acier, en appliquant sur la peau un cône de métal à l'intérieur duquel circule un courant d'eau dont on règle la température : suivant les points de la peau qui sont ainsi impressionnés, abstraction faite de ceux qui donnent la sensation de piquûre, ou la sensation encore incertaine de pression, on obtient une sensation de froid ou une sensation de chaud, ou bien il ne se produit aucune sensation. Cette expérience montre que les sensations de froid et celles de chaud proviennent d'organes différents, et que ces organes sont, au moins dans les régions que Blix a explorées (dos de la main, des doigts et de l'avant-bras), discontinus, ponctiformes et séparés par des intervalles vides.

Les expériences de Goldscheider et celles de Donaldson ont confirmé sur les points essentiels la découverte de Blix. Depuis cette époque, l'étude des sensations de température a donné lieu à un bon nombre de recherches d'importance variable. Les résultats, ou certains ou hypothétiques, de ces expériences peuvent se classer en deux groupes : les uns concernent les sensations élémentaires de chaud et de froid, les autres se rapportent à des perceptions. Les deux groupes sont mélangés dans les travaux de récapitulation destinés à présenter l'état des recherches à l'époque où ils ont été écrits (1).

Les travaux qui sont résumés dans ces écrits appartiennent à la Psychologie de laboratoire, et les observations et expériences qu'ils rapportent ont été faites sur l'homme normal. Mais il existe d'autres sources d'information.

L'une est l'observation des dissociations de sensations

(1) Les principaux de ces travaux sont les suivants :

T. THUNBERG, *Physiologie der Druck, Temperatur, und Schmerzempfindungen*, dans Nagel, *Handbuch der Physiologie*, III, 681, 1904.

M. VON FREY, *Die sensorischen Funktionen der Haut und der Bewegungsorgane*, dans Tigerstedt, *Handbuch der physiologischen Methodik*, III, 1, p. 11, 1910 (donne seulement la technique expérimentale).

M. VON FREY, *Physiologie der Sinnesorgane der menschlichen Haut*, I. Teil : *Der Temperatursinn*, dans Asher et Spiro, *Ergebnisse der Physiologie*, 9^e année, 351-368, 1910.

qui sont réalisées par des lésions de la moëlle épinière. Les principales maladies qui nous présentent de pareilles dissociations sont le tabès et la syringomyélie. Dans le tabès, les cordons postérieurs de la moelle sont lésés, d'une façon d'abord légère, puis plus profonde, et le malade perd les sensations de mouvement, puis les sensations de pression, mais conserve en général celles de douleur et celles de température. Dans la syringomyélie, au contraire, la lésion porte sur la substance grise, et, plus précisément, sur les cornes postérieures de cette substance, et l'on observe une dissociation inverse de celle du tabès : il y a alors, comme disent les médecins, analgésie et thermanesthésie. Des dissociations analogues, mais moins précises, existent aussi dans d'autres maladies qui intéressent les appareils nerveux (1).

Une deuxième source d'information, dont on n'a d'ailleurs pas tiré tout ce qu'elle pouvait fournir, est constituée par les blessures de la moelle épinière ou des nerfs, qui sont produites par des accidents, ou des projectiles, ou des armes tranchantes. On y observe notamment le syndrome de Brown Séquard, qui se décrit ainsi au point de vue clinique. Après section ou lésion d'une moitié de la moelle, on a : 1^o du côté correspondant à la lésion, paralysie motrice et état normal ou exagération des diverses sensibilités, avec quelques complications secondaires ; 2^o du côté opposé à la lésion, conservation des mouvements volontaires et du sens musculaire, et anesthésie dans tous ses modes. De plus, souvent l'anesthésie observée est dissociée (type syringomyélique) ; parfois même il y a seulement thermanesthésie.

Enfin des expériences hardies ont été faites, dans lesquelles on a entaillé des nerfs sensoriels. La première et la plus justement célèbre de ces expériences est celle du médecin anglais Head. J'en ai déjà parlé plus haut, à propos des sensations de pression (ch. III, § 3), puis des sensations de piqure (ch. IV). Maintenant c'est au sujet des deux espèces de

(1) Voir GRASSET, *Physiopathologie Clinique*, III, p. 418.

sensations de température que cette expérience nous fournit des renseignements précieux.

Au lendemain de l'opération, les quatre espèces de sensations cutanées avaient disparu sur une région étendue de la main et du pouce, à la face dorsale. Il existait cependant une bordure étroite où le sujet sentait la piquûre, mais ne sentait pas la pression légère. Mais on ne nous dit rien sur les sensations de température dans cette bordure, peut-être parce qu'elle était trop étroite pour qu'on pût l'explorer à ce point de vue. Au bout de trois semaines, il apparut dans le premier espace interosseux une autre petite zone où le sujet éprouvait une sensation de piquûre, qu'il qualifiait de légère. Mais dans la même région, on ne pouvait provoquer aucune sensation de chaud ni de froid, ni, par suite, découvrir aucun point chaud ou froid. Donc les organes du chaud et du froid sont bien distincts de ceux de la piquûre.

Le 15 août seulement, 112 jours après l'opération, la partie proximale de la zone affectée fut sensible au froid de la glace : l'excitation fut appliquée au moyen d'un tube d'argent rempli de glace et dont la base était d'environ 1 centimètre carré. Le lendemain, l'exploration de la région au moyen de petites tiges de cuivre (d'environ 1 mm² de surface) plongées dans la glace pilée, fit découvrir dans la même partie de la zone affectée 9 points froids, en deux groupes, dont l'un sur le pouce. Le 9 septembre, la sensation de froid reparait dans la partie proximale de la région (sur l'avant-bras) et l'on y découvre six points froids. Le 20 septembre, le tube d'argent révèle la sensation de froid vers la base de la première phalange du pouce : la recherche avec les tiges de cuivre montre qu'il s'y trouve un seul point froid. Enfin je cite un dernier fait important relatif à la réapparition de la sensation de froid. Depuis le mois de juin, il existait dans le voisinage du poignet une région triangulaire où le sujet sentait la pression légère, mais non la piquûre, ni le froid. Le 15 octobre, le tube y provoque une sensation de froid : elle est due aussi à un point froid unique.

La sensation de chaud n'a reparu que le 8 octobre, 166 jours après l'opération, dans la région de l'avant-bras. Le tube d'argent est à 45° C. On reconnaît au moyen d'une tige de cuivre qu'il existe dans cette région un seul point chaud. Le 1^{er} novembre, un autre point reparaît vers la tête du premier os métacarpien, et un autre encore le 9 novembre.

A ces faits très importants, puisqu'ils montrent que les sensations reparaissent à des moments différents et en des endroits différents, pour le froid et le chaud, à la suite d'une blessure d'un nerf, il est intéressant d'ajouter quelques autres faits qui montrent que, dans certains cas, l'une seulement des deux espèces de sensations de température peut faire défaut. Mais alors la lésion est dans la moelle épinière. Je prends ces faits dans des observations de Head et Thompson (1).

Un médecin de 45 ans (cas n° 8, paralysie de Brown-Séquard) a perdu la sensation de piqure sur la jambe droite, la cuisse droite et la moitié droite du tronc ; de plus, il a perdu la sensation de froid sur le pied droit et une partie de la jambe du côté droit. Les mêmes régions de la peau lui donnent la sensation de chaud d'une façon normale, pour les températures de 35° à 55°. Toutes les autres sensations de la peau sont normales.

Un autre sujet (cas 7), de 26 ans, en plongeant dans une eau trop peu profonde, subit un traumatisme dans le corps de la sixième vertèbre cervicale. Il a conservé partout les sensations de pression. Il a perdu celles de piqure sur la face antérieure de la jambe et de la cuisse gauches, la zone insensible étant mal délimitée, mais le pied restant sensible sur toute la surface. La sensation de froid est perdue sur la même jambe dans une région plus étendue, à savoir depuis le bout du pied (compris) jusqu'à la hanche, exception faite pour une partie de la cuisse du côté dorsal. La sensation de

(1) HEAD et THOMPSON, The grouping of afferent impulses within the spinard cord, *Brain*, 29, 1906, p. 557 et suiv., 677 et suiv.

chaud est perdue sur toute la même région et, de plus, sur le reste de la cuisse et sur la moitié gauche du tronc jusqu'au milieu de la poitrine.

Nous voyons par ces deux faits que non seulement certaines régions de la peau peuvent conserver une des deux espèces de sensations thermiques et perdre l'autre, mais que la distinction des conditions nerveuses des sensations de chaud et de froid se retrouve dans les fibres de la moelle épinière qui transmettent les impressions au cerveau. Il n'est pas possible de prouver d'une manière plus décisive que les sensations de chaud et de froid dépendent de deux appareils nerveux différents.

L'étude des conditions et des caractères des sensations de froid et de chaud est bien plus difficile et en tout cas, est bien moins avancée, que l'étude analogue des sensations de pression, et même de piqure. Par suite il faut se résigner, pour présenter d'une façon méthodique les faits établis, et les hypothèses qui s'y rapportent, à suivre un autre ordre que celui qui s'est montré si commode, dans les deux chapitres précédents, pour l'étude des sensations de pression et de piqure.

Nous allons envisager d'abord les différences quantitatives des sensations de froid. Le premier fait qui, dans l'exploration méthodique d'une région de la peau, attire l'attention, c'est que, si l'on cherche les points froids avec un exciteur métallique de petite dimension (environ 1 mm², une tête d'épingle ordinaire est suffisante), on constate des différences quantitatives très frappantes. Certains points, peu nombreux, sont sentis comme très froids, et tous les observateurs comparent les sensations qu'ils en obtiennent à celles que causerait un corps glacé. D'autres points, plus nombreux, apparaissent simplement comme froids, d'autres comme frais. Cela fait trois espèces de points : points glacés, points froids et points frais. — Suivant la vieille tradition dont Fechner a été l'initiateur, on interprète ordinairement ce fait comme signifiant que les sensations de froid

ont une intensité variable suivant les points de la peau d'où elles proviennent. Je me borne à faire remarquer que, à mon avis, tout ce qu'on a le droit de conclure du fait expérimental que nous envisageons, c'est que, suivant les points de la peau qui sont impressionnés, la même excitation provoque des sensations qui nous font juger que le corps qui touche la peau est plus ou moins froid. Autrement dit, l'intensité que nous jugeons variable, c'est celle de cette quantité objective que nous appelons le froid. Nous portons ce jugement d'après les sensations que nous obtenons des différents points, et, sans aucun doute, les sensations diffèrent suivant les points d'où elles proviennent, mais rien ne nous autorise à affirmer qu'il s'agit là de différences d'intensité dans les sensations : il s'agit de différences senties dans les intensités physiques.

Aux trois espèces de points que l'on est ainsi amené à distinguer, je crois qu'il faut en ajouter une quatrième : c'est celle des points que j'appellerai douteux. Fréquemment, dans la recherche des points froids, il arrive que l'on rencontre des points dont on hésite à affirmer qu'ils provoquent une sensation de froid. J'ai rencontré de pareils points chaque fois que j'ai fait la recherche des points froids.

Et je ne crois pas que nous devions considérer ce fait expérimental simplement comme le résultat d'une imperfection de la technique, mais plutôt je suis porté à y trouver une indication très importante au sujet de la nature des sensations élémentaires de froid. Nous avons, en effet, le choix, pour interpréter ce fait, entre deux hypothèses : ou ces points incertains ne sont pas des points froids, ou bien ce sont des points froids qui nous donnent les sensations sous leur forme naissante, ou évanescence, les sensations les plus voisines du seuil, et par suite les véritables sensations élémentaires.

Nous sommes obligés, faute de mieux, de raisonner ici par analogie. Le seuil de sensation, et aussi le seuil de perception, n'est jamais une valeur de l'excitation qui soit telle que l'on ne sente ou que l'on ne perçoive rien toutes les fois

que l'excitation est plus faible que cette valeur, tandis que l'on aurait toujours une sensation, ou une perception, toutes les fois que l'excitation atteindrait, ou dépasserait, la valeur du seuil. Cette conception du seuil comme constituant une sorte de barrière rigide entre la conscience claire et l'inconscience a été celle de Fechner et de ceux qui l'ont suivi, et elle est encore communément acceptée. Je n'hésite pas à affirmer qu'elle est fausse et qu'elle contribue à fausser des déterminations célèbres de seuils comme celles que von Frey a faites pour les sensations de pression et de piqure. Si, comme nous l'avons fait dans nos expériences sur les sensations de pression, on applique des excitations voisines du seuil, et si l'on recueille toutes les réponses des sujets, on voit que la même pression, appliquée au même point de la peau, chez le même sujet, donne tantôt la sensation typique de pression, tantôt une sensation douteuse ou vague, et tantôt ne donne aucune sensation. Et, si l'on prend ensuite une excitation plus forte, mais qui ne soit pas beaucoup plus forte, on voit que la sensation typique devient plus fréquente, et l'on peut faire disparaître les cas nuls, mais on ne fait pas disparaître les cas douteux. Si enfin on donne à l'excitation une valeur qui fasse disparaître les cas douteux, on s'aperçoit que la même excitation donne aussi une sensation nette sur les points que nous avons appelés interpilaires, c'est-à-dire sur ceux qui ne possèdent pas d'organes : dans ce dernier cas, la pression s'exerce sur les points pilaires les plus rapprochés, et provoque ainsi la sensation. Nous savons qu'il en est de même dans la détermination du seuil de Weber, et d'ailleurs, si la méthode des cas vrais et faux peut être appliquée à la recherche du seuil dans toutes les espèces de sensations, si en particulier elle peut être appliquée sous la forme que G.-E. Müller lui a donnée dans son dernier ouvrage (1), à savoir sous la forme de méthode des différences constantes

(1) *Gesichtspunkte und Tatsachen der psychophysischen Methodik* (dans Asher et Spiro, *Ergebnisse der Physiologie*).

pour la mesure du seuil différentiel, de méthode des excitations constantes pour la mesure du seuil d'excitation, c'est parce qu'il existe des différences d'excitations, et aussi des excitations qui donnent lieu aux diverses espèces de jugements (cas positifs, cas douteux, cas négatifs).

Faisons maintenant application de ces considérations aux sensations élémentaires de froid : nous sommes amenés à admettre que les points que j'ai appelés douteux sont des points sur lesquels une même excitation provoque dans certaines conditions une sensation nette de froid, et, dans d'autres conditions, une sensation douteuse ou bien pas de sensation du tout.

Ce qui vient d'être dit sur les points froids peut être répété sur les points chauds. Si l'on prend une tige de métal légèrement chauffée, de façon qu'elle ait une température un peu supérieure à 36 degrés, on peut aisément découvrir des points chauds, des points incertains et des régions intermédiaires insensibles. De plus, parmi les points chauds, on distinguera des nuances de sensation : la même tige métallique provoquera une sensation de tiède sur certains points, de chaud sur certains autres. En employant un excitateur à une température plus élevée, on obtient une sensation de chaud qui se rapproche du brûlant, et qui soulève un problème sur lequel on a beaucoup discuté : il s'agit de savoir si cette sensation vient uniquement de points chauds, ou bien si les organes du froid n'y seraient pas intéressés. Je laisse cette question de côté pour le moment.

Que sont donc les points incertains ? D'après ce qui précède, je crois que nous devons les considérer comme des points sensibles, les uns froids, les autres chauds. Mais il faut pour cela qu'ils aient été déterminés avec une technique qui exclue les illusions du type de l'illusion paradoxale. Nous savons, en effet que, dans la détermination du seuil de Weber, si l'on procède inconsidérément, et, pour tout dire, si l'on emploie des séries trompeuses de distances, c'est-à-dire des séries qui ne produisent pas la perception nette de

deux pointes séparées par un intervalle vide, il arrive inévitablement, au bout d'un temps très court, que l'observateur le plus attentif croit percevoir deux pointes d'esthésiomètre, ou deux têtes d'épingles, alors qu'il n'en est appliqué qu'une. C'est l'illusion paradoxale. Le moyen d'empêcher cette illusion de se produire est d'employer toujours des séries normales de distances, c'est-à-dire des séries qui contiennent au moins une fois une distance supérieure au seuil, une distance qui produise sûrement la perception de deux pointes séparées par un intervalle vide, et aussi, au moins une fois, la distance nulle, c'est-à-dire la pointe unique. Ces faits s'expliquent par ceci, que le sujet chez lequel se produit l'illusion paradoxale a perdu l'image d'une double pression sur la peau, et même celle d'une pression unique, — tandis que, avec la série normale de distances, il conserve ces deux images, et il les entretient dans un état de netteté suffisante pour ne jamais tomber dans l'illusion paradoxale. — Nous savons aussi qu'une illusion équivalente peut se produire dans la détermination du seuil des sensations de pression : ici l'illusion consiste en ce que le sujet perçoit une pression alors que l'on n'en exerce pas. Le moyen de l'empêcher d'apparaître, et d'obtenir des réponses dignes de foi, c'est, comme dans la mesure du seuil de Weber, de faire en sorte que le sujet obtienne, de temps à autre, la sensation typique de pression sur un organe élémentaire, et l'on y arrive aisément en appliquant sur certains points sensibles, dont on connaît la position, des pressions de beaucoup supérieures au seuil. Pour ces raisons, les points incertains peuvent être considérés comme des points froids, ou des points chauds, si la détermination en a été faite dans des conditions qui excluent l'illusion, c'est-à-dire avec des séries d'excitations qui provoquent à coup sûr, de temps à autre, la sensation nette de froid, ou bien celle de chaud. Alors nous pouvons être assurés que le point incertain est un point de température, mais un point de température qui, pour certaines raisons, ne donne pas toujours la sensation spécifique. Ces

raisons ne sont pas toutes inconnues. et j'en signalerai quelques-unes plus loin.

Nous pouvons conclure, pour le moment, que la sensation élémentaire de froid est cette sensation même que l'on obtient lorsque l'excitation des points douteux, ou intermittents, donne lieu à une sensation certaine. Alors, en effet, et alors seulement, nous pouvons affirmer qu'il s'est produit une impression dans un organe approprié, qui a été suffisante pour provoquer, dans une conscience convenablement disposée, une sensation de froid. Et cette sensation est bien la plus simple que l'organe approprié peut nous fournir, puisqu'il suffit que l'impression soit affaiblie pour que la sensation n'apparaisse pas, et puisque une inhibition même légère suffit à l'empêcher d'être saisie par la conscience. Quant aux points qui fournissent toujours la sensation de froid, ou bien qui fournissent la sensation de froid glacial, les raisons, au moins hypothétiques, ne manquent pas pour en comprendre le rôle : il peut se faire que les points qui nous donnent ces sensations de froid que l'on appelle fortes soient situés près de la superficie de la peau, ou bien qu'ils soient particulièrement impressionnables en toutes circonstances, ou bien qu'ils le soient dans les circonstances actuelles ; il peut se faire encore que ce soient des points multiples, ou bien que les tissus qui les protègent, et les séparent de la superficie, soient particulièrement bons conducteurs de la chaleur. Ils peuvent ainsi, pour des raisons diverses, équivaloir à une pluralité de points donnant seulement la sensation que j'appellerai liminale, et qui m'apparaît comme la véritable sensation élémentaire. Les mêmes considérations peuvent s'appliquer aux points chauds, sous réserve de la question spéciale de la *Hitzeempfindung*, ou de la sensation de brûlant qui est donnée, suivant quelques observateurs, par des points froids.

Fatigue locale des points de température. — La fatigue générale crée fréquemment une difficulté pour l'observa-

tion des points chauds et des points froids. Il faut y ajouter un effet analogue de la fatigue locale. La fatigue locale est bien connue, et elle a été étudiée depuis longtemps, en ce qui concerne la rétine : nous savons que, si nous faisons agir d'une façon prolongée une lumière sur une région déterminée de la rétine, ce que nous obtenons en fixant pendant 30 à 40 secondes un point d'un objet éclairé, il se produit des faits de fatigue. Nous sentons que, quand la fixation se prolonge, elle devient plus difficile, nous sommes tentés de mouvoir les yeux, et même nous ne pouvons pas retenir de petits mouvements. En même temps, la surface lumineuse que nous regardons perd de sa luminosité, elle devient grisâtre si elle était blanche, elle s'assombrit si elle était colorée, les formes deviennent flottantes et indécises. La sensation ne s'évanouit pas d'une façon complète, à moins de prolonger la fixation pendant un temps très long, mais elle évolue dans le sens de l'évanouissement. On interprète tous ces faits, au point de vue de la physiologie de la rétine, comme signifiant que la partie de la rétine qui est impressionnée se fatigue, ou que la substance qui est décomposée par l'action chimique de la lumière se raréfie, tend à s'épuiser. Le même fait se produit pour les points froids et les points chauds : si l'on vient de déterminer un point de température au moyen de l'excitation adéquate, c'est-à-dire un point froid avec un corps légèrement froid, un point chaud avec un corps légèrement chaud, et si l'on applique la même excitation plusieurs fois de suite au même point, il n'est pas rare que la sensation devienne moins nette, moins vive, le point qui paraissait d'abord très froid, ou très chaud, devient simplement frais, ou tiède, et même, pourvu que l'on continue l'expérience, il finit assez vite par ne plus donner aucune sensation de température. Si l'on veut recommencer l'expérience avec succès, si l'on veut que les mêmes excitations provoquent sur les mêmes points les mêmes sensations, il faut avoir la patience d'attendre. Combien de temps faut-il attendre ? Comment les points de température retrouvent-ils la sensibilité qu'ils

ont perdue ? suivant quelles lois la perte de sensibilité dépend-elle de la durée de l'excitation, de l'étendue de la surface excitée, de la température de l'excitant et de la température initiale de la peau ? Ce sont là des questions qui n'ont pas été étudiées, mais qui pourraient l'être sans trop de difficulté : il est à présumer que des recherches en vue d'y répondre fourniraient, de plus, des indications intéressantes sur d'autres questions ; en particulier, il serait intéressant de savoir s'il n'existe pas ici quelque fait qui corresponde aux images consécutives négatives de la rétine.

Persistance des sensations de température. — On trouverait peut-être, en étudiant avec la patience nécessaire la question que je viens de poser au sujet de l'influence de la fatigue locale, qu'il n'existe pas d'images consécutives négatives pour les sensations de chaud et de froid que l'on a prolongées jusqu'à la fatigue profonde des organes impressionnés. En revanche, il existe un autre fait de la physiologie de la rétine qui se retrouve certainement dans les sensations de température : c'est le fait des images consécutives positives, que l'on appelle quelquefois, plus exactement, les sensations consécutives positives, ou bien la persistance des sensations. Si la rétine vient d'être excitée dans une de ses parties par une lumière un peu vive et dont les contours sont limités, par exemple par la lumière d'une lampe, ou bien par celle que réfléchit un secteur blanc sur un disque rotatif, la sensation qui en résulte persiste pendant un certain temps, qui n'est pas bien long : il est assez long cependant pour que, après avoir regardé pendant un moment la flamme d'une lampe, on se rende compte qu'on l'aperçoit encore pendant un temps appréciable après que l'on a placé les mains devant les yeux. Dans le cas du disque rotatif, la persistance de la sensation n'est pas observable directement, mais nous avons dans ce qu'on appelle le mélange des couleurs une preuve objective indirecte de cette persistance. Il y a une

persistance analogue des sensations de froid et de chaud, ou bien il y a des sensations consécutives, ou, si l'on veut reprendre le terme consacré par l'usage dans le domaine des sensations de lumière, il y a des images consécutives positives de température. Quelles sont les lois qui en gouvernent la durée et l'évolution ? On l'ignore tout aussi bien que l'on ignore les lois de la fatigue locale. Tout ce que l'on peut affirmer, c'est que la durée des sensations consécutives de froid et de chaud semble être beaucoup plus longue que celle des sensations consécutives de lumière. En effet, nous savons bien que, quand nous avons froid aux mains ou aux pieds, il faut souvent un temps que nous trouvons long pour supprimer ces sensations désagréables, surtout celles de froid. Il est vrai que cela ne nous autorise pas à affirmer qu'il en est de même pour des sensations qui proviennent d'impressions locales, bien limitées à des points étroitement circonscrits.

Densité des points de température. — Les faits que j'ai expliqués jusqu'à présent, l'existence des points douteux, la fatigue locale et la persistance des sensations, qui tient naturellement à une persistance des impressions, — tout cela nous fait comprendre qu'il ne doit pas être facile de compter les points froids et les points chauds dans un certain nombre de régions de la peau, et d'en déterminer la densité comme on fait pour les sensations de pression. En fait, les psychologues qui ont compté les points chauds et les points froids sont arrivés à des résultats assez différents.

Blix a trouvé que les points froids sont beaucoup plus nombreux que les points chauds : il en trouve de deux à quatre pour un point chaud. Il n'indique pas exactement les dimensions des surfaces de la peau dans lesquelles il a compté les points.

Donaldson indique ces dimensions. Dans six carrés d'un centimètre de côté sur la face dorsale de la main, il a trouvé à droite 56 points froids, et à gauche 59 ; les points chauds

dans les mêmes régions étaient au nombre de 17 à droite et de 27 à gauche.

Head et Rivers, ainsi que von Frey, ont trouvé des nombres analogues, c'est-à-dire environ 9 à 10 points froids par cm^2 et 3 à 4 points chauds. D'une façon plus précise, Sommer a trouvé, par cm^2 , 13 points froids et 2 points chauds.

Les résultats de Goldscheider sont sensiblement différents : 68 points froids et 56 points chauds.

Parmi les causes qui peuvent expliquer ces différences, il faut noter que les observateurs que je viens de citer ont, en général, compté comme points de température des surfaces relativement étendues et aux contours mal définis, dans lesquelles on doit voir des champs froids ou chauds plutôt que des points à proprement parler : ce seraient là, pour Goldscheider, des agglomérations de points sensibles, et non pas des points véritables.

Il semble que Goldscheider n'a pas tort, surtout si l'on tient compte des points incertains. Pourtant, une revision de tous ces résultats serait utile.

Répartition locale. — Tandis que les points de pression sont répartis suivant une loi précise, au moins pour les régions pileuses, il n'existe rien de pareil pour les points de température. Goldscheider en décrit à plusieurs reprises le mode de distribution. Ils forment, dit-il (p. 113), des chaînes ou des lignes légèrement courbées. Ces lignes rayonnent à partir de certains points que l'on pourrait appeler des points de rayonnement, ou des centres de points de température. Les chaînes de points froids ne coïncident pas avec les chaînes de points chauds, mais leurs points de rayonnement sont communs. Fréquemment les lignes de points ne sont pas continues, mais seulement indiquées. Les lignes s'entrecroisent, et forment des figures plus ou moins fermées à angles arrondis, souvent des triangles allongés, avec des vides étendus, des aréoles thermoanesthésiques, comme dit Goldscheider, entre les lignes.

Il faut ajouter que sur certaines parties du corps la densité des points froids est particulièrement grande, ainsi sur les paupières, les lèvres, les mamelons, etc. Les points chauds sont très denses dans certaines parties de la face, mais il sont très rares, et peut-être même manquent totalement, dans la conjonctive, la cornée, les mamelons, etc.

Excitation mécanique. — Les points de température donnent des sensations pour les excitations adéquates, aussi pour les excitations électriques, et enfin, d'après Goldscheider et d'autres, pour des excitations mécaniques. Goldscheider recommande de prendre une aiguille ou une tige de bois pointue, ou une aiguille de verre, que l'on tient à plat (et non verticalement), et avec laquelle on frappe la peau à petits coups sur des points de température. La simple pression réussit beaucoup moins bien. L'expérience se fait pour le mieux sur les parties de la peau que l'on peut tendre, par exemple : la face dorsale des doigts et des mains, ou les régions des articulations. En outre, il est bon, pour faire cette expérience, de marquer des points thermiques, et, en détournant les yeux, de se faire frapper la peau par un aide, tantôt sur les points, tantôt entre les points ; cela est surtout recommandable pour la sensation ponctiforme de chaud, qui est souvent difficile à reconnaître. D'ailleurs cette expérience montre bien ce qu'est le point de température : il arrive fréquemment que l'on frappe sans succès sur le point marqué, et que brusquement la sensation spécifique est fournie par une partie de la surface marquée comme point, par le « point du point ». Mais il peut toujours arriver que cette expérience échoue, soit à cause de la position de l'organe, soit parce que l'aiguille ne frappe pas comme il faut, soit parce que le point est fatigué. Mais, quand l'expérience réussit, on obtient un sentiment brusque (*aufblitzendes*, fulgurant), ponctiforme, nettement qualifié comme sentiment de froid ou de chaud, et d'intensité différente : on sent des points froids depuis le frais jusqu'au glacial, et des points chauds

depuis le tiède jusqu'à l'ardent (*heiss*). La sensation produite par l'excitation mécanique s'irradie moins que celle qui est produite par l'excitation adéquate. La sensation de chaud paraît plus étendue que celle de froid : pourtant il arrive souvent aussi que cette dernière donne la perception d'une goutte de liquide. L'intensité de la sensation croît jusqu'à un certain degré avec la force de l'impression. A ce degré, elle est facilement voilée par une piquûre, ou quelque chose du même genre. Si l'on répète l'excitation plusieurs fois de suite, la sensation devient plus faible, et finalement disparaît, car la fatigue se produit. « L'excitation mécanique des points de température est proprement une observation que l'on peut faire tous les jours ; depuis que j'y fais attention, j'ai toujours remarqué que, si une mouche se promène sur notre peau sans être dérangée, on sent ça et là des points froids et des points chauds (1). »

Les sensations paradoxales. — J'arrive à un dernier fait, qui est celui des sensations paradoxales : dans certaines circonstances, un point froid peut réagir à une excitation de chaud par une sensation de froid, et un point chaud peut réagir à une excitation de froid par une sensation de chaud. Ce sont là des faits trop singuliers pour que nous n'examinions pas de près, autant que possible, les observations qui en ont été faites. A dire vrai, c'est surtout la sensation paradoxale de froid qui a été observée d'une façon concordante par une série de bons observateurs : celle de chaud n'a été produite que par Goldscheider.

La découverte de la sensation paradoxale de froid a été faite par von Frey (2). En cherchant à produire la sensation de chaud sur les muqueuses de l'œil, il a eu l'occasion d'observer un fait très singulier qu'il désigne sous le nom de sensation paradoxale de froid. Ce fait consiste en ce que des

(1) GOLDSCHIEDER, *Ges. Abhandl.*, I, p. 65.

(2) *Berichte* de Leipzig, tome 47, p. 172 et 177, 1895.

points froids répondent au contact d'un fil métallique chaud, et répondent par leur sensation spécifique, ponctiforme, de froid. Il a employé comme excitateur (p. 168) des fils de cuivre mous de 0,2 mm. d'épaisseur et 8 à 20 cm. de long, dont l'extrémité a été fondue en une petite perle de métal à la flamme du brûleur de Bunsen. — La même observation, continue von Frey, peut se faire aussi sur la peau, et même avec plus d'exactitude. Si l'on a, par exemple, déterminé sur une extrémité un grand nombre de points froids, et si, par des épreuves répétées, on les a marqués aussi exactement que possible, et si on passe sur ces points avec la pointe chaude du tube de Blix, on trouve qu'une partie de ces points réagissent comme à l'excitation adéquate. L'impression ne réussit pas directement sur le point froid, c'est-à-dire sur l'endroit qui a été déterminé comme le plus favorable pour l'excitation adéquate, mais sur un ou plusieurs points du voisinage immédiat. Von Frey ajoute : « Je ne pourrai pas discuter ces faits singuliers avant d'avoir poussé plus loin mes recherches anatomiques. » — L'impression paradoxale de froid ne réussit en général sur la peau qu'à partir de la température de 45° C. et au dessus, et elle n'est pas facilement observable. Certaines régions font exception, notamment les mamelons. Sur ces régions exceptionnellement sensibles au froid, la sensation paradoxale de froid peut être provoquée aisément par toutes les températures au-dessus de 40° C.

Ces observations ont été confirmées et complétées par deux psychologues suédois, Alrutz et Thunberg.

Le premier (*Skand. Archiv. f. Physiol.*, 7, 321, 1897) a montré que, en employant des excitations suffisamment fortes, on peut obtenir la réaction paradoxale de la plupart des points froids.

Le second (*Même revue*, 11, 392, 1901) a employé un procédé qui réalise un progrès important de la technique. Il se sert du températeur, c'est-à-dire d'un cylindre métallique que l'on applique sur la peau et dans lequel on fait passer un courant d'eau à une température que l'on choi-

sit. En maintenant le contact avec la peau, on donne à une certaine surface la température du courant d'eau, et l'on applique ensuite, sur la région de la peau dont la température est ainsi connue, un excitateur de température déterminée. Dans le cas particulier, Thunberg emploie un températeur de 22 cm² à la température de 45 degrés. Après l'avoir enlevé, il applique sur la peau des lamelles d'argent de 4 cm² de surface, d'une épaisseur ayant au plus 0,1mm., et portées à une température de 60 à 70°. Il se produit immédiatement une forte sensation de froid, à laquelle peut s'ajouter une faible sensation de chaud : cette faible sensation de chaud peut aussi se produire avec un retard, et enfin il n'est pas rare qu'elle ne se produise pas du tout.

Voilà les faits principaux qui concernent la sensation paradoxale de froid. En ce qui regarde la sensation paradoxale de chaud, on a vainement cherché à la produire pendant longtemps. Goldscheider déclare enfin, dans sa communication au congrès des psychologues allemands de 1912, qu'il a réussi à la produire en appliquant à un point chaud une excitation modérément froide : c'est tout. Il ajoute que, si les observateurs précédents ont échoué, c'est qu'ils avaient employé des excitations trop froides, qui inhibaient les nerfs du chaud.

La même année, un autre observateur annonce qu'il a observé aussi la sensation paradoxale de chaud. (Rubin, *Beobachtungen über Temperaturempfindungen*, *Ztsch. f. Sinnesphysiol.*, 46, 388-393. 1912.)

Hypothèses sur l'impression et les organes. — En ce qui concerne les organes des sensations de température, un seul fait paraît certain : c'est que les sensations de froid et les sensations de chaud doivent avoir des organes différents. Mais les tentatives faites pour déterminer d'une façon précise les deux espèces d'organes n'ont abouti jusqu'à présent qu'à des hypothèses incertaines.

Dans son troisième mémoire des *Berichte* (1), von Frey exprime l'opinion que les sensations de froid auraient pour organes les bulbes terminaux (Endkolben) de Krause. Cet histologiste, qui les a découverts en 1860, les a trouvés dans la conjonctive, dans certaines parties de la bouche et dans quelques autres muqueuses. Puisque les sensations de pression manquent dans la conjonctive, qu'il ne s'y produit que des sensations de piquûre et des sensations de froid, qu'il ne s'y trouve d'autres organes que des terminaisons libres et des bulbes terminaux, et que les terminaisons libres sont certainement les organes des sensations de piquûre, von Frey conclut, et sa conclusion semble irrésistible, que les bulbes terminaux sont les organes des sensations de froid. Quant aux organes des sensations de chaud, von Frey suppose qu'ils pourraient être constitués par les corpuscules que Ruffini a découverts dans le plexus profond du derme : mais il ne voit là qu'une hypothèse fondée sur des considérations générales. Et il termine son mémoire en disant que de nouvelles recherches sont nécessaires pour résoudre la question.

Mais l'attribution des sensations de froid aux bulbes terminaux de Krause ne va pas sans difficultés. Dans certaines parties de la muqueuse de la joue qui sont insensibles à la piquûre, on trouve un petit nombre de points sensibles à la pression (Kiesow) ; or dans ces mêmes régions, Krause a trouvé ses bulbes terminaux, également en petit nombre. D'où l'opinion, exprimée par Kiesow, que ce sont des organes pour les sensations de pression. Et, outre cette concordance, il appuie son opinion sur des raisons qui ne sont pas à dédaigner. L'une est que les organes de Krause se rapprochent, par leur forme anatomique, des organes de Meissner. On a même observé des formes transitoires, c'est-à-dire des organes de Krause qui ressemblent à des

(1) Beiträge zur Sinnesphysiologie der Haut, *Berichte* de Leipzig, Math. Phy. Cl., XLVII, p. 181, 1895.

organes de Meissner à tel point qu'on ne sait plus dans quelle catégorie il faut les ranger. Enfin l'homme et le singe sont les seuls mammifères qui possèdent les corpuscules de Meissner, et, à la place de ces corpuscules, on trouve chez les autres mammifères des corpuscules de Krause.

Si l'on admet l'hypothèse de von Frey, il reste toujours à expliquer les faits établis par Kiesow, et il reste aussi à trouver des organes pour les sensations de chaud. Si l'on admet l'hypothèse de Kiesow, il reste à expliquer comment les corpuscules de Krause ne fournissent pas de sensation de pression quand ils sont placés dans les muqueuses de l'œil. Et, en tout état de cause, il reste à déterminer les organes des sensations de température. Kiesow exprimait d'une façon très ferme, en 1902, l'espoir de les trouver. Il semble qu'il a fait un pas vers cette découverte en établissant qu'il existe une région dans les muqueuses de la cavité buccale où l'on ne peut produire qu'une seule espèce de sensation, à savoir la sensation de froid : c'est la partie inférieure de la luette. Tandis qu'à la partie supérieure de ce même organe on observe les sensations de piqure et de pression, en même temps que les sensations de froid, la moitié inférieure donne uniquement des sensations de froid. Elles se produisent comme sensations de fraîcheur si l'on fait baigner cette partie de la luette dans de l'eau à 35 degrés. La sensation nette de froid apparaît à 31 ou 32 degrés. Si l'on emploie comme excitateur une tige de laiton arrondie de 4 mm. d'épaisseur, on obtient la sensation de fraîcheur à 35 degrés, aucune sensation d'aucune espèce à 37, à 41, mais la sensation paradoxale de froid se produit à 55 degrés. La solution du problème pourrait donc être donnée par les histologistes, et il semble, conclut Kiesow (1), qu'elle ne devrait pas être très difficile à obtenir.

(1) Ueber die Empfindungsqualitäten der Uvula, *Archiv. f. d. gesamte Psychologie*, t. 56, p. 458, 1926.

CHAPITRE VI

LES SENSATIONS DE MOUVEMENT DES MEMBRES

Il ne semble pas que la peau et les muqueuses nous fournissent d'autres espèces de sensations que les quatre espèces que nous avons distinguées et étudiées jusqu'à présent. Ce n'est là, toutefois, qu'une hypothèse, c'est-à-dire que nous n'avons pas le droit, sur la base des observations et expériences dont nous disposons, d'exclure la possibilité d'autres espèces de sensations. Il y a même un fait qui nous interdit de prononcer une pareille exclusion : c'est que, parmi les types d'organes nerveux qui constituent, dans la peau et dans les muqueuses externes, les origines des nerfs sensitifs, il en existe plusieurs dont la fonction demeure inconnue. C'est le cas, notamment pour les corpuscules de Golgi que l'on trouve dans l'hypoderme. Il faut ajouter que la fonction de certaines autres espèces d'organes reste problématique : c'est le cas pour les corpuscules de Pacini, qui nous procurent probablement des sensations de pression ; c'est le cas aussi pour les corpuscules de Ruffini, qui semblent avoir la même fonction dans les muqueuses, en particulier dans les muqueuses des lèvres ; c'est le cas encore pour les bulbes terminaux de

Krause, que von Frey a attribués aux sensations de froid, mais sans pouvoir faire la preuve.

Enfin, rien ne nous garantit qu'il n'existe pas d'autres espèces d'organes que celles que les histologistes sont d'accord pour reconnaître — et nous sommes obligés aussi de constater que les histologistes ne sont pas d'accord sur tous les points. Toutefois, nous devons remarquer que, si la preuve n'est pas faite que la peau ne nous fournisse que les quatre espèces de sensations que nous connaissons, il n'existe pas de faits passablement établis qui nous autorisent à admettre, même avec réserve, une ou plusieurs autres espèces de sensations fournies par le tégument externe.

Nous passons donc maintenant aux sensations qui nous sont fournies par les organes internes. De ces organes, les uns sont spécialement des organes sensoriels ; ils ont pour fonction propre de nous fournir des sensations : ce sont les rétines, les organes de Corti, les membranes pituitaires et les papilles de la langue, du palais et de l'arrière bouche. Mais d'autres organes internes ont des fonctions différentes : nutrition, respiration, circulation, sécrétions, ou mouvements, et ils contiennent en outre des organes nerveux qui nous fournissent aussi des sensations. Même si nous laissons de côté les connaissances qui nous viennent par les organes sensoriels proprement dits ou différenciés, il y a, dans les sensations qui viennent des autres organes, une masse énorme de faits, de connaissances complexes et confuses, que l'on réunit quelquefois sous le nom générique de sensations organiques ou de sensations internes. Nous allons d'abord diviser les difficultés en suivant la même idée directrice que pour l'analyse des connaissances sensorielles qui nous viennent de la peau, c'est-à-dire que nous allons distinguer les sensations élémentaires et les perceptions. Ces connaissances obscures que l'observation subjective nous révèle comme venant de notre organisme et comme ayant pour objet les mouvements, l'état et les changements d'état de nos organes, sont des connaissances qui nous sont plus ou

moins familières : quelques-unes nous sont très familières, comme celles qui ont pour objet les mouvements de nos doigts, de nos bras et même de nos jambes, c'est-à-dire que, en général et à moins d'être sérieusement malades, nous ne confondons pas un mouvement de l'index avec un mouvement d'un autre doigt, ni notre main droite avec notre main gauche. De même, nous savons, en général, où se trouvent nos doigts, nos mains, et nos bras, et même nous savons localiser, avec des erreurs qui varient. un mal de dents, une crampe d'estomac, une douleur musculaire, etc. Autrement dit, les connaissances qui nous viennent de notre organisme sont des perceptions, c'est-à-dire qu'elles comprennent des images associées avec des sensations, et aussi des groupements, des unions, des associations, de sensations simultanées ou successives. Nous allons donc nous borner à chercher quelles sont, dans ces faits complexes, les sensations élémentaires, et nous ajournerons l'étude des perceptions.

De plus, il est possible d'établir un certain classement dans l'ensemble des sensations que nous fournissent les organes qui servent aux fonctions vitales autres que la sensation. Nous pouvons y distinguer trois groupes, ou plutôt les recherches faites dans ce domaine de faits par la Psychologie contemporaine ont eu pour résultat d'y distinguer trois groupes :

- 1^o Les sensations de mouvement des membres ;
- 2^o Les sensations de mouvement de la tête ;
- 3^o Les sensations organiques ou internes proprement dites, c'est-à-dire celles qui proviennent des autres organes internes.

Nous allons commencer par le premier de ces trois groupes.

Les sensations de mouvement de nos membres font partie, à titre d'éléments composants, de plusieurs espèces de perceptions : *a)* des perceptions de mouvement, par exemple de la perception par laquelle je me rends compte, les yeux fermés, que j'élève le bras en l'air en position verticale, ou que je l'étends devant moi en position horizontale ; *b)* es perceptions de position des membres, car, tout en re...

immobile, je perçois la position de mes pieds et de mes jambes sous la table, mais en réalité, je la perçois grâce à certains mouvements, ou tout au moins à certaines contractions des muscles ; c) de ce qu'on appelle les perceptions de résistance, c'est-à-dire de celles que l'on obtient en soulevant un poids, ou en tirant une bande de caoutchouc, ou, d'une façon générale, en neutralisant une résistance par la contraction de certains muscles, même si les membres demeurent immobiles.

Il est à remarquer que, dans ces trois genres de perceptions, l'état de conscience est conditionné, au moins d'une façon partielle, par des contractions de nos muscles. Pour cette raison, on a cru pendant longtemps que les mouvements de nos membres, leurs positions et les résistances que nous sentons et comparons, que tout cela est senti par des sensations qui se rapportent aux muscles, et que l'on a appelées pour cette raison sensations musculaires. Sur la théorie du sens musculaire s'est greffée la théorie du sens de l'effort. Lorsque nous soulevons un fardeau, lorsque nous enlevons un poids avec la main, nous sommes capables d'apprécier ce poids, et même cette comparaison des poids soulevés a fourni à Fechner la matière d'expériences très étendues. Mais en même temps, lorsque nous soulevons un poids, nous y appliquons une force, nous déployons un effort, et nous réglons en général cette force de nos muscles que nous appliquons au soulèvement du fardeau. Dès lors, certains psychologues ont pensé que la sensation d'effort est la conscience de cette force que nous dépensons, ou, suivant l'expression usuelle, la conscience de l'innervation motrice : le sens de l'effort, le sens musculaire serait donc, d'après cette interprétation, d'origine centrale. Wundt a pendant longtemps défendu cette théorie des sensations d'origine centrale. D'autres, au contraire, ont soutenu que les sensations que nous obtenons en soulevant un poids sont, comme toutes les sensations, d'origine périphérique, c'est-à-dire qu'elles ont leur origine dans des impressions qui proviennent de ce que les contractions musculaires agissent

sur des organes sensoriels situés dans les muscles ou à proximité des muscles. Les partisans de la nature périphérique et ceux de la nature centrale du sens de l'effort et du sens musculaire ont discuté d'une façon très active, pendant longtemps et en pure perte. La question a changé de face à partir du moment où Goldscheider a pu y appliquer l'expérimentation (de 1887 à 1893).

Avant d'exposer les expériences de Goldscheider, je crois utile de relever les indications que nous fournissent les histologistes sur les organes sensoriels qu'ils ont trouvés dans les muscles, et aussi dans les organes qui sont intéressés par les contractions des muscles (1).

D'abord, dans le tissu musculaire, on a trouvé, vers 1870, des organes sensoriels qui appartiennent au type des terminaisons libres.

Ensuite, sur les fibres musculaires elles-mêmes, on trouve les fuseaux neuro-musculaires (fig. 9). Ce sont des faisceaux de fibres musculaires autour desquels des fibres nerveuses (de 2 à 10) s'enroulent en hélice ou bien en une arborisation compliquée. Les fuseaux neuro-musculaires, au dire des histologistes, sont manifestement des organes de sensation. Ils sont situés dans l'endomysium, c'est-à-dire dans le tissu conjonctif qui forme les cloisons séparatives des faisceaux musculaires, et ils sont placés à peu de distance des tendons.

En troisième lieu, dans le tissu conjonctif des muscles, et notamment dans la gaine de tissu conjonctif condensé qui enveloppe les muscles (aponévrose musculaire), on trouve plusieurs espèces d'organes sensoriels, et on les retrouve aussi dans les tendons. On y distingue notamment : les « buissons terminaux », les massues terminales ou bulbes terminaux de Krause, les corpuscules de Pacini, les corpuscules tendineux ou mus-

(1) Voir PRENANT, BOUIN et MAILLARD, *Traité d'Histologie*, II, 319 (Cf. 576 et 676). Voir aussi et surtout : REGAUT et FAVRE, Les terminaisons nerveuses et les organes nerveux sensitifs de l'appareil locomoteur, *Revue générale d'Histologie*, I, p. 1-140 (1904); REGAUT, Les terminaisons nerveuses et les organes nerveux sensitifs des tendons, de leurs gaines, des enveloppes conjonctives musculo-tendineuses, du périoste et des tissus articulaires, *même revue* II, p. 583-635 (1907).

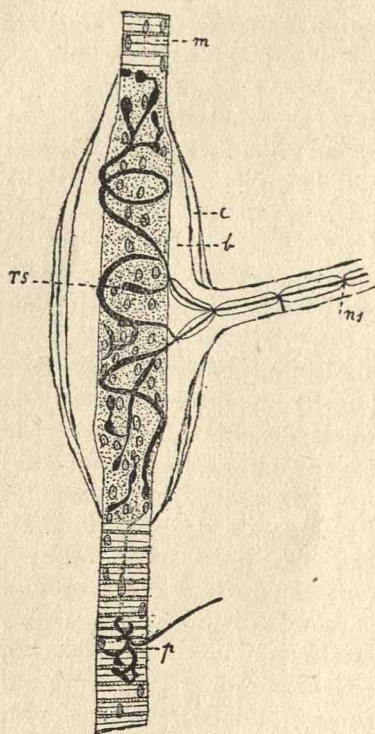


FIG. 9. — Schéma d'un fuseau neuromusculaire. (D'après REGAUD et FAVRE).

m. fibre musculaire ; *b.* espace capsulaire ; *c.* capsule ; *p.* plaque motrice ; TS. terminaison nerveuse sensible, fournie par le nerf *ns*.

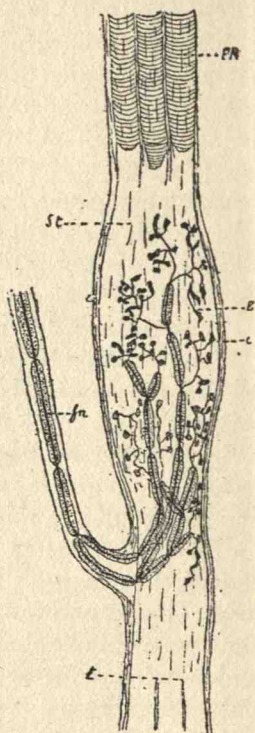


FIG. 10. — Schéma d'un organe neurotendineux de Golgi. (D'après REGAUD et FAVRE).

St. support tendineux fusiforme de l'expansion nerveuse ; E. expansion nerveuse ; C. capsule de l'organe neurotendineux ; FM. fibres musculaires ; t. tendon de l'organe de Golgi ; fn. fibre nerveuse sensible.

culo-tendineux de Golgi (fig. 10), les corpuscules de Ruffini, etc. Une de ces espèces d'organes paraît avoir une importance particulière : il s'agit des corpuscules tendineux de Golgi. On les trouve, non seulement dans les aponévroses, mais aussi dans tous les tendons, même dans ceux des muscles de l'œil (Prenant, 279). Les tendons contiennent d'ailleurs aussi des terminaisons libres, des corpuscules de Ruffini et de Pacini, et des massues terminales de Krause (que l'on appelle ici corpuscules de Rauber).

Les os contiennent, dans le périoste, des terminaisons libres et des corpuscules de Pacini.

Dans les articulations, on trouve plusieurs espèces de corpuscules : d'abord, des corpuscules de Pacini, qui sont particulièrement abondants sur la face de flexion des jointures ; puis, dans la synoviale, des corpuscules de Krause ; et enfin d'autres corpuscules qui ressemblent aux buissons tendineux et que les anatomistes ne paraissent pas définir avec une sûreté parfaite.

Enfin il ne faut pas oublier que les mouvements de la plupart de nos membres entraînent des mouvements de la peau, qui est successivement pressée du dedans, ou tendue, tirée ou relâchée.

Maintenant, dans cette liste passablement longue d'organes susceptibles de nous fournir des sensations à l'occasion des mouvements de nos membres, il est possible de faire une réduction, en mettant de côté les terminaisons libres. Nous savons que ces organes nous procurent des sensations du type de la sensation de piquûre, et qu'ils ne sont impressionnés que par des excitations beaucoup plus fortes que celles qui provoquent, en agissant sur d'autres organes, des sensations de pression. Or nous connaissons des circonstances dans lesquelles nous éprouvons ainsi des sensations douloureuses à l'occasion de mouvements. Si nous faisons un mouvement violent pour sauter un obstacle ou pour soulever un fardeau, nous éprouvons des sensations douloureuses qui se localisent dans les muscles contractés pour l'exécution

de ces mouvements. Des sensations de même nature se produisent à la suite de mouvements qui ne sont pas violents, mais qui sont répétés un très grand nombre de fois, ou bien qui sont prolongés pendant un temps exceptionnel : ce sont les sensations de fatigue physique, que nous éprouvons dans les jambes après avoir marché pendant un certain temps, ou dans les doigts après avoir écrit pendant trop longtemps, ou dans les bras après un travail physique ; ce sont les mêmes sensations que nous éprouvons, dans les bras d'abord, puis dans les épaules et même dans le dos, si nous gardons les bras étendus, ou levés en l'air, pendant un temps inaccoutumé. Nous avons donc là toute une catégorie de sensations, qui sont des sensations douloureuses de fatigue musculaire. Or, quand nous faisons des mouvements qui ne sont ni trop forts, ni trop répétés, ni trop prolongés, nous n'éprouvons pas de pareilles sensations. Donc, les sensations par lesquelles nous connaissons les mouvements ordinaires de nos membres, surtout les petits mouvements, viennent d'organes autres que les terminaisons libres,

Arrivons maintenant aux expériences de Goldscheider. Elles tendent à prouver que, parmi les sensations qui nous informent sur les mouvements de nos membres, il faut faire une place à part aux sensations qui viennent des articulations, et que, pour cette raison, on appelle sensations articulaires. Voici quelles sont les plus importantes de ces expériences (1).

1^o La main gauche est placée immobile sur un moule de plâtre, la première phalange de l'index est immobilisée de la même façon, mais les deux phalanges suivantes sont mobiles autour de l'articulation qui sépare la première phalange de la deuxième. Un dispositif permet de provoquer des mouvements passifs des deux phalanges mobiles et de les enregis-

(1) *Ges. Abh.*, II, 19 sqq.

trer pour pouvoir les mesurer en les agrandissant. Si les mouvements ainsi provoqués sont très peu étendus, ils ne sont pas sentis. S'ils sont assez étendus, ils sont sentis. On peut donc, par des tâtonnements méthodiques, produire les plus petits mouvements perceptibles, c'est-à-dire déterminer le seuil de la sensation (ou perception) de mouvement : ce seuil est une quantité angulaire. Il varie, d'après les expériences de Goldscheider, de $0,60^{\circ}$ (60 centièmes de degré) à $1,74^{\circ}$ (un degré, 74 centièmes). Ce sont des expériences dans lesquelles Goldscheider servait de sujet, et il y a par suite appliqué l'observation subjective. Il en résulte (p. 20) deux indications intéressantes. L'une est que la sensation de mouvement est une sensation à part, qui est localisée dans l'articulation. Et il ajoute : « Elle ne rappelle pas les sensations qui viennent de la peau, et elle n'a rien à faire avec le sentiment de la position du doigt. » L'autre indication se rapporte à la grandeur et aux écarts des valeurs du seuil. Les expériences se divisent en deux parties. Dans la première moitié des expériences, Goldscheider notait la sensation de mouvement comme obtenue lorsqu'il croyait sentir le mouvement. Mais, dans la suite, il fit cette remarque qu'il pouvait avoir la sensation articulaire sans avoir en même temps une sensation certaine de mouvement ; il jugea alors qu'il devait considérer la sensation de mouvement comme atteinte dans le deuxième cas seulement, — et alors le seuil grandit. Tandis qu'il avait été de $0,60^{\circ}$ à $1,20^{\circ}$ dans la première moitié des expériences, il fut de $1^{\circ}02$ à $1^{\circ}74$ dans la deuxième moitié. Ces chiffres sont d'ailleurs peu importants, mais la distinction faite par l'observation subjective entre la sensation articulaire et la perception d'un mouvement certain, constitue un fait important, parce qu'il nous montre la sensation articulaire comme un fait psychique directement observable.

2^o Maintenant, en appliquant des électrodes sur des points de la peau convenablement choisis, Goldscheider fait des déterminations du seuil de la perception du mouvement

dans lesquelles il lui arrive de troubler la sensation articulaire. Voici quelques faits .

		Seuils
19 Novembre.	{ Sans courant	1,59°
	{ Courant à travers le demi doigt mu.....	1,50°
	{ Sans courant	1,37°
22 Novembre.	{ Sans courant	1,74
	{ Courant à travers l'articulation	2,86
	{ Sans courant.....	1,48
	{ Sans courant.....	1,49
	{ Courant à travers l'articulation.....	2,50
	{ Sans courant.....	1,95 (1)
	{ Courant à travers l'articulation.....	3,80 (1)
	{ Sans courant.....	1,89 (1)

3° Ce n'est pas seulement dans la perception du mouvement passif d'un membre que Goldscheider a montré qu'il existe des sensations articulaires, c'est aussi dans la perception de la résistance. Voici une de ses expériences sur ce point. On fléchit l'index à angle droit dans la première articulation interphalangienne, de façon que la première phalange soit horizontale et les deux autres verticales. On appuie le bout de l'index sur la table, on contracte par conséquent des muscles, et l'on a une perception de résistance. Alors on fait passer dans le doigt un courant électrique un peu fort, et, pour faire des comparaisons, on applique les électrodes dans trois positions différentes : 1° sur la 3^e phalange de l'index ; 2° l'une des électrodes sur la 1^{re} phalange et l'autre près de la pointe de l'index ; 3° les deux électrodes de part et d'autre de la 1^{re} articulation interphalangienne. Dans le premier cas, la perception de résistance n'est presque pas altérée ; dans le second, elle l'est d'une façon nette ; dans le troisième, elle est presque entièrement supprimée, on ne sent plus la table comme dure, mais comme

(1) Il y a là des faits de fatigue, et, de plus, le courant a été plus fort que dans les expériences précédentes, assez fort pour produire une douleur articulaire.

molle et flexible. L'expérience prouve bien, d'une façon concluante, que le courant qui traverse l'articulation dans le troisième cas y produit une perturbation forte des sensations qui y trouvent leur origine, et, puisque la perception de la résistance est alors à peu près supprimée, c'est que les sensations articulaires en forment un élément nécessaire.

Nous pouvons nous contenter pour le moment de dégager ce résultat des expériences de Goldscheider. En fait, Goldscheider a voulu aller beaucoup plus loin, et il a soutenu que les perceptions de résistance et celles de mouvement (actif et passif) se réduisent aux sensations articulaires : tout au plus fait-il une place subordonnée aux sensations tendineuses. Nous retrouverons cette question plus tard, en faisant l'analyse de la perception. Il nous suffit en ce moment de savoir quelles espèces de sensations y interviennent. Or, Goldscheider a montré qu'il faut faire une place importante aux sensations articulaires.

Toutefois nous ne connaissons par là ces sensations que d'une façon objective, c'est-à-dire que nous connaissons seulement la région d'où elles proviennent et l'espèce d'organes qui nous les fournit. Il serait désirable d'avoir quelques informations fournies par l'observation subjective. Goldscheider a bien signalé qu'elles diffèrent de la sensation de pression et de la sensation de position du membre. Mais ce n'est là qu'une indication négative, et même elle est contestable. On peut observer assez aisément la sensation articulaire (1). Étendez le bras, et ramenez l'avant-bras sur le bras plusieurs fois de suite : vous sentirez dans le coude, dans la région de l'articulation, une sorte de frottement plus ou moins distinct. Je le sens pour ma part d'une façon passablement nette, surtout lorsque le bras, après ces mouvements répétés, est complètement étendu. C'est la sensation articulaire, ou plutôt c'est la sensation complexe, multiple, qui résulte du frottement des deux surfaces articulai-

(1) Voir EBBINGHAUS, *Grundzüge der Psychologie*, 1^{re} éd., I, 363-4.

res l'une sur l'autre, ou de la pression exercée sur une pluralité, sur un grand nombre, de corpuscules de Pacini. Au point de vue qualitatif, malgré l'opinion de Goldscheider, il me semble que la ressemblance est assez grande entre ces sensations et les sensations cutanées de pression : cette ressemblance me paraît surtout accentuée lorsque j'étends le bras avec force, comme pour le dresser en une position rigide, et que par suite la pression de l'avant-bras sur l'articulation atteint son maximum.

On peut affirmer d'une façon à peu près aussi certaine que, dans la perception du mouvement et de la résistance, un rôle appartient à des sensations qui ont leur origine dans les tendons. Nous avons vu plus haut que les tendons contiennent des organes qui sont visiblement des organes de sensation. Il y en a même certainement plusieurs espèces, sans parler des terminaisons libres. L'espèce la plus caractéristique est constituée par les fuseaux tendineux de Golgi. Un filet nerveux se divise d'abord en deux branches, puis chacune de ces branches en de nouveaux rameaux, de façon à former un ensemble nombreux de terminaisons rapprochées les unes des autres. On peut même y voir la réunion d'une pluralité de buisson terminaux, renfermés dans une sorte de gaine en forme de fuseau. On comprend par suite que, quand un tendon est tiré fortement, le fuseau qui enveloppe ces arborescences nerveuses doit les comprimer et que d'ailleurs la traction du tendon doit comprimer aussi les autres espèces d'organes, les buissons isolés de Ruffini, par exemple. Toutes les conditions anatomo-physiologiques nécessaires pour produire des sensations sont donc réalisées ici.

Des expériences simples permettent d'observer subjectivement les sensations tendineuses. Répétons l'expérience qui donne l'occasion d'observer la sensation articulaire. Fermons le poing et étendons le bras : nous sentons dans la région du coude, du côté interne, un tiraillement dans les tendons. — Voici une autre expérience. Etendez la jambe

comme si vous vouliez replier le pied dans la direction du tibia : vous observerez un tiraillement analogue qui se localise nettement, surtout dans deux tendons, dans le tendon d'Achille auprès du talon, et dans le tendon de l'orteil. Cela suffit pour que nous devions admettre l'existence de sensations tendineuses. Mais forment-elles bien une espèce irréductible, ou bien faut-il croire que la représentation de tiraillement qui les caractérise résulte d'une association de sensations du genre des sensations de pression ? Il n'est pas possible de répondre à cette question : tout ce que l'on peut dire, c'est que les sensations tendineuses constituent une espèce distincte, au moins provisoirement, une espèce qui n'est peut-être pas irréductible, mais qui n'a pas été réduite jusqu'à présent.

Faut-il admettre maintenant qu'il existe aussi des sensations qui proviennent des organes contenus dans les aponévroses, et de ceux qui se trouvent dans les muscles eux-mêmes ? Sans doute, et l'analogie de structure qui existe entre les fuseaux neuro-musculaires et les fuseaux tendineux donne à croire que les deux espèces d'organes nous fournissent des sensations analogues. Quant aux organes variés des aponévroses, ils doivent bien avoir un rôle du même genre. Mais les espèces de sensations qui viennent probablement de tous ces organes n'ont pas été isolées, de sorte que l'on ne peut en parler que d'une façon très vague.

Il faut ajouter cependant que les discussions ne sont pas closes et que, relativement à la question générale de savoir quelles sont les sensations qui jouent le rôle le plus important dans la perception du mouvement, de la résistance et de la position des membres, il existe trois tendances différentes :

1^o Nous avons vu que Goldscheider attribue ce rôle aux sensations articulaires, en faisant une place subordonnée aux sensations tendineuses.

2^o M. Bourdon (1), tout en reconnaissant l'existence des

(1) Sensibilité cutanée ou sensibilité articulaire, *Année Psychologique*, XIII, 133-142, 1907.

sensations articulaires, prétend que ces sensations ne sont pas « assez différenciées pour rendre compte de la perception des mouvements les plus délicats de nos membres », et il attribue le rôle le plus important aux sensations de la peau, à savoir aux sensations de pression.

3^o Enfin en 1912-1913, Störing, professeur à Strasbourg, et ses élèves firent des expériences nouvelles dont la conclusion était que le rôle le plus important appartiendrait aux sensations des muscles et des tendons. Ces expériences réintroduisent donc les sensations musculaires, dont personne n'osait plus soutenir l'existence depuis les expériences de Goldscheider.

Je citerai seulement une de ces expériences, celle d'Erismann (1). Elle est faite au moyen d'un appareil appelé kinématomètre, qui apparaît comme un perfectionnement de l'appareil de Goldscheider. Erismann fait comparer à ses sujets, au point de vue de l'étendue, des mouvements de l'avant-bras. Parmi ces mouvements, les uns sont effectués sans résistance, les autres doivent vaincre des résistances artificielles, par exemple soulever un poids, tendre une membrane de caoutchouc, etc. Ainsi on fait varier l'état des muscles qui effectuent les mouvements, et la comparaison porte sur des mouvements libres d'une part, et des mouvements inhibés d'autre part. Le résultat est que les mouvements inhibés sont toujours appréciés, par tous les sujets, comme plus petits que les mouvements libres de même étendue. Cette sous-estimation doit avoir son origine dans les sensations qui proviennent de l'inhibition, c'est-à-dire de la contraction musculaire. Jusque là, l'interprétation paraît irréprochable. Mais la suite est plus hardie. L'auteur pense que les sensations qui peuvent être modifiées par la contraction musculaire résultant de l'inhibition ne peuvent pas être celles de la peau, parce que la peau ne subit, du fait des résistances, que des mouvements insignifiants. On ex-

(1) *Arch. f. d. ges. Psychol.*, XXVIII, 1-93, 1913.

clut de même les articulations, quoique les surfaces articulaires soient pressées plus fortement l'une contre l'autre dans le cas des résistances : la raison donnée est que cette pression ne devrait pas avoir pour effet de diminuer, mais plutôt d'accroître la grandeur apparente des mouvements. La conclusion est que la sous-estimation doit provenir des sensations des tendons et des muscles, c'est-à-dire que les sensations par lesquelles nous connaissons les contractions des muscles doivent être troublées par la tension des mêmes muscles. Il faudrait donc attribuer aux sensations des tendons et des muscles une importance plus grande que l'on n'avait fait. Et cela n'est pas impossible, mais il faut reconnaître que nous demeurons, avec ces interprétations compliquées, dans le domaine des hypothèses fragiles.

Toutefois, la liste des expériences qui peuvent nous renseigner sur les sensations qui se produisent dans les mouvements de nos membres n'est pas close par ce que je viens d'en dire. J'ai distingué les expériences sur le mouvement passif, sur le mouvement actif, sur la perception de la résistance. Il y a encore au moins une expérience qui peut nous apprendre quelque chose sur les sensations qui interviennent dans le mouvement des membres : c'est l'expérience sur la perception de la position d'un de nos membres.

J'ai fait cette expérience il y a quelques années en vue d'en obtenir des renseignements pour l'analyse générale de la perception de position tactile, c'est-à-dire de la perception de la position qu'occupe un point de notre peau qui est touché par un expérimentateur. J'ai été amené à reconnaître que cette perception locale suppose une autre perception locale, plus ancienne qu'elle, à laquelle elle vient s'ajouter comme une connaissance supplémentaire. Or la perception locale plus ancienne est celle du lieu qu'occupe dans l'espace le segment de notre corps auquel appartient le point touché : on peut l'appeler la perception locale segmentale, ou bien, sous l'influence des idées de Goldscheider, on l'a appelée aussi, et il m'est arrivé d'employer cette expression, la per-

ception locale articulaire. Naturellement, nous avons à peu près autant d'espèces de perceptions de ce genre que nous avons d'articulations : nous en avons même un peu plus, car certains de nos membres sont très mobiles, et forment ainsi des segments relativement indépendants, sans être reliés aux segments voisins par des articulations : tel est le cas pour la langue et les yeux. Il n'est pas facile de faire des expériences sur toutes ces perceptions, mais il est facile d'en faire sur quelques-unes, et notamment sur la perception de la position de notre bras. C'est ce que réalise ce que j'appelle l'expérience de la feuille quadrillée.

Voici en quoi consiste cette expérience. Le sujet est assis, les yeux bandés, devant une table, de telle façon que la région où se trouve son articulation de l'épaule soit située aussi exactement que possible en face d'une ligne qui divise en deux parties égales une grande feuille de papier fixée sur la table. L'expérimentateur met dans la main du sujet une tige de bois taillée en forme de crayon, et, attirant le bras du sujet, il lui place la main de façon que la pointe de la tige repose sur un point déterminé de la feuille de papier. Le sujet est alors invité à se rendre bien compte de la position qu'occupent son bras, sa main et sa tige de bois, et, après qu'il a obtenu une perception de cette position qu'il estime bonne, à enlever sa main, à la laisser retomber un moment le long de son corps, et à essayer de retrouver par un mouvement actif la position que le mouvement passif lui avait donnée : bref, il est invité à essayer de replacer la tige de bois sur le point qu'elle occupait auparavant. Grâce à un quadrillage de la feuille de papier, qui est formé par des lignes à l'écartement d'un centimètre, l'expérimentateur peut mesurer les erreurs d'une façon très rapide, et les évaluer en millimètres, avec une approximation passable. Conformément à une technique que j'ai employée avec un plein succès dans d'autres expériences, et qui par suite a fait ses preuves, je décompose l'erreur en deux erreurs : une erreur de distance et une erreur d'écartement ou erreur latérale. L'ex-

périence est répétée dix fois pour chaque position. On calcule les erreurs constantes et les erreurs variables, puis l'erreur variable moyenne. On obtient ainsi une erreur variable moyenne pour la distance, une autre pour l'écartement (ou la direction), et le produit de ces deux composantes de l'erreur donne, sous le nom de zone moyenne d'erreur, une quantité qui constitue la mesure de l'erreur de perception. Voilà le résultat objectif de l'expérience. De plus, le sujet est invité, une fois l'expérience terminée, à analyser par écrit sa perception et son mouvement, et à fournir ainsi une observation subjective aussi explicite que possible (1).

J'ai donc fait cette expérience à plusieurs reprises (2). Les observations subjectives fournissent une indication sur laquelle elles concordent presque toutes : la perception de la position est déterminée, autant que l'observation subjective permet de s'en rendre compte, par deux espèces de sensations, à savoir par celles qui viennent de la peau et par celles qui viennent des muscles. Les observateurs ne semblent pas avoir utilisé de sensations articulaires ni de sensations tendineuses, ou bien, s'ils l'ont fait, ça été d'une façon inconsciente.

Voilà le seul résultat que m'ait fourni cette expérience, en ce qui concerne la recherche des sensations qui déterminent la perception segmentale de la position. Du moins, c'est le seul résultat immédiatement utilisable, car il y en a un autre, qui semble contenir une promesse d'informations utiles. C'est que la zone d'erreur, qui, pour une même personne, est sensiblement la même pour le bras droit ou le bras gauche, diffère considérablement d'une personne à l'autre. La valeur la plus faible qu'elle atteigne est notablement inférieure

(1) Voir, pour le détail de la méthode et pour des exemples, mes *Observations et Expériences de Psychologie scolaire*, p. 31.

(2) C'est une des expériences par lesquelles les jeunes gens peuvent aisément s'initier, et s'exercer au travail de Laboratoire. Aussi je l'ai inscrite parmi les épreuves pratiques du certificat de Psychologie expérimentale.

à 1 cm² : plus exactement elle est de 88 mm², dans les expériences pour lesquelles les calculs sont faits. Chez d'autres personnes normales, elle est supérieure à 3 cm². Je suppose que de pareils résultats sont dûs à ce que les différentes personnes n'emploient pas les mêmes sensations pour effectuer l'expérience, qu'il existe à ce point de vue des façons différentes de percevoir la position segmentale, et que la détermination de ces types de perception pourrait nous fournir des renseignements précieux sur les sensations qui y prennent place, sans parler de ceux qu'elle nous fournirait par ailleurs pour l'analyse générale de la perception et peut-être aussi pour la détermination des aptitudes motrices. Je veux seulement, par cette remarque, expliquer que, dans le problème qui nous occupe, l'expérimentation n'a pas dit son dernier mot, et que les difficultés qu'elle y rencontre, bien qu'étant réelles, ne doivent pas être regardées comme insurmontables.

Il y a d'ailleurs une autre source d'information pour l'étude des sensations de mouvement : c'est celle que nous offrent les tabétiques.

Le tabès est défini par les cliniciens comme une maladie de la sensibilité profonde (1). C'est une lésion des cordons postérieurs de la moelle épinière, qui sont sclérosés. Il en résulte une interruption de la communication entre les centres nerveux et les organes sensoriels de certaines parties du corps, à savoir les organes sensoriels dont les fibres conductrices passent dans les cordons postérieurs de la moelle. En fait, ce sont principalement les organes des parties profondes, c'est-à-dire ceux des muscles, des tendons, des articulations et des os. Mais l'interruption n'a pas coutume d'être totale, c'est-à-dire qu'il subsiste ordinairement (en fait toujours dans les cas que j'ai observés) certaines régions pour lesquelles la communication est maintenue. Et d'autre part, en même temps que des sensations profondes sont supprimées, il

(1) V. GRASSET, *Le tabès maladie de la sensibilité profonde*. Montpellier, 1909.

arrive fréquemment que certaines sensations de la peau sont supprimées aussi. Les lésions se répartissent donc dans la moelle d'une façon capricieuse, et ce mode de répartition donne aux anesthésies de chaque tabétique une physionomie personnelle. De plus, la maladie évolue, elle fait des progrès chez chaque malade.

Voici la physionomie qu'elle présentait dans un cas que j'ai observé en détail en 1914. Le sujet, un homme de 45 ans (M.),* pouvait faire l'expérience de la feuille quadrillée. Mais, au cours de l'expérience, il se montrait incapable de maintenir immobile la main qui tenait la tige de bois, et il ne percevait pas les mouvements involontaires qu'il effectuait ainsi. Voici les valeurs de ses erreurs, comparées à celles des normaux.

Normaux (10)		Erreur variable moyenne		zone d'erreur
		longitudinale	latérale	
	Main droite	9mm,130	13mm,489	123mm ²
	Main gauche.....	8mm,639	14mm,525	125mm ²
M.	Main droite.....	39mm,67	30mm,22	1199mm ²
	Main gauche.....	25mm,97	32mm,52	846mm ²
	Moyenne	32mm,82	31mm,39	1022mm ²

Il subsiste donc une perception des mouvements et des positions qui sont déterminés par rapport à l'articulation de l'épaule. Mais les erreurs sont environ 8 fois plus grandes que celles des normaux, et elles sont plus grandes, spécialement l'erreur longitudinale, pour la main droite que pour la main gauche.

Quant aux membres inférieurs, ils ont perdu toutes les perceptions de mouvement et de position qui intéressent les articulations des genoux et les articulations inférieures. Mais les mouvements sont perçus quand ils s'étendent à l'articulation de la hanche. Les sensations de la peau sont altérées, mais ce fait ne nous intéresse pas en ce moment.

Pour les membres supérieurs, il ne perçoit pas la position des doigts, des mains, de l'avant-bras ou du bras lors-

que ses membres sont à l'état d'immobilité. Il ne perçoit pas davantage les mouvements passifs lents. Mais il a des perceptions, en général exactes, lorsque les mouvements sont brusques et étendus.

Un autre malade (R.) a pour caractéristiques dans l'expérience de la feuille quadrillée les erreurs suivantes :

	Erreur variable moyenne		zone d'erreur
	longitudinale	latérale	
Main droite	20 ^{mm} ,51	14 ^{mm} ,24	286 ^{mm} 2
Main gauche	12 ^{mm} ,91	19 ^{mm} ,21	260 ^{mm} 2
Moyenne	16 ^{mm} ,71	16 ^{mm} ,82	273 ^{mm} 2

Chez Mme M. (48 ans) la perception des positions et des mouvements passifs des doigts des mains est abolie, sauf pour la première articulation du pouce et de l'index (de la main droite sûrement, peut-être aussi de la main gauche). Mais les articulations du poignet et du coude perçoivent correctement les mouvements passifs et les positions : à gauche, cela est certain ; mais les mouvements du coude droit donnent lieu à des erreurs sur la direction.

Il faudrait étudier minutieusement des cas de ce genre. Avec une patience suffisante, on arriverait à déterminer comment se fait la perte des sensations, suivant quel ordre, et quelles sont les sensations perdues chez tel sujet, à tel moment.

En résumé, les études faites jusqu'à présent montrent que les mouvements des membres provoquent des sensations d'organes spéciaux, qui sont situés dans les articulations, dans les tendons, dans les aponévroses, et peut-être dans les parties du tissu musculaire qui sont en communication avec les tendons, sans parler des sensations de la peau. Mais nous ne possédons que des hypothèses fragiles sur les conditions spéciales dans lesquelles elles se produisent, et sur leurs caractéristiques psychologiques. Nous retrouverons plus tard la question de savoir quel est le rôle de ces sensations dans la perception segmentale, et les conditions de la recherche seront alors un peu plus favorables.

CHAPITRE VII

LES SENSATIONS DE MOUVEMENT DE LA TÊTE

Il existe dans l'oreille interne deux espèces d'organes qui ne contribuent en rien à l'audition, et qui semblent avoir une fonction sensitive spéciale : ce sont les canaux semi-circulaires et les otolithes du labyrinthe.

Voici d'abord, en ce qui concerne la position et la structure de ces organes, quelques indications anatomiques. Je les prends sous leur forme la plus simple et la plus schématique, dans Grasset, *Introduction physiologique à l'étude de la Philosophie* (p. 284 et suiv.) et dans Ebbinghaus, *Grundzüge der Psychologie*, I, p. 372. Pour quelques détails supplémentaires, j'ai puisé dans Poirier et Charpy, *Traité d'Anatomie humaine*, t. V, fasc. II, l'Oreille interne (par Cannieu).

On appelle labyrinthe l'ensemble des cavités qui constituent l'oreille interne. L'ensemble de ces cavités est appelé le labyrinthe membraneux et le tout est contenu dans une enveloppe osseuse qu'on appelle le labyrinthe osseux : on peut y distinguer trois parties : une partie inférieure, appelée le limaçon, une partie centrale, appelée le vestibule,

parce qu'elle communique avec le conduit auditif interne, et une partie supérieure, formée par les canaux semi-circulaires et leurs ampoules (fig. 11).

Supposez maintenant que l'on enlève le labyrinthe osseux pour mettre à nu les cavités qu'il contient, et nous pouvons distinguer : 1^o les trois canaux semi-circulaires, qui communiquent par leurs parties terminales renflées avec

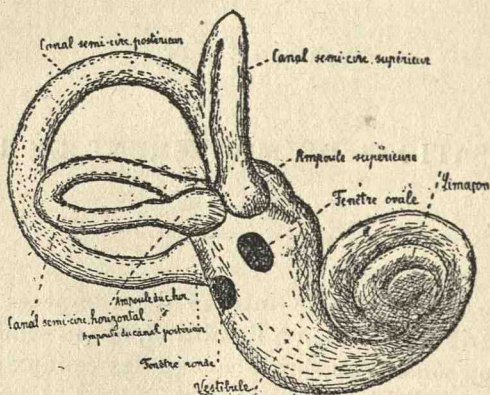


FIG. 11. — Labyrinthe osseux. (D'après CANNIEU).

une vésicule ayant la forme d'un tube allongé et que l'on appelle l'utricule. Les parties renflées qui réunissent les canaux semi-circulaires à l'utricule s'appellent les ampoules ;

2^o Le saccule. C'est une autre vésicule, plus petite et qui communique avec une troisième cavité,

3^o Le sac endolymphatique, par un canal (endolymphatique) ; le même sac communique aussi avec l'utricule.

4^o Le saccule communique enfin, par un canal de réunion, avec la partie non enroulée, ou partie vestibulaire, du limaçon (fig. 12).

Maintenant, le nerf qui fait communiquer l'écorce céré-

brale avec l'oreille interne, appelé depuis longtemps nerf auditif, est en réalité formé de deux branches, qui sont réunies dans une partie de leur parcours, mais se séparent dans l'oreille interne. L'une constitue le nerf cochléaire, et se rend dans le limaçon : c'est le nerf de l'audition, et nous le retrouverons en étudiant les sensations auditives. L'autre constitue le nerf vestibulaire et se rend dans le vestibule.

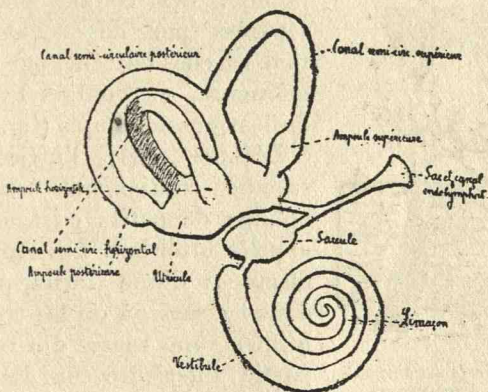


FIG. 12. — *Labyrinthe membraneux, côté droit.* (D'après CANNIEU).

Les anatomistes ne paraissent pas en parfait accord sur les ramifications du nerf vestibulaire : Voici ce qu'en dit Cannieu :

« Ces branches sont au nombre de quatre : un rameau supérieur et postérieur ou utriculaire ; un rameau inférieur ou sacculaire ; un rameau postérieur ou ampullaire ; enfin un rameau pour la partie vestibulaire du limaçon... Le rameau utriculaire se divise en trois faisceaux plus petits : un pour l'utricule et les deux autres pour les ampoules des canaux semi-circulaires supérieur et horizontal » (p. 1376).

Les descriptions des autres anatomistes diffèrent légèrement de celle-là. Mais l'accord existe pour nous assurer que des branches du nerf vestibulaire vont se terminer

dans les ampoules des canaux semi-circulaires, dans l'utricule et dans le saccule.

Les canaux semi-circulaires sont des tubes creux, remplis d'un liquide (endolymphe). Les ampoules que possède chacun d'eux portent à leur partie inférieure des cellules qui sont munies de petits follicules, de petits poils plongeant dans le liquide. Ces cellules pileuses sont séparées par des cellules de soutien, et elles entrent, par leur partie inférieure, en contact avec des ramifications nerveuses (fig. 13).

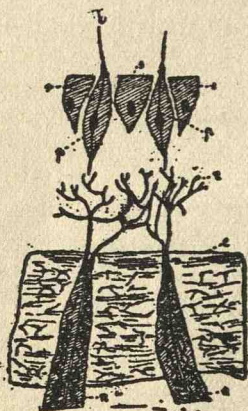


FIG. 13. — *Nerfs des ampoules.*
(D'après RÜDINGER).

s. cellules de soutien ; p. cellules pileuses ; r. ramifications nerveuses ; n. filet nerveux ; c. cartilage de l'ampoule.

ceux des ampoules : la longueur des follicules des ampoules se mesure en dixièmes de millimètre, tandis que les poils qui soutiennent les otolithes se mesurent en centièmes de millimètre (fig. 14).

Au point de vue anatomique, il n'y a plus qu'une remarque à faire en ce qui concerne la disposition de ces deux espèces d'organes. C'est que, des trois canaux semi-circulaires, l'un est horizontal, tandis que les deux autres sont verticaux, mais situés dans des plans perpendiculaires l'un à l'autre, de sorte que les plans des trois canaux se coupent

D'autre part, l'utricule et le saccule contiennent chacun une bouillie de petits cristaux calcaires appelés otolithes. Les otolithes sont disposées d'une façon particulière dans les sacs où on les trouve. Elles forment une masse qui repose à sa partie inférieure sur des follicules pileux analogues à ceux que l'on trouve dans les ampoules, mais plus courts que

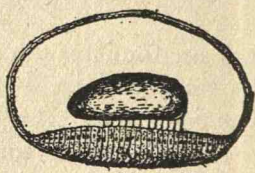


FIG. 14. — *Otolithe.*
(D'après HENSEN).

en formant un angle trièdre à peu près droit. Quant aux otolithes, elles glissent sur les follicules pileux qui leur servent de supports, mais de façon que les directions dans lesquelles elles peuvent se mouvoir, dans les deux petits sacs où on les trouve, forment à peu près un angle droit.

Le point de départ des recherches et des hypothèses relatives aux fonctions du vestibule se trouve dans des expériences de Flourens qui furent commencées en 1824 (Flourens, Expériences sur les canaux semi-circulaires de l'oreille dans les oiseaux, *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France*, tome IX, p. 455-466, 1830).

Flourens a commencé par couper les trois canaux semi-circulaires chez des pigeons, et il a pu, après cette opération, en conserver plusieurs vivants pendant près d'un an. Le résultat de l'opération ne fut pas, comme il semble qu'on s'y attendait, une perturbation de l'ouïe, mais seulement des troubles singuliers dans les mouvements et dans l'attitude des pigeons. La tête effectuait des mouvements oscillatoires, souvent les pigeons faisaient une culbute, ils ne pouvaient plus marcher que lentement et faire que de petits vols, ils se montraient maladroits pour prendre la nourriture et manquaient la plupart du temps le but qu'ils cherchaient à atteindre. A l'état de repos, et une fois les blessures guéries, ils prenaient une position étrange; la tête tournait autour de l'axe du corps et finissait par effectuer une rotation de 180° , le crâne touchant le sol et le bec étant dirigé en l'air.

Dans des expériences ultérieures, Flourens se contenta de couper un seul canal. Il commença par le canal horizontal : il se produisit un mouvement de la tête, oscillatoire, de gauche à droite et de droite à gauche, et l'animal tombait et roulait sur lui-même sans pouvoir se relever. Quand la plaie de la tête fut entièrement cicatrisée, la même oscillation et la même rotation avec perte d'équilibre reparaissaient au moindre mouvement un peu rapide de l'animal.

Sur un autre pigeon, il coupa le canal vertical inférieur, du côté gauche. « Il parut aussitôt un léger, mais rapide mouvement de la tête de bas en haut, et de haut en bas ». Ce mouvement dura peu. L'animal, abandonné à lui-même, se tenait d'aplomb, marchait et volait régulièrement ; il éprouvait seulement, de temps en temps, une espèce de secousse ou de mouvement brusque et subit de la tête d'avant en arrière. Après l'ablation du même canal sur le côté droit, les mêmes mouvements devinrent plus violents, beaucoup plus durables, et l'animal se renversait souvent, malgré lui, sur le dos, en tombant sur sa queue, et quelquefois, il roulait longtemps dans ce sens.

L'ablation du canal vertical supérieur entraîne des troubles analogues, mais l'animal fait maintenant la culbute en avant.

Ces expériences ont été répétées sur d'autres pigeons avec les mêmes résultats, — et sur des lapins elles ont provoqué aussi les mêmes mouvements, mais moins violents. — En résumé, la section de chaque canal produit des oscillations de la tête dans le plan correspondant de l'espace (1).

En 1870, Goltz a exprimé l'opinion que les canaux semi-circulaires ne forment pas une partie de l'organe de l'ouïe, mais constituent un organe sensoriel spécial, servant à la conservation de l'équilibre, d'abord pour la tête et ensuite pour tout le corps. Les sensations venues de ces organes fourniraient des informations sur la position de la tête et serviraient par suite à régler cette position et à diriger les mouvements, en même temps qu'à assurer l'équilibre pendant l'immobilité et pendant le mouvement. La destruction chirurgicale aurait pour effet de troubler ou de supprimer ces informations, et il en résulterait naturellement ces mouvements étranges et incertains que Flourens avait observés.

Depuis, on a répété et varié les expériences de Flourens.

(1) Voir aussi de Cyon, Art. Sens de l'espace, dans le *Dict. de Physiol.* de Ch. Richet, tome IV, p. 566. Cf art. Audition et coordination des mouvements.

Le principal complément qui y ait été apporté concerne les otolithes. Les expériences ont été faites sur des poissons et sur des crustacés, chez qui la position de ces organes rend l'expérimentation plus facile (Kreidl, 1892-93). Le résultat général est que l'ablation de ces organes rend l'animal incapable de s'orienter. Par exemple, le poisson privé de ses otolithes se laisse sans résistance mettre sur le dos ou sur le côté, et il continue à nager dans cette position. D'une manière générale, il paraît évident qu'il ne perçoit plus la position de son corps.

Si l'on interprète ces faits en songeant à la position anatomique du nerf vestibulaire, aux cinq branches par lesquelles il se ramifie chez l'homme, et à sa terminaison propre dans l'écorce cérébrale, on est conduit à admettre qu'il y a dans l'oreille interne un système d'organes sensoriels, l'appareil vestibulaire, qui renseigne les animaux et l'homme sur la position de la tête et sur les mouvements qu'elle accomplit. Les sensations venues des extrémités du nerf vestibulaire, c'est-à-dire des ampoules et des masses otolithiques de l'utricule et du saccule, ne seraient pas les seules sensations fournies par les mouvements de la tête : il faudrait y ajouter des sensations fournies par d'autres espèces d'organes dont nous nous sommes occupés dans des leçons précédentes, organes qui seraient impressionnés par la tension des muscles du cou, par la distension et le relâchement de la peau qui les recouvre, par la rotation du crâne sur la colonne vertébrale, par le frottement des vertèbres les unes sur les autres, et peut-être par d'autres mouvements encore (1). Mais il semble bien que les sensations venues du vestibule jouent dans cet ensemble un rôle de premier ordre, et que c'est à la perturbation qu'elles subissent qu'il faut attribuer les anomalies de mouvements que Flourens a été le premier à produire et à constater.

Pourtant, quand il s'agit d'affirmer l'existence de sen-

(1) EBBINGHAUS, *Grundzüge*, p. 381.

sations, il faut avoir autre chose que des raisons anatomiques et physiologiques : il faut arriver à saisir un fait représentatif par la conscience, parce que c'est par là seulement que l'on peut atteindre la preuve qui établit l'existence d'un fait psychique. Et, comme la conscience de l'homme sain n'arrive pas aisément à distinguer, dans l'ensemble infiniment complexe des sensations associées de diverses manières, celles qui nous intéressent en ce moment, il faut s'adresser aux malades, en particulier à ceux qui éprouvent des maladies des oreilles.

Or un symptôme fréquent dans les maladies qui intéressent l'oreille interne est le vertige : les malades se sentent tourner, ils tournent effectivement, et tombent à terre, s'ils essaient de marcher, ou même simplement de se tenir debout. Le vertige est un trouble des perceptions de mouvement, et, par suite, là où les conditions ordinaires de production du vertige sont troublées, il est à présumer que les sensations qui sont supprimées jouent un rôle dans la coordination des mouvements. En observant à ce point de vue un grand nombre de sourds-muets, on a trouvé que, chez la moitié environ de ces malades, il est impossible de provoquer le vertige : on peut les faire tourner rapidement sur les pieds sans qu'ils aient, au moment où ils s'arrêtent, les mouvements chancelants que l'on observe chez une personne normale. Par ailleurs, dans une proportion à peu près égale de sourds-muets, on trouve des lésions des canaux semi-circulaires. Il est donc probable que les sourds-muets chez qui l'appareil vestibulaire est intact emploient les sensations de cet appareil pour coordonner leurs mouvements et sont sujets au vertige au même titre que les normaux, tandis que ceux des sourds-muets qui ne sont pas sujets au vertige sont privés des sensations vestibulaires et par suite coordonnent leurs mouvements par d'autres moyens d'information, de sorte qu'on peut les faire tourner sans que le vertige se produise chez eux.

À l'appui de cette interprétation, l'observation des sourds-

muets qui ne sont pas sujets au vertige fournit un autre fait. C'est que, si on les fait marcher en ligne droite, les yeux fermés, ou même simplement se tenir sur un pied, ils se montrent extrêmement maladroits, ou même cela leur est impossible. Ils ont donc besoin, comme les tabétiques, d'employer les perceptions visuelles pour coordonner leurs mouvements et se tenir en équilibre, et ils ne trouvent pas dans d'autres sensations, dont les organes sont situés dans l'oreille interne, les moyens sensoriels qu'y trouvent les hommes normaux.

Ces faits nous conduisent enfin à reconnaître que les sensations vestibulaires ne sont pas quelque chose de mystérieux et d'inconnu, mais que l'observation subjective peut arriver à les saisir, à condition d'être convenablement dirigée. Si l'on tourne sur ses pieds, rapidement, en faisant plusieurs tours, et que l'on s'arrête brusquement, les yeux fermés, on sent un mouvement de rotation en sens inverse qui se localise dans la tête et qui a dû être produit par le mouvement du liquide dans le canal horizontal. Ce mouvement du liquide, quand on s'arrête, s'effectue en sens inverse de celui où il s'effectuait pendant la rotation : c'est l'équivalent d'une image consécutive négative. Et l'on peut ensuite se rendre compte qu'une sensation analogue existe pendant la rotation, mais c'est la sensation d'un mouvement dans le sens de la rotation. Conclusion : les sensations du canal semi-circulaire horizontal sont les sensations par le moyen desquelles nous avons conscience de la rotation de notre tête. Et il semble que les mouvements par lesquels nous inclinons la tête en avant ou en arrière, et encore en direction latérale, de droite à gauche et de gauche à droite, provoquent en nous des sensations qui ont leur origine dans les deux canaux verticaux et dans les otolithes. Ces dernières paraissent être tout particulièrement celles que nous localisons dans la tête quand nous subissons des balancements en bateau, ou même dans une voiture où nous sommes passablement cahotés. Ce sont des sensations d'écart de la verticale (1).

(1) Voir surtout EBBINGHAUS, *Grundzüge*, I, p. 372-388.

CHAPITRE VIII

LES SENSATIONS VISCÉRALES

Avant de commencer l'étude des sensations dont les organes sont rassemblés en des masses peu étendues dans le voisinage de la périphérie, il reste à examiner la question de savoir si nous obtenons aussi des sensations, ou plutôt quelles sensations nous obtenons par les organes internes autres que ceux du mouvement, c'est-à-dire par le foie, l'estomac, l'intestin, etc., bref par cet ensemble d'organes que l'on appelle les viscères.

Indépendamment de toute recherche précise, il existe à ce sujet une opinion fondée sur l'observation diffuse : c'est que ces organes nous fournissent des sensations douloureuses, qui peuvent même être très vives, quand ils sont dans un état morbide, tandis que, dans l'état normal, nous ne les sentons que d'une façon très vague. D'autre part, il est très difficile de faire des expériences sur ces organes, et même, pour la majeure partie d'entre eux, cela paraît tout à fait impossible. Pourtant, les chirurgiens ont l'occasion de mettre à nu tous les viscères, et, s'il arrive que leur attention se porte sur les sensations de leurs sujets, ils peuvent recueillir des

informations. D'autre part, Weber avait fait autrefois quelques expériences sur la question de savoir si le tube digestif est sensible au chaud et au froid, et ces expériences ont été reprises récemment avec une technique plus raffinée que la sienne. Enfin un physiologiste a fait des expériences sur des animaux. Nous avons ainsi trois sources d'information qui donnent des renseignements utilisables.

A part les expériences anciennes de Weber, le premier travail d'un psychologue qui soit consacré à la question des sensations viscérales est un article de Meumann (1). Il utilise principalement les observations d'un chirurgien suédois, Lennander (2), et il expose la thèse de Lennander, pour la contester.

Pour une opération dans la cavité abdominale, Lennander avait employé l'anesthésie par infiltration de Schleich, dans laquelle l'insensibilisation n'atteint que la peau et le tissu conjonctif sous-cutané. Il observe que le péritoine pariétal se montre très sensible à toutes les atteintes opératoires, par exemple aux frottements légers occasionnés par l'application et par l'enlèvement des compresses, mais qu'il put tirer les anses intestinales, les couper avec des ciseaux ou avec le bistouri, pincer les artères qu'il avait coupées, et finalement recoudre l'intestin, sans que le patient éprouvât la moindre souffrance. Même il ne sentait pas l'enlèvement des compresses placées entre les anses intestinales, pourvu que le péritoine pariétal ne fût pas touché.

De cette observation et d'un certain nombre d'autres, Lennander conclut que les viscères sur lesquels il a pu faire de pareilles opérations ne possèdent pas de nerfs pour la douleur, ni pour la pression, ni pour la température. Sur ce dernier point, la preuve résulte de ce que les viscères observés sont insensibles au contact d'un instrument de métal

(1) Zur Frage der Sensibilität der inneren Organe, *Archiv f. d. gesamte Psychologie*, IX, 26-62, (1907).

(2) Ueber die Sensibilität der Bauchhöhle etc., *Zentralblatt für Chirurgie*, de Bergmann, König et Richter, 28^e année, n° 8, 1901.

froid ou chaud ou d'un morceau de glace. C'est le cas, non seulement pour l'intestin, mais aussi pour le péritoine viscéral, l'estomac, la vésicule biliaire, les reins et le foie, et les vaisseaux sanguins de ces organes. — Quant au péritoine pariétal, il est riche en nerfs de la douleur, mais il ne sent ni la pression, ni la température : si on le touche avec de la glace, il n'y a pas de sensation ; il en est de même si on le touche avec une pince de métal qui n'est pas très chaude ; si la pince est très chaude, c'est une sensation de piquûre, donc de douleur, qui se produit. — Enfin le diaphragme donne les diverses espèces de sensations dans certaines de ses parties, notamment dans les parties musculaires. — L'opinion généralement admise jusque là était que les viscères sont insensibles dans l'état normal, mais deviennent extrêmement sensibles dans les états pathologiques. Lennander soutient que, dans ces cas, les sensations ont leur origine dans le péritoine pariétal, parce que les tensions ou les contractions violentes de l'intestin et des autres organes internes se propagent jusqu'au péritoine pariétal par le moyen des adhérences (1).

Ces observations de Lennander ont d'autant plus de poids que, en ce qui concerne le tube digestif, elles confirment des expériences que Weber avait faites autrefois, les unes sur lui-même, les autres avec deux bons observateurs, d'autres enfin avec l'aide d'un médecin (2), sur une femme dont une opération chirurgicale avait mis à nu une partie de l'intestin (3). Il est vrai que les expériences de Weber por-

(1) Il ne résulte d'ailleurs pas de là que, même si les observations de Lennander sont vraies, les chirurgiens puissent se contenter d'anesthésier la paroi abdominale. « Pratiquement, dit un éminent maître en la matière, nous, chirurgiens, nous vérifions que l'anesthésie locale de la paroi, insensibilisant à fond le segment métamérique pariétal qui correspond au viscère opéré, ne suffit pas, en général, à nous donner cette insensibilité profonde, absolue, nécessaire à la manœuvre indolore des viscères. » (E. FORGUES, *La douleur des viscères*, Conférence faite aux Journées Médicales de Montpellier, novembre 1926).

(2) Steinhäuser, *Experimenta nonnulla de sensibilitate et functione intestini crassi*, 1831.

(3) Voir TASTSINN und Gemeingefühl, Wagner's *Handwörterbuch der Physiol*, III, 2, p. 562, 497 et suiv.

tent presque uniquement sur les sensations de température, et qu'elles ont été faites suivant une technique un peu simple.

A la suite de l'article de Meumann, un expérimentateur, Becher (1), entreprit de résoudre la question par des moyens techniques meilleurs que ceux de Weber. Il a trouvé un sujet qui peut, sans éprouver de gêne, avaler l'extrémité d'un tube de caoutchouc : il est alors possible de faire arriver en contact avec un point déterminé du tube œsophagien, ou avec l'estomac, de l'eau chaude (50 à 52°) ou froide (4 à 12°). Pour l'estomac, les résultats ont toujours été négatifs. Pour l'œsophage, les résultats des premières expériences furent négatifs aussi : le sujet, ayant les yeux fermés, ne s'apercevait même pas du passage de l'eau. Mais, quand l'extrémité du tube de caoutchouc fut amenée à la partie supérieure de l'œsophage, il apparut des sensations nettes de température et de contact. Les sensations de froid se produisirent même dès les premières expériences, pour des régions de l'œsophage situées plus bas, très nettement jusqu'à la hauteur de la clavicule, puis plus bas encore. Après quelques répétitions, les sensations de froid et de chaud furent annoncées dans tout l'œsophage : elles apparaissaient dès que l'extrémité du tube était retirée de l'estomac et se trouvait dans l'œsophage. L'œsophage est donc dans toute sa longueur, chez le sujet qui a fait cette expérience, faiblement sensible au chaud et au froid.

Pour étudier d'une façon directe les sensations de pression, Becher attache à l'extrémité du tube une petite poire, également en caoutchouc. Le sujet l'avale, et l'expérimentateur lui fait prendre diverses positions, dans l'estomac et dans l'œsophage. De plus l'extrémité extérieure du tube est reliée à une pompe à air qui permet de gonfler la poire. Les contacts et pressions ainsi produits sont sentis dans toute la longueur de l'œsophage et passablement localisés. Le

(1) E. BECHER, Ueber die Sensibilität der inneren Organe, *Z. f. Psych. u. Ph. d. S.* t. 49, 341-373 (1908).

sujet perçoit même le petit anneau rugueux formé par le fil qui attache la poire au tube. Il finit par remarquer le moment où la poire se dégonfle. Lorsque la pression est un peu forte, la sensation devient douloureuse.

La sensation douloureuse est étudiée directement dans l'œsophage en introduisant dans le tube de caoutchouc un fil de cuivre très fin, muni à son extrémité d'une garniture d'étain qui sert d'électrode, et en appliquant une autre électrode, beaucoup plus large, sur le bras du sujet. On a pu de cette façon faire agir des excitations électriques dans toute la longueur de l'œsophage. Partout, il se produit des sensations très nettes. Pourtant il semble que la sensibilité décroît en allant du haut vers le bas. Elle est toujours beaucoup plus faible que sur la peau, car, malgré la grande différence de surface des deux électrodes, la sensation du bras est toujours plus forte que celle de l'œsophage. En somme, la muqueuse œsophagienne fournit les mêmes sensations que la peau, mais elles demandent des excitations plus fortes et elles se développent par l'exercice.

Becher a fait les mêmes expériences sur l'estomac : aucune des sensations de la peau ne s'y produit. Les sensations par lesquelles nous reconnaissons que l'estomac est plein doivent provenir d'une distension de la peau.

Meumann et Becher ont continué ces expériences l'année suivante (1). Il faut y ajouter celles d'un physiologiste, C. Ritter, de Greisswald (2).

Dans les expériences humaines, Becher a réussi à produire les sensations de température dans l'estomac, avec une jeune fille habituée à faire des lavages quotidiens d'estomac. De l'eau froide (8 à 10°), introduite dans l'estomac au moyen d'un tube à double paroi, donne la sensation de froid, tout de suite après l'introduction dans l'estomac. Becher finit par admettre aussi que l'estomac sent le chaud, ou comme chaud,

(1) *Archiv. f. d. ges. Psych.*, XIV, 279-310 ; XV, 356-379 ; XVI, 228-235.

(2) *Centralblatt für Chirurgie*, 35^e année, n° 20, et *Archiv für Klinische Chirurgie*, tome XC.

ou comme douleur. Mais il s'agit toujours de sensations très vagues, et la question de savoir si l'estomac sent les pressions demeure incertaine.

En ce qui concerne l'intestin, et les autres organes abdominaux, les expériences de Ritter ne concordent pas avec les observations de Lennander. Ces expériences ont été faites sur des animaux, principalement des chiens, à qui l'on a fait, une demi-heure avant la laparatomie, une ou deux injections d'une solution de morphine à 4 %. Les animaux poussent des cris ou des gémissements à chaque piqûre que l'on fait pour coudre l'intestin grêle aussi bien que le gros intestin. On obtient des réactions analogues en prenant l'intestin entre les doigts, ou en le serrant avec une pince. Mais le simple contact ou un frottement léger ne paraissent pas sentis. L'appendice et l'estomac se comportent de la même façon, et aussi les vaisseaux du mésentère. Mais le foie, la rate, le pancréas et l'épiploon sont insensibles. Il ne s'agit dans tout cela que de sensibilité à la douleur. Les excitations froides ne provoquent aucune réaction. En revanche, les excitations chaudes, appliquées à l'intestin et à l'estomac, provoquent des réactions qui indiquent la douleur. Mais le foie et la rate se montrent insensibles, même au thermocautère. Un fait entièrement nouveau et important est que la ligature des vaisseaux sanguins provoque la douleur partout, même dans le foie et les autres organes insensibles : les vaisseaux sanguins possèdent donc, contrairement à ce qui semblait probable jusque là, des organes pour les sensations douloureuses.

Comment donc se fait-il que les observations de Lennander aient donné des résultats si différents ? Ritter pense que c'est la laparatomie qui produit, dans les opérations de Lennander, des lésions nerveuses. Peut-être faut-il ajouter que le malade qui vient de subir une opération grave, sans anesthésie générale, et avec la volonté ferme de réprimer les manifestations de souffrance, n'est pas dans de bonnes conditions pour observer des sensations qui doivent être pas-

sablement confuses. Il paraît cependant certain que la sensibilité organique est plus étendue que ne l'avait cru Lennander. Mais il paraît établi aussi, que, là où existent des organes pour les sensations de température et de pression et peut-être aussi pour les sensations douloureuses, des excitations fortes sont nécessaires pour provoquer des impressions qui donnent lieu à des sensations.

CHAPITRE IX

LES SENSATIONS VISUELLES

§ 1. LE PROBLÈME. INDICATIONS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

Le problème qui se pose pour nous au sujet des sensations visuelles est parallèle à celui que nous avons étudié jusqu'à présent pour les sensations qui nous viennent de la peau, des muqueuses et des organes internes : il s'agit de savoir quelles sont les sensations visuelles proprement dites, c'est-à-dire les sensations visuelles élémentaires.

Comme pour les sensations que nous avons étudiées jusqu'à présent, nous trouvons ici une chaîne de phénomènes divers parmi lesquels nous pouvons distinguer, en suivant l'ordre chronologique, d'abord, l'excitation, qui a coutume d'être un phénomène physique, la lumière agissant du dehors sur l'organe, mais qui peut aussi être un phénomène d'une autre nature, un courant électrique, un choc, et même probablement un phénomène chimico-physiologique spontané. Voici, en ce qui concerne ce dernier phénomène, l'observation qui en prouve l'existence et même qui en montre la spon-

tanéité. Si vous placez vos mains devant vos yeux, de façon à former un écran absolument opaque, mais sans presser les globes oculaires, vous voyez que le champ visuel n'est pas absolument noir, mais vous y distinguez une fine poussière lumineuse, ordinairement grisâtre, parfois colorée, en bleu ou rouge par exemple, et en même temps mobile, et formant parfois des taches ou des barres lumineuses plus étendues. C'est ce qu'on appelle la lumière propre de la rétine, et, puisque l'on a pris les précautions nécessaires pour empêcher l'action de la lumière extérieure, c'est qu'il s'agit ici d'une impression sensorielle qui se produit par suite de causes purement physiologiques.

En second lieu, quand une excitation lumineuse extérieure a commencé d'agir sur notre organe visuel, il se produit des phénomènes physiologiques, parmi lesquels on peut distinguer, toujours en suivant l'ordre chronologique : *a)* ceux qui concernent la transmission des rayons lumineux dans l'œil et ses divers milieux réfringents jusqu'à la rétine ; *b)* l'impression sensorielle qui se produit dans la rétine ; *c)* la transmission de cette impression par les nerfs hémioptiques jusqu'à l'écorce cérébrale ; et enfin *d)* les phénomènes cérébraux.

Le troisième terme de la chaîne de phénomènes que nous envisageons est constitué par l'apparition d'un phénomène psychique qui est la sensation, qui serait la sensation simple si elle résultait du fonctionnement d'un organe visuel élémentaire, mais qui est une sensation complexe, une réunion de sensations, parce qu'il y a toujours une pluralité d'organes sensoriels impressionnés simultanément.

Enfin, la sensation visuelle, comme toutes les sensations, et peut-être même plus que toutes les autres sensations, se complique par l'addition d'images, et par tout un travail d'élaboration qui a pour but de mettre en œuvre, d'interpréter spontanément, la sensation provoquée par les événements physiques et physiologiques antécédents. Autrement dit, la sensation visuelle se développe en une perception,

et, si nous essayons d'y appliquer l'observation subjective, c'est une perception que nous saisissons, et non une sensation.

Dans toute cette chaîne de phénomènes, les seuls qui nous intéressent, les seuls que nous ayons en vue de déterminer, sont ceux du troisième groupe. Mais nous ne pouvons pas négliger totalement les autres. D'abord, en effet, c'est dans la perception seulement que nous pouvons retrouver la sensation, par une analyse régressive qui dépouille la perception de tout ce qui s'est ajouté à la sensation. Cette analyse est d'autant plus importante qu'elle est pour nous le seul moyen possible de déterminer la nature de la sensation, parce que nous ne pouvons pas isoler la sensation, nous ne pouvons pas arrêter le travail psychique à partir du moment où la sensation est apparue à la conscience. Mais, pour ce travail d'analyse, la connaissance des phénomènes physiologiques antécédents doit nous fournir des informations précieuses. Nous emploierons donc concurremment, pour arriver à des hypothèses aussi plausibles que possible sur les sensations élémentaires de l'œil, l'observation subjective et la documentation anatomo-physiologique, et de plus, afin d'appliquer ces deux moyens d'information dans les conditions les plus variées et les plus fécondes qu'il soit possible de réaliser, nous emploierons l'expérimentation destinée à faire varier les perceptions et les sensations, et nous recourrons aussi à cette expérimentation toute faite que la nature nous fournit dans les cas morbides ou anormaux.

L'analyse de la perception visuelle par l'observation subjective diffuse nous fournit d'abord certaines indications. Il est, en effet, tout un ensemble de déterminations que l'on trouve dans les perceptions et qui semblent bien ne pas pouvoir appartenir aux sensations. Ce sont les déterminations de direction, de distance et de grandeur, bref l'ensemble des déterminations spatiales, c'est-à-dire l'ensemble des déterminations grâce auxquelles nous voyons les objets comme occupant tel ou tel lieu dans le champ vi-

suel et comme ayant telle ou telle grandeur. Il semble aussi que la détermination de la forme appartient à la perception visuelle, mais ne peut pas appartenir à la sensation. Lorsque, en effet, nous saisissons dans une perception visuelle un objet comme situé au-dessus d'un autre, un livre comme placé sur une table, et comme placé à telle distance de nous, et comme ayant telle forme définie, et comme ayant telle grandeur, ou si, plus simplement, notre perception visuelle, sans contenir toutes ces déterminations spatiales, en contient une seulement, et même la plus simple de toutes, si notre perception visuelle est, par exemple, la représentation d'une surface blanche ou grise, elle contient toujours une pluralité, et même un très grand nombre de sensations associées. Nous en avons la preuve dans ce fait d'expérience très simple, qu'un objet de médiocre étendue, situé à une petite distance, peut être coupé en un grand nombre de parcelles qui sont encore visibles. Cette division a d'ailleurs un terme, qui est l'angle d'une demi minute à une minute environ. Puisque ces parcelles colorées donnent lieu à une représentation visuelle quand elles sont séparées, nous devons supposer que, quand elles sont réunies, chacune d'elles donne encore lieu à une représentation visuelle, c'est-à-dire que la perception visuelle de l'objet comprend une pluralité de représentations plus simples qui sont associées ensemble. Cela ne veut pas dire que la perception visuelle spatiale se réduit à une association de sensations non spatiales, mais seulement qu'elle comprend une association de sensations auxquelles sont étrangères la plupart des déterminations spatiales.

Si maintenant, pour préciser, nous nous demandons quelle détermination spatiale peut subsister dans la sensation visuelle élémentaire, nous sommes amenés à former une hypothèse, suggérée par l'observation de la sensation tactile élémentaire. Dans l'observation de cette dernière, telle qu'elle est produite par une pression légère agissant sur un organe sensible unique, nous saisissons bien une étendue,

une surface, mais la surface est faible et surtout elle n'a pas de contours délimités, c'est-à-dire qu'elle n'a pas de forme. Par analogie, nous sommes conduits à supposer que la sensation visuelle élémentaire doit représenter seulement une sorte de tache colorée, dépourvue de forme et de position, bref un point coloré, analogue, sauf la différence qualitative, à un point de pression. Les étoiles nous fournissent l'occasion de comprendre ce que doit être, au point de vue spatial, la sensation visuelle élémentaire : elles nous apparaissent comme des points lumineux, c'est-à-dire de petites surfaces dépourvues de contours, et par suite dépourvues de forme. Il faut, naturellement, faire abstraction de leur position, et aussi de ce qu'on appelle leurs différences de grandeur, bien que ce qu'on appelle grandeur des étoiles apparaisse comme étant peut-être uniquement leur intensité lumineuse. Ainsi nous pouvons éliminer de la perception visuelle les déterminations spatiales de position, de grandeur et de forme, pour considérer seulement comme y subsistant la détermination d'étendue sans forme et de grandeur minima, bref la ponctiformité. Par là nous obtenons un premier résultat : les sensations visuelles sont des sensations de points colorés et lumineux.

De là résulte que, au point de vue anatomo-physiologique, tout ce qui, dans l'organe de la vision, a pour fonction de favoriser les associations de sensations en donnant une netteté particulière à notre perception des formes et des positions, tout cela ne nous intéresse pas, du moins pour le moment. Ce sont là des faits que nous retrouverons plus tard, quand nous ferons l'analyse de la perception visuelle de la position et de la forme. Ainsi les muscles qui entourent comme une gaine le globe oculaire nous permettent de diriger à volonté l'axe oculaire et de faire tomber les rayons lumineux sur la partie la plus sensible de la rétine. Ils nous permettent aussi de réaliser cette condition pour les deux yeux à la fois par la convergence des axes oculaires. De même, le cristallin se déforme pour que l'accommodation se réalise,

c'est-à-dire pour que les rayons lumineux issus d'un même point aillent se rencontrer à la surface de la rétine, et non pas un peu en avant ou un peu en arrière. De même encore, les rayons lumineux traversent divers milieux réfringents, qui ont pour fonction de les conduire sur la rétine de façon que les objets y dessinent leur image réduite comme ils la dessinent sur la plaque sensible, dans l'appareil photographique. Tous ces faits là sont intéressants pour l'analyse

de la perception : ils ne le sont pas pour la détermination de la nature des sensations.

En revanche, parmi les phénomènes physiologiques de l'œil, ceux qui ont leur siège dans la rétine nous intéressent autant que, pour les sensations de la peau, ceux qui ont leur siège dans les différentes espèces de corpuscules : car ces phénomènes physiologiques constituent l'impression visuelle. Et nous verrons bientôt que la physiologie de la rétine nous fournit des hypothèses et des expériences, beaucoup plus solides et plus étendues que celles que nous avons trouvées jusqu'à présent en

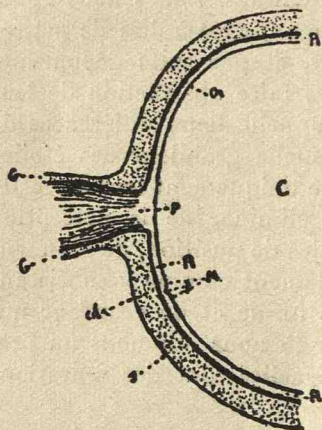


FIG. 15. — Schéma du fond de l'œil.

s. sclérotique ; ch. choroïde ; R. rétine ; P. papille du nerf optique ; M. mala lutea ; f. fosse centrale ; C. corps vitré ; G. gaines optiques ; Or, ora serrata, limite de la rétine.

étudiant les autres espèces de sensations. D'ailleurs les renseignements anatomiques sont déjà fort précieux.

La rétine est une membrane nerveuse qui tapisse le fond de la cavité oculaire et qui s'appuie d'une part sur la choroïde, tandis que de l'autre elle est pressée par la membrane hyaloïde contenant le corps vitré (fig. 15).

La rétine est composée de trois couches de cellules, qui sont munies les unes et les autres de prolongements proto-

plasmiques. C'est une membrane qui, exception faite pour sa couche pigmentaire, est transparente, plus mince en avant (0,1 mm.) qu'en arrière (0,4 mm.) (1) (fig. 16). La couche la plus interne, celle qui est placée le plus près du corps vitré, est la couche des cellules ganglionnaires (*g, h*). Dans la plus grande partie de la rétine, ces cellules forment une assise unique: dans la tache jaune seulement, mais non dans la fosse centrale, il y a plusieurs assises de ces cellules. A leur pôle interne, du côté du corps vitré, ces cellules se prolongent par une fibre nerveuse qui va gagner la papille et le nerf optique. A leur autre pôle, elles ont un prolongement protoplasmique qui se ramifie à son extrémité et assure la communication avec la couche suivante, avec la couche moyenne.

La couche la plus extérieure, celle qui est placée le plus près de la choroïde, est formée par les cellules visuelles. Ces cellules (*c* et *d*) comprennent de petits corpuscules ovales d'environ 1 centième de millimètre de long, qui forment plusieurs rangées les unes au-dessus des autres, et qu'on appelle souvent les grains des cellules. Du côté de la couche moyenne, ces grains se prolongent en une sorte de fil droit qui se termine par un renflement (pour les cellules des bâtonnets) ou par une espèce de petit cône aplati (pour les cellules des cônes). Du côté extérieur, les grains des cellules

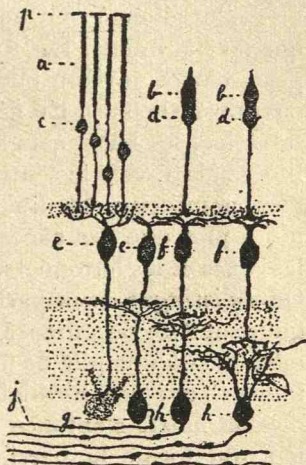


FIG. 16. — Les couches de la rétine.

p. couche du pigment épithélial ;
a. bâtonnet ; *b.* cône ; *c.*, *d.* grains des cellules visuelles ;
e., *f.* cellules bipolaires ; *g.*, *h.* cellules ganglionnaires ; *j.* fibre du nerf se rendant à la papille.

(1) TRUC, VALUDE et FRENKEL. *Nouveaux éléments d'ophtalmologie*, p. 71.

visuelles se prolongent par des organes spéciaux, les bâtonnets (*a*) pour les uns, et les cônes (*b*) pour les autres. Les cônes et les bâtonnets sont séparés des grains par une fine membrane. Comme le nom l'indique, les bâtonnets sont des sortes de petits cylindres allongés, tandis que les cônes ont une forme différente, à peu près la forme d'une bouteille avec un goulot allongé : en outre, ils sont plus épais et plus courts que les bâtonnets. Les uns et les autres sont très petits : on peut mettre environ 500 bâtonnets dans un millimètre, et environ 200 cônes. En général, ils sont mêlés ensemble dans la rétine, les bâtonnets ayant coutume d'être les plus nombreux. Mais, vers le centre de la rétine, les cônes deviennent plus nombreux, et finalement, dans la fosse centrale, il n'y a plus que des cônes. Ces deux espèces de corpuscules, les cônes et les bâtonnets, ne sont pas tout à fait homogènes. On y distingue deux parties : un segment ou article externe, qui peut être décomposé en une série de disques lamellaires, analogues à une pile de monnaie, — et un segment ou article interne, qui est fibrillaire et granuleux. L'article externe des bâtonnets s'enfonce dans la couche du pigment épithélial, qui forme la partie de la rétine la plus rapprochée de la choroïde. Cette couche épithéliale est formée de cellules polygonales à l'intérieur desquelles se trouvent des grains de pigment d'une couleur foncée que l'on appelle le *pourpre rétinien*. Ces grains pigmentaires sont très sensibles à l'action de la lumière, et cette sensibilité se manifeste par deux faits. D'abord, sous l'influence de la lumière, ils se déplacent, ils émigrent dans la direction des cônes, qu'ils n'atteignent d'ailleurs jamais ; et, dans l'obscurité, ils reviennent vers la partie des cellules pigmentaires la plus rapprochée de la choroïde. L'autre fait est que, sous l'influence de la lumière, le pigment se décolore et devient d'abord jaunâtre ; on l'appelle alors le *jaune rétinien* ; si l'action de la lumière se continue, il perd toute couleur ; mais, dans l'obscurité, il se régénère.

Entre la couche interne et la couche externe de la rétine,

se trouve une couche intermédiaire, celle des cellules bipolaires (*e, f*). Elles ont la forme de fuseaux, et envoient des prolongements dans les deux sens. Le prolongement tourné vers les cellules visuelles se ramifie et établit ainsi une communication avec les cellules des cônes et des bâtonnets. Le prolongement intérieur, qui se divise parfois en plusieurs branches, va retrouver une des cellules ganglionnaires du nerf optique ou un de ses prolongements. Maintenant, au sujet de ces communications de cellules, il y a une remarque à faire. C'est que, en général, plusieurs cellules des bâtonnets sont en communication avec une seule cellule bipolaire, de sorte que l'impression reçue par les bâtonnets va en quelque sorte en se concentrant à mesure qu'elle est transmise à des couches plus internes de cellules. Le même fait se produit peut-être aussi pour les cônes, mais pour les cônes, le fait inverse se produit également ; le prolongement d'un cône peut être en communication avec plusieurs cellules bipolaires, et celles-ci avec plusieurs cellules ganglionnaires, de sorte que l'impression peut aller en s'irradiant.

Les histologistes ont reconnu d'autres espèces de cellules dans la rétine, et notamment des cellules horizontales, qui émettent de forts prolongements, et des cellules verticales : elles paraissent être simplement des cellules de soutien.

Telle est la structure de la rétine dans la plus grande partie de son étendue. Deux régions relativement étroites font exception. L'une est la papille, c'est-à-dire l'endroit où le nerf optique, ou plutôt les deux nerfs hémioptiques réunis, pénètrent dans la cavité oculaire à la hauteur de la rétine. Elle ne contient que des filets nerveux et des vaisseaux sanguins (un tronc artériel et un tronc veineux qui se ramifient dans la rétine), et elle est par suite impropre à la vision. Elle mesure environ 1,5 mm. On peut délimiter dans le champ visuel le scotome qui correspond à la papille. C'est une région ovale plutôt que ronde. Pour la délimiter dans le champ visuel (fig. 17), il suffit de fixer le point A et de faire glisser la pointe d'un crayon sur la ligne AB. On rencontre d'abord le

point C, où l'on cesse de voir la pointe du crayon, puis plus loin, le point D, où l'on recommence à la voir. On fait de même ensuite sur la ligne E F.

L'autre région exceptionnelle de la rétine est celle que l'on appelle le lieu de la vision la plus distincte. Elle a un diamètre d'environ un tiers de millimètre, et occupe à peu près le pôle postérieur de l'œil. On y trouve une couche de cellules pour-

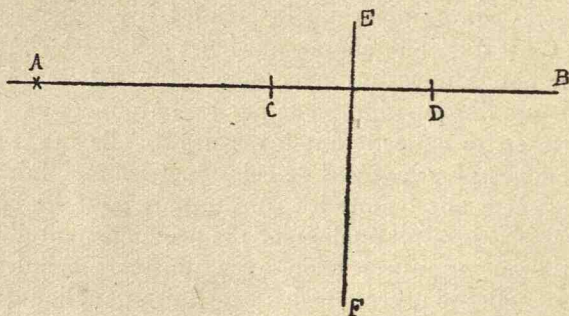


FIG. 17. — Mesure de la tache aveugle. (D'après BOURDON).

vues de cônes, avec les cônes qui en forment le prolongement. Les cônes y sont très serrés les uns contre les autres, et leur dimension est réduite de moitié (400 au millimètre). Les cellules bipolaires et les cellules ganglionnaires correspondantes se trouvent en dehors de cette région étroite, de sorte que les prolongements qui les réunissent ont une position oblique. Il en résulte que la rétine, en cette étroite région, est plus mince qu'ailleurs et paraît creusée : d'où le nom de *fosse centrale* (fovea centralis) qu'on lui donne. Tout autour de cette fosse centrale se trouve une région colorée en jaune, d'un diamètre total équivalent à deux diamètres papillaires, c'est-à-dire au plus 3 mm. Elle est située à 3 mm. en dehors et 1 mm. au-dessus de la papille. On l'appelle *tache jaune* (macula lutea).

Le nerf de l'œil droit et celui de l'œil gauche se rencon-

trent à environ 3 centimètres en arrière des globes oculaires, et là, dans le chiasma, leurs fibres se mélangent de telle façon que, après leur croisement, ils se séparent pour continuer leur trajet jusqu'à l'écorce cérébrale. Mais chacun d'eux contient alors des fibres venues des deux rétines, et, dans la suite de leur trajet, ces fibres s'entrecroisent à nouveau de façons qui paraissent passablement compliquées. Ils se terminent enfin dans la partie occipitale de l'écorce cérébrale, mais les régions qui leur servent de centres ne sont pas délimitées avec certitude.

§ 2. L'HYPOTHÈSE DE HERING

Je passe maintenant aux faits qui concernent la vision, et qui sont propres à nous fournir une conception probable sur la nature des sensations élémentaires de lumière, et en même temps sur la nature de l'impression qui conditionne ces sensations. Pour nous orienter au milieu de ces faits, je vais exposer d'abord l'hypothèse physiologique qui me paraît la plus propre à en coordonner l'ensemble : nous verrons ensuite comment les faits donnent à cette hypothèse une base expérimentale. C'est l'hypothèse exposée par Hering dans une suite de communications adressées à l'Académie des Sciences de Vienne à partir de 1873, et réunies en brochure sous le titre de *Zur Lehre vom Lichtsinne* (1878).

L'idée essentielle de Hering est que la rétine normale contient trois substances sur lesquelles la lumière produit des actions chimiques de deux espèces : une action de décomposition, ou, comme dit Hering, de dissimilation (*Dissimilierung*) et une action de reconstitution ou d'assimilation (*Assimilierung*). Il existerait donc dans l'impression visuelle six faits physiologiques distincts, ou six formes différentes,

et, quand ces faits se produisent isolément, il en résulterait six espèces de sensations :

- | | |
|--|--------------------|
| 1. Dissimilation de la substance Blanc-Noir..... | sensation de blanc |
| 2. Assimilation de la même..... | — noir |
| 3. Dissimilation de la substance Jaune-Bleu.... | — jaune |
| 4. Assimilation de la même..... | — bleu |
| 5. Dissimilation de la substance Rouge-Vert.... | — rouge |
| 6. Assimilation de la même..... | — vert |

Voilà l'hypothèse sous sa forme la plus simple. Hering y a lui-même ajouté des hypothèses accessoires que nous rencontrerons chemin faisant. Nous allons maintenant commencer l'étude des faits les plus importants qui sont relatifs à la vision des couleurs, et nous verrons comment l'hypothèse de Hering s'appuie sur ces faits. J'ai à peine besoin d'ajouter que les faits subsisteraient, et qu'ils seraient tout aussi importants au point de vue physiologique et au point de vue psychologique, même si l'hypothèse de Hering était fausse.

Le premier fait intéressant est celui des couleurs fondamentales. Si un œil normal regarde le spectre de la lumière solaire, il perçoit un grand nombre de couleurs différentes. Si l'on commence par l'extrémité rouge, on peut découper le spectre en petites bandes étroites dont chacune a une nuance distincte de celle qui précède et de celle qui suit. Mais chacune de ces bandes colorées, en même temps qu'elle diffère de ses deux voisines, leur ressemble : le passage de l'une à l'autre, dans toute l'étendue du spectre, est continu. On peut même établir un passage continu du violet au rouge en interposant entre l'extrême rouge et l'extrême violet des nuances pourpres, de sorte que la série des couleurs ainsi complétée forme une couronne dans laquelle il y a un passage d'une nuance à la nuance voisine.

Maintenant, si nous allons du rouge au jaune, nous passons par l'orangé, mais d'une façon toujours continue. Et la série des nuances qui commence au rouge pour s'arrêter au jaune

est formée de bandes dont chacune est semblable à la fois au rouge et au jaune. En s'éloignant de l'extrémité rouge du spectre pour aller vers le jaune, on voit en quelque sorte le rouge diminuer graduellement pour faire place au jaune, qui grandit pendant que le rouge diminue, et cela continue jusqu'à ce qu'on arrive vers le milieu du jaune. A partir de ce moment, le rouge disparaît entièrement, le jaune cesse entièrement d'être semblable au rouge, et il devient semblable à une autre couleur que nous trouvons plus loin dans le spectre : il devient semblable au vert. Il le devient de plus en plus jusqu'à ce que nous arrivions au milieu des nuances vertes. A ce moment, la ressemblance avec le jaune cesse entièrement, et l'on voit apparaître une ressemblance avec le bleu. Cette ressemblance devient de plus en plus grande jusqu'à ce que nous arrivions dans la région tout à fait bleue du spectre. Après quoi on voit apparaître une ressemblance nouvelle, qui devient très sensible à mesure que l'on avance vers l'extrémité violette du spectre : c'est la ressemblance avec le rouge. La continuité fait défaut entre l'extrémité violette et l'extrémité rouge du spectre, mais nous savons qu'on peut l'établir en intercalant des nuances pourpres.

Nous avons des points critiques dans cette série de nuances qui se distinguent graduellement les unes des autres. Ces points critiques sont ceux où un changement se fait dans l'orientation de la ressemblance. Ce ne sont pas tout à fait des points, mais plutôt des régions étroites dans lesquelles on ne peut plus distinguer au juste de quel côté va la ressemblance : mais, si l'on avance ou si l'on recule un peu, on voit se manifester la direction de la ressemblance. Ces points critiques sont dans le rouge, le jaune, le vert et le bleu. Par suite, nous pouvons schématiser toutes ces ressemblances et ces points critiques, en pliant le spectre quatre fois, de façon à former un quadrilatère. Les angles sont arrondis pour montrer l'incertitude relative de la position exacte des points critiques (fig. 18).

Sur la bande qui va du rouge au jaune prennent place

toutes les nuances qui ressemblent à la fois au rouge et au jaune ; sur celle qui va du jaune au vert, toutes celles qui ressemblent à la fois au jaune et au vert, et ainsi de suite.

Les couleurs qui occupent ainsi les angles du quadrilatère des couleurs, ou les points critiques, sont appelées depuis longtemps les couleurs principales (Hauptfarben). Hering leur a donné le nom de couleurs fondamentales (Grundfarben). On peut remarquer que celles qui sont opposées par le sommet sont aussi celles qui, pour Hering,

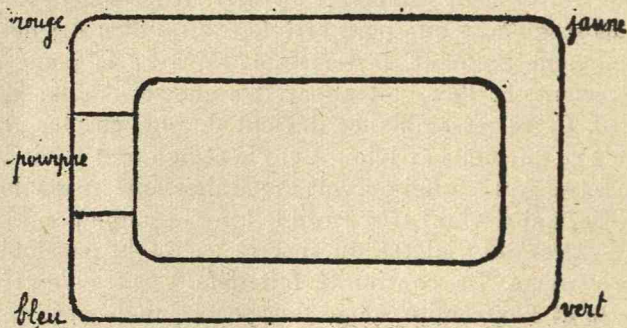


FIG. 18. — Quadrilatère des couleurs.

correspondent à une même substance sensible de la rétine, et aux deux processus antagonistes de dissimilation et d'assimilation.

On peut remarquer aussi que, dans ce qu'on appelle les couleurs neutres, noir, blanc et gris, nous avons encore une série continue avec deux extrêmes, le blanc pur et le noir absolu. Si l'on veut bien appeler aussi le blanc et le noir du nom de couleurs (ce sont les couleurs neutres), nous avons, avec le rouge, le jaune, le vert et le bleu, les six couleurs fondamentales de Hering.

Si l'on suppose maintenant que les nuances du gris sont rangées sur une ligne, avec le blanc à une extrémité et le noir à l'autre, que cette ligne est placée perpendiculairement au quadrilatère des couleurs, de façon que le milieu de la ligne

coïncide avec le milieu du quadrilatère, si l'on joint les deux extrémités de la ligne des couleurs neutres aux quatre sommets du quadrilatère, on obtient un octaèdre qui forme ce qu'on appelle le *corps des couleurs*. Cette figure schématise géométriquement toutes les nuances des couleurs, avec leurs différentes saturations et leurs valeurs lumineuses.

Il serait exagéré de voir là une preuve de l'hypothèse de Hering. Mais il y a, entre cette hypothèse et cette possibilité de comprendre les rapports des couleurs, une concordance qui mérite d'être notée. Supposez, en effet, que l'hypothèse des trois substances et des six processus soit vraie, nous pouvons, sur cette hypothèse physiologique, faire reposer une hypothèse psychologique. Nous dirions alors que nous avons six espèces de sensations de couleurs, six espèces de sensations visuelles simples, élémentaires, irréductibles, et que toutes nos autres sensations de couleurs seraient des associations de ces sensations simples, que la sensation de l'orangé saturé serait une association d'une sensation de rouge et d'une sensation de jaune, et que cette association de deux sensations simples reposerait sur l'existence simultanée de deux processus nerveux déterminés, — que la sensation de l'orangé pâle ou blanchâtre, ou de l'orangé sombre ou noirâtre, résulterait d'une association plus complexe, comprenant, outre les deux premiers éléments, une sensation de blanc ou une sensation de noir dépendant d'une dissimilation ou d'une assimilation de la substance Blanc-Noir, et ainsi de suite. Bref, l'accord est parfait entre la théorie de Hering et l'observation des sensations de couleur : cet accord constitue une présomption en faveur de la théorie.

§ 3. LA VISION INDIRECTE DES COULEURS

Lorsque nous regardons un objet sous un angle visuel de peu d'étendue, les rayons lumineux qui viennent de cet objet exercent leur action sur la fosse centrale, ou, si l'objet

est un peu plus étendu, sur la tache jaune. On dit alors que la vision est directe, et la vision directe peut se définir comme étant celle dans laquelle l'impression visuelle a son siège dans la partie de la rétine la plus propre à assurer une vision distincte. Or, dans la vision directe, pourvu que l'éclairement de l'objet soit convenable et que la distance permette une accommodation passable, un œil normal perçoit toutes les couleurs. Mais si, conservant constantes les conditions de distance et d'éclairement, on fait varier la région de la rétine qui reçoit l'action de la lumière, la vision est alors appelée indirecte, ou périphérique (parce qu'elle est obtenue par les parties périphériques de la rétine), et il se produit des changements de grande importance dans la vision des couleurs.

Pour réaliser la vision indirecte, on fait fixer un point à l'œil du sujet, et on lui présente, à une distance variable du point de fixation, un objet blanc, ou gris ou noir, ou coloré. Pour maintenir constante la distance de vision, on emploie souvent le périmètre de Landolt, ou bien un instrument équivalent. On détermine ainsi, pour un nombre de méridiens que l'on choisit suivant le but que l'on se propose, le point pour lequel la vision subsiste et qui est le plus éloigné du point de fixation. En faisant tourner le demi-disque du périmètre de Landolt, on peut faire une détermination rapide de ces points pour deux, quatre, ou huit méridiens. La distance est alors mesurée en degrés. Si l'on reporte ces points extrêmes sur une feuille préparée à l'avance, on obtient la mesure du champ visuel. Cette mesure est importante au point de vue médical, parce que le champ visuel peut se rétrécir en conséquence de nombreuses causes morbides. Au point de vue de la détermination des sensations élémentaires, voici ce que la mesure du champ visuel nous apprend.

Si l'on emploie pour en déterminer les limites un objet blanc, par exemple, un morceau de craie ou une feuille étroite de carton ou de papier plié, on obtient le champ visuel maximum et voici quelles en seraient, d'après M. Truc, les dimen-

sions minima, pour l'œil gauche : dans le plan horizontal, 55 degrés en dedans, 85 en dehors, et, dans le plan vertical, 55 degrés en haut et 65 en bas (fig. 19). — Si l'on emploie un objet gris, ou, ce qui revient au même, si l'on diminue l'éclairement, ces dimensions diminuent dans toutes les directions, et les limites du champ visuel se rapprochent du centre dans toutes les directions, de sorte que, si l'on substitue à l'objet blanc un objet noir, ou gris sombre, le champ est déjà beaucoup plus petit que pour le blanc. Mais, même alors, il est plus étendu que pour un objet coloré (1). Ce fait est important pour l'interprétation de ce qui suit.

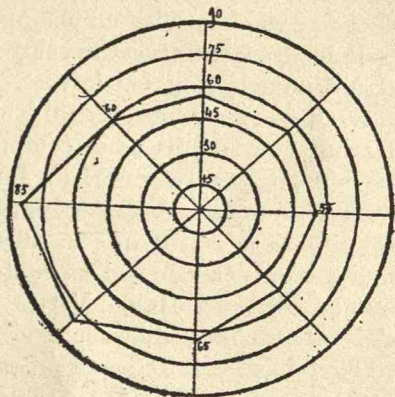


FIG. 19. — *Champ visuel normal pour le blanc, œil gauche.* (D'après TRUC, VALUDE et FRENKEL).

Si l'on substitue à l'objet blanc ou noir un objet coloré, et si on le place d'abord à la périphérie du périmètre en le rapprochant peu à peu du centre, on trouve qu'il n'est pas vu du tout. Puis, quand il entre dans les limites du champ visuel du gris, il est vu comme blanchâtre, ou comme gris plus ou moins clair. Pour que toutes les couleurs soient vues, il faut se rapprocher très notablement du centre de la rétine. Le champ visuel dans lequel l'œil normal distingue toutes les couleurs forme ainsi une région relativement étroite du champ visuel pour le gris.

Si maintenant on essaie les différentes couleurs d'une façon méthodique, et notamment si l'on détermine le champ

(1) Voir les figures de TRUC, VALUDE et FRENKEL, *Nouveaux Eléments d'Ophtalmologie*, 2^e éd. p. 208.

visuel pour les quatre couleurs fondamentales, on voit qu'il existe pour les couleurs deux champs visuels d'étendues différentes. Si l'on va de la périphérie au centre, on traverse d'abord une région où toutes les couleurs sont perçues comme du blanc ou du gris : c'est le champ visuel des couleurs neutres. Puis l'on entre dans une région où l'on perçoit le bleu et le jaune. Enfin, le rouge et le vert ne sont perçus que dans un champ encore plus étroit. Nous avons donc trois champs visuels : le plus étendu est celui du blanc et du noir ; vient ensuite un champ moins étendu pour le jaune et le bleu, et enfin vers le centre se trouve le champ le plus étroit, pour le rouge et le vert.

Ces faits se comprennent facilement dans la théorie de Hering, et même ils ne se comprendraient pas si cette théorie n'avait pas au moins un fond de vérité. Ils tendent à prouver que la substance Blanc-Noir est répandue dans la totalité de la rétine, que la substance Jaune-Bleu a un domaine moins étendu qui est contenu dans le premier, et enfin que la substance Rouge-Vert a le champ le plus étroit, celui qui entoure immédiatement le centre de la rétine.

Toutefois les faits ne se présentent avec une pareille netteté que si l'on emploie les couleurs que Hering appelle fondamentales. Le rouge doit être légèrement pourpré, ce que l'on obtient en mêlant, sur l'appareil à mélanger les couleurs, 306° de rouge et 54° de bleu (1). Le jaune est dans le spectre et a pour longueur d'onde $\lambda = 577 \mu\mu$. Le vert correspond à $\lambda = 501 \mu\mu$, et le bleu à $\lambda = 477 \mu\mu$. Le vert est légèrement bleuté, comme le rouge se rapproche du bleu, puisqu'il est dans le pourpre. Mais tout cela ne constitue qu'une complication pour les expériences et s'accorde parfaitement avec la théorie.

Une difficulté plus grave est que les déterminations des limites des trois champs visuels sont des déterminations de

(1) D'après les papiers de Hering (TITCHENER, *Exp. Psychol. Instructor's Manual*, Qualitative, p. 20).

seuils et que, à ce titre, elles ne peuvent pas être faites avec une rigueur parfaite. En réalité, les limites des champs visuels ne sont pas constituées par des lignes bien tranchées, mais plutôt par des zones confuses et indécises. On trouve une région où l'on est embarrassé pour dire si ce que l'on voit est rouge, ou jaune, ou bien si c'est vert ou bleu, et, plus loin, on ne sait plus dire si l'on voit du jaune (ou du bleu) ou bien du gris. De plus, ces limites de champs visuels sont mobiles. Elles varient suivant des conditions objectives et aussi suivant des conditions subjectives. Ainsi le champ grandit si l'on emploie des objets plus étendus, si les excitations sont plus fortes, et si elles sont plus brèves. Au contraire, le champ se rétrécit si les objets sont plus petits, si les excitations sont plus faibles et si elles persistent plus longtemps. Sans doute, il est possible de réaliser l'uniformité des conditions à ces divers points de vue. Mais il est plus difficile de réaliser l'uniformité des conditions subjectives, notamment de la fatigue, où il y a lieu de distinguer la fatigue cérébrale, la fatigue rétinienne et la fatigue musculaire de fixation. En outre, il faut tenir compte de l'adaptation rétinienne à la lumière et à l'obscurité, laquelle ne peut être approximativement uniforme que si l'on expérimente dans la chambre noire et avec des temps d'adaptation assez longs. Il faut tenir compte enfin de la capacité d'observation des sujets, qui est presque toujours inégale. Par là peuvent s'expliquer bien des divergences dans les résultats expérimentaux, et même certaines bizarreries de résultats, comme celles que présentent les expériences de W. Hellpach (1).

En somme, la vision des couleurs va bien en diminuant du centre de la rétine à la périphérie, et les diverses couleurs ne se comportent pas de la même façon : le couple rouge-vert a une diminution de visibilité qui est plus rapide, le couple jaune-bleu a une diminution moins rapide. On a cherché à

(1) Die Farbenwahrnehmung im indirecten Sehen, *Phil. Stud. de WUNDT*, XV, 524, 1900.

expliquer le fait indépendamment de l'hypothèse de Hering, en s'appuyant sur ce que les couleurs rouge-vert seraient plus sombres que le jaune et le bleu ; on ramènerait ainsi la diminution de visibilité à une diminution d'intensité lumineuse. Mais cette explication doit être rejetée s'il est vrai que le champ du noir est plus étendu que celui du bleu et du vert : car une surface noire réfléchit bien un peu de lumière, mais elle en réfléchit certainement moins qu'une surface bleue ou verte qui est éclairée de la même façon. La vision indirecte des couleurs paraît donc nous fournir des faits concluants en faveur de l'hypothèse de Hering.

§ 4. — LA CÉCITÉ AUX COULEURS

Si les sensations des couleurs proviennent de la décomposition ou de la recombinaison de certaines substances sensibles, il est à prévoir que, chez certaines personnes, une ou plusieurs de ces substances feront défaut, soit d'une façon congénitale, soit par suite de circonstances morbides, et qu'il en résultera de la cécité partielle ou totale à l'égard des couleurs. De plus, si l'hypothèse de Hering est vraie, il pourra se faire que la substance qui fera défaut soit la substance rouge-vert, ou bien la substance jaune-bleu, ou même toutes les deux. Il doit donc exister des formes variées de cécité aux couleurs, mais, lorsque la cécité est partielle, elle doit exister ou pour le rouge-vert, ou pour le jaune-bleu.

En fait, on rencontre bien des variétés de la cécité aux couleurs, et d'abord la cécité totale.

La cécité totale (achromatopsie) peut être complète ou incomplète. On dit qu'elle est complète ou générale quand elle atteint les deux yeux. Et ici une distinction doit encore être faite suivant qu'elle est congénitale ou acquise. Sous la forme congénitale, elle est rare, mais il en existe pourtant

quelques observations, dont une, particulièrement précieuse, a été recueillie par Hering (1). Sous la forme acquise, elle est le développement d'un scotome, qui s'élargit jusqu'à occuper tout le champ visuel des couleurs et qui finit souvent par produire la cécité complète.

La cécité totale incomplète ou circonscrite peut affecter un seul œil et même une région étroite d'un seul œil. Elle est alors un symptôme d'une affection plus ou moins grave, et, à ce titre, bien qu'elle ne soit pas extrêmement gênante pour le malade, elle est très importante pour le médecin, parce qu'elle révèle le commencement d'une maladie qui peut avoir des conséquences dangereuses. Wundt a pu en observer un cas sur lui-même. A la suite d'une choroïdite disséminée, il perdit la vision de toutes les couleurs dans une région de l'œil droit, et, plus tard, la même région devint complètement aveugle. Mais, pendant la période d'achromatopsie, il conserva pour la région intéressée la vision de la lumière blanche, et, pour cette même région, un papier coloré d'une couleur quelconque lui paraissait gris, mais avec la même valeur lumineuse que le papier de même couleur perçu par les régions voisines saines de la rétine.

Wundt conclut de ce fait que l'impression rétinienne qui produit les sensations de couleur est indépendante de celle qui produit les sensations de clarté (*Helligkeit*), ou de lumière blanche, ou d'intensité lumineuse. On peut ajouter d'ailleurs, en se plaçant au point de vue de l'hypothèse de Hering, que, dans le cas où le scotome supprime pour une région d'une rétine la vision des couleurs, la substance rouge-vert et la substance jaune-bleu sont détruites pour cette région, ou peut-être ce sont les éléments anatomiques dont la fonction est de fabriquer ces substances qui sont ou détruits ou lésés, — tandis que la substance blanc-noir subsiste intacte pour un temps ; puis, quand cette substance est sup-

(1) *Archiv. de PFLÜGER*, 49, 1891. Voir aussi WUNDT, *Physiol. Psychol.* V^e édit. II, 226.

primée à son tour par le progrès de la maladie, la vision disparaît entièrement, et le scotome est formé. Semblablement, dans le cas où la cécité aux couleurs est congénitale, et totale, et générale, nous avons lieu de supposer que, pour des causes inconnues, la substance blanc-noir est la seule qui existe et que, dans le cas où une cécité analogue est acquise, la substance blanc-noir est la seule qui subsiste.

En dehors de ces formes de la cécité totale aux couleurs, on trouve celles de la cécité partielle, qui sont plus intéressantes encore pour l'analyse des sensations. Théoriquement, deux formes de cette cécité aux couleurs doivent pouvoir se rencontrer. Si c'est la substance rouge-vert qui fait défaut, dans la totalité des deux rétines, ou dans une seule, ou dans une partie d'une seule rétine, nous devons constater la suppression de la sensation de rouge, et, en même temps, celle de la sensation de vert. Si c'est la substance jaune-bleu qui fait défaut, nous devons constater la suppression de la sensation de jaune et celle de la sensation de bleu. En fait, de ces deux espèces possibles de cécité, la première est de beaucoup la plus fréquente, et elle a par suite fait l'objet de nombreuses observations et de nombreuses recherches et discussions.

La cécité au jaune-bleu est appelée aussi tritanopie et, plus anciennement, en conformité avec la théorie de Helmholtz (selon laquelle il y a trois couleurs simples, le rouge, le vert et le violet, et, par suite, trois formes de cécité), cécité au violet. L'opinion la plus répandue est qu'elle est toujours d'origine pathologique. Cependant on cite quelques cas dans lesquels elle serait congénitale.

Le premier de ces cas (1), observé par Florence Richardson, est celui d'un jeune homme de 24 ans, chez qui l'on remarqua d'abord de la difficulté à obtenir certaines images consécutives négatives colorées. Soumis à l'épreuve des laines de Holmgren, il identifia l'écheveau rouge d'une façon normale,

(1) An unusual Case of color-blindness, *Psy. Bull.* VIII, 55, 1911.

et de même il ne fit pas d'erreurs pour le vert. Mais pour le pourpre il choisit des roses et des rouges clairs, assurant que les écheveaux rouges et pourpres étaient de la même couleur, mais que le pourpre était un rouge clair (a thin red), tandis que l'autre était un bon rouge (a good red). Un écheveau dont la couleur était voisine du bleu fondamental fut assimilé par lui, après hésitation, avec des jaunes clairs, des verts clairs, des bruns très clairs, des gris clairs, et les autres bleus. Un écheveau jaune fut assimilé avec des verts, des bruns, des gris, des bleus et des jaunes. Il affirmait que les écheveaux bleus et jaunes étaient semblables, sauf quant au brillant, le bleu étant beaucoup plus brillant que l'autre ; les deux étaient vus comme également incolores. D'une façon plus générale, parmi les disques en papier coloré de Hering, les orangés, les jaunes, les bleus-verts, les verts-bleus et les bleus sont choisis comme incolores. L'examen spectroscopique confirme toutes ces indications : le sujet voit la partie rouge, puis il a une première zone neutre, qui se continue jusqu'au vert, puis il voit une bande étroite de vert, après laquelle commence une deuxième zone neutre, qui se prolonge jusque dans le violet, où il recommence à voir du rouge, ce qu'il appelle le rouge clair.

Le même volume du *Psychological Bulletin* (1) analyse un autre cas très semblable, observé par le professeur suédois Alrutz. Le sujet est un étudiant d'Upsal. Il a de la peine à reconnaître la croix jaune sur champ bleu dans le drapeau suédois. Dans les laines de Holmgren, il confond les écheveaux jaunes-verts, verts-bleus et bleus purs avec le gris. Dans le spectre de l'arc électrique, il a deux zones neutres correspondant au jaune et au vert.

Il existe peut-être d'autres cas analogues. Mais, en somme, la cécité au jaune-bleu apparaît jusqu'à présent comme très exceptionnelle. Il est possible, d'ailleurs, que bien des cas

(1) P. 214. Sidney Alrutz, Ein Fall von Gelbblau-Blindheit, *Atti del V Congresso internazionale di psicologia*, Roma, 1906, p. 217-218.

passent inaperçus, parce que cette anomalie ne semble entraîner aucune gêne : en particulier, l'acuité visuelle reste normale, au moins chez les deux sujets qui viennent d'être cités.

La cécité au rouge-vert est connue depuis longtemps sous le nom de daltonisme. Elle est fréquente, puisque, d'après Holmgren, la proportion varierait entre 4 % (pour les hommes) et 0,5 % (pour les femmes) (1).

Parmi les méthodes dont on se sert pour découvrir cette forme de cécité aux couleurs, la plus usitée est celle de Holmgren, mais peut-être la meilleure est celle de W. Nagel (2). La méthode de Holmgren consiste à faire assortir des laines avec une couleur vert pâle, puis avec une couleur rose, puis avec le rouge : le normal ne fait pas de confusions, le daltoniste ne manque jamais d'en faire quelques-unes. La méthode de Nagel consiste à employer des cartes sur lesquelles sont des couleurs rouges, vertes, grises, de nuances différentes. On demande au sujet : 1^o de montrer des cartes portant des cercles rouges ou rougeâtres ;

2^o des cartes qui ne portent que des cercles rouges ;

3^o des cartes qui ne portent que des cercles verts ;

4^o d'autres qui ne portent que des cercles gris.

Maintenant, supposons que l'on a établi qu'un sujet est affecté d'une cécité de ce genre : si on le place devant le spectre solaire, il va le percevoir d'une façon toute différente de l'homme normal. A l'extrémité rouge, le rouge disparaît, puis l'orangé est perçu comme jaune, d'abord peu saturé, puis de saturation croissante jusqu'à ce qu'on arrive au centre du jaune. Le vert, n'existant pas pour le daltoniste, va être remplacé par du gris, jusqu'à ce que le bleu apparaisse. Enfin la région violette du spectre va devenir d'un bleu peu saturé, gris, parce que le rouge n'impressionne pas la rétine. Le spectre solaire est donc divisé,

(1) Voir DALTON, *Extraordinary facts relating to the vision of Colors*, *Trans. of the Lit. and Philos. soc. of Manchester*, 1794. HOLMGREN, *Die Farbenblindheit in ihrer Beziehung zum Eisenbahn und Marine Dienst*. Leipzig, 1878.

(2) *Z. f. Physiol. d. Sinnesorgane*. t. 41 et suiv.

pour l'aveugle au rouge vert, en deux parties, l'une jaune, l'autre bleue, séparées par une zone grise. De plus, il est raccourci par la suppression du rouge.

Maintenant, dans l'observation des aveugles au rouge-vert, il se présente des complications. En général, on les reconnaît à ce qu'ils confondent le rouge avec le vert : par exemple, ils perçoivent la couleur des fraises mûres comme étant la même que celle des feuilles. Mais ils ne confondent ordinairement pas un rouge quelconque avec un vert quelconque : ils les distinguent par leurs valeurs lumineuses, comme étant des degrés différents du gris ; ou bien ils les distinguent comme ayant une teinte jaunâtre ou bleuâtre. Cela se comprend aisément et est conforme à l'hypothèse de Hering, mais cela aussi entraîne des complications et même de véritables malentendus entre les aveugles aux couleurs et les voyants. Puisque l'aveugle aux couleurs perçoit l'orangé comme un jaune gris, et le rouge orangé comme un gris légèrement teinté de jaune, il peut distinguer ces couleurs du jaune spectral, et appliquer correctement les noms de rouge, d'orangé, et de même ceux de vert et de violet. Il ne pourra faire lui-même la distinction des nuances, et reconnaître l'anomalie de sa vision, que s'il observe avec soin les couleurs et s'il arrive à reconnaître qu'il n'existe pour lui que deux nuances fondamentales : on peut être aveugle au rouge-vert sans le savoir. Ou bien l'anomalie se révélera objectivement s'il fait des confusions de nuances qui sont trop peu saturées pour qu'il puisse les distinguer. C'est pourquoi Holmgren et Nagel découvrent les daltonistes en leur proposant de distinguer des couleurs peu saturées (1).

Peut-être est-ce à ces causes qu'il faut attribuer les divergences d'opinion qui subsistent parmi les ophtalmologistes.

(1) J'ai vu aussi des cas de daltonisme se révéler par la lenteur extrême avec laquelle, dès le début d'une expérience, certains sujets distinguaient des olives de bois dont les unes étaient rouges et les autres vertes, avec une bonne saturation : bientôt après, les confusions apparaissaient, nombreuses.

Certains d'entre eux continuent à distinguer la cécité au vert et la cécité au rouge comme deux espèces différentes, et même la cécité au rouge-vert comme une troisième espèce. Et aussi ils prétendent trouver des différences individuelles, au sujet desquelles il est bien difficile de dire si elles sont réelles ou simplement apparentes et dûes à des différences de langage et de perception, quoique il n'existe pas de différences de sensation.

§ 5. LE MÉLANGE DES COULEURS

On sait que, si un point lumineux est mis en mouvement d'une façon rapide, nous percevons une ligne lumineuse : ce qui prouve que l'impression rétinienne persiste après que l'excitation a cessé. Sur ce fait est fondée une importante méthode d'expérimentation psychophysique : c'est la méthode qui consiste à produire des couleurs par le moyen du mélange, ou la méthode des disques.

Cette méthode date de loin, et il semble que Newton l'a employée pour recomposer la lumière blanche après l'avoir décomposée au moyen du prisme (1). En tout cas, on appelle disque de Newton le disque dont on se sert pour produire cette recombinaison de la lumière. C'est un

(1) Voir Newton, *Optics*, Book I, part II, prop. IV-VI. « On peut, dit-il (prop. IV), par voie de composition, faire des couleurs qui à l'œil seront semblables aux couleurs de lumière homogène (c'est-à-dire aux couleurs du spectre isolées par le prisme), mais non pas par rapport à l'immutabilité de la couleur et à la constitution réelle de la lumière..... Car un mélange de Rouge et de Jaune homogènes compose un jaune orangé, lequel à l'œil ressemble à l'Orangé qui, dans la suite des couleurs simples représentées par le moyen du Prisme, se trouve entre le Rouge et le Jaune ; mais, par rapport à la réfrangibilité, la lumière de ce dernier Orangé est homogène, et celle de l'autre est hétérogène : la couleur de l'une, regardée au travers d'un prisme, reste immuable ; et celle de l'autre change, et se résout en ses couleurs composantes, le Rouge et le Jaune..... On peut avec des couleurs composer le Blanc et toutes les couleurs grises, entre le Blanc et le Noir..... La preuve est fondée sur des expériences ». (p. 149, 151, traduction Coste sur la 2^e édition anglaise (1722)).

disque sur lequel on fixe, ou on peint, des secteurs qui portent, autant que possible, les couleurs du spectre : on le fait tourner au moyen d'un mécanisme quelconque, et l'on constate que le disque paraît blanc, ou plutôt blanchâtre ou gris.

Mais tout n'est pas là. Le mélange des couleurs peut se faire de toutes les façons, et il obéit à des lois dont les deux plus importantes ont été formulées par Newton.

1^o *Loi des couleurs intermédiaires.* — Si l'on mélange deux couleurs quelconques, on obtient en général une couleur intermédiaire (exception faite pour le cas de l'autre loi, qui est un cas extrême), dont la nuance varie avec les proportions des deux couleurs mélangées, et dont la saturation varie suivant que les deux couleurs sont plus ou moins éloignées l'une de l'autre dans la série des couleurs.

2^o *Loi des couleurs antagonistes.* — Si les deux couleurs sont aussi éloignées que possible l'une de l'autre, on dit qu'elles sont antagonistes ou complémentaires : si on les mélange dans une proportion convenable, on obtient une nuance blanche ou grise ; si on les mélange dans une proportion différente, la couleur résultante a la nuance de la composante qui prédomine et, au point de vue de la saturation, elle est d'autant plus voisine du gris que les quantités des couleurs mélangées sont plus voisines de l'égalité.

Pour expliquer ces lois par des exemples concrets, j'emprunte à Titchener (1) quelques exemples qui s'appliquent à des expériences faites avec les papiers de Wundt, fournis par Zimmermann.

Loi des couleurs intermédiaires :

235° vert + 15° jaune + 110° blanc = 360° jaune-vert
 75° jaune + 285° rouge = 297° orangé sombre + 21° blanc +
 42° noir.

(1) *Experimental Psychology, Qualitative, Instructor's Manual*, p. 10-11.

Loi des couleurs antagonistes :

Vert et pourpre

234° pourpre + 42° bleu sombre + 84° vert = 33° blanc + 327° noir.

Jaune et bleu

162° jaune + 198° bleu sombre = 180° blanc + 180° noir.

Le fait le plus important qui se dégage pour nous de ces deux lois, et surtout de la loi des couleurs antagonistes, c'est qu'il existe pour toute impression produisant une sensation de couleur une impression antagoniste capable d'annuler la première et d'être annulée par elle, de telle façon que la combinaison des deux couleurs donne une sensation de gris plus ou moins clair. Et il est important aussi que les couleurs complémentaires, qui réalisent cette annulation réciproque des nuances, soient les couleurs les plus éloignées l'une de l'autre, de sorte que les quatre couleurs fondamentales de Hering forment deux couples de couleurs complémentaires (rouge-vert et jaune-bleu). Il faut ajouter que la loi des couleurs intermédiaires nous présente le cas le plus général de cette annulation réciproque des impressions antagonistes : les deux couleurs qui sont prises au hasard et ne sont pas par suite, en général, complémentaires, provoquent des impressions qui s'annulent partiellement, et qui s'annulent dans une proportion d'autant plus forte qu'elles sont plus près d'être antagonistes, dans une proportion d'autant plus faible qu'elles sont plus voisines l'une de l'autre dans la gamme des couleurs.

§ 6. L'ADAPTATION LUMINEUSE ET LES IMAGES CONSÉCUTIVES NÉGATIVES

Nous arrivons maintenant à un fait qui est peut-être plus important que tous ceux que nous avons étudiés jusqu'à présent : il s'agit de ce qu'on appelle ordinairement

les images *consécutives négatives*, qu'il vaudrait mieux appeler les *sensations consécutives négatives*, car ce sont des représentations qui résultent, comme les sensations directement provoquées, de phénomènes physiologiques ayant leur siège dans les organes nerveux de la vision. Mais le phénomène nerveux qui provoque ainsi la sensation consécutive négative dépend de celui qui provoque directement la sensation proprement dite, de sorte qu'il constitue un moment de l'évolution de l'impression lumineuse. Nous sommes ainsi amenés à envisager cette impression dans son origine et à la suivre dans son développement.

D'abord une excitation lumineuse, même forte, ne donne pas naissance d'une manière instantanée à une impression rétinienne assez forte pour qu'il en résulte la sensation que cette excitation est capable de produire. Il faut que l'excitation agisse pendant un certain temps, et pendant ce temps l'impression croît et finit par atteindre un maximum. Du moins, c'est ainsi que l'on peut interpréter les faits expérimentaux qui suivent.

1^o Si l'on fixe un tachistoscope, par exemple un obturateur photographique dont la durée d'ouverture soit inférieure à un deux centième de seconde, derrière lequel se trouve une feuille de papier blanc éclairée par une bonne lumière, on ne voit absolument rien.

2^o Si le temps de visibilité est un peu plus long, on peut voir l'objet, mais l'impression est faible, et l'on a la sensation d'une lumière beaucoup plus faible que n'est la lumière réelle. Par exemple, si l'on regarde dans ces conditions une feuille de papier blanc, on commence par voir le blanc comme gris, ou comme couvert d'un voile grisâtre. Si l'on regarde pendant le même temps, ou même pendant un temps sensiblement plus long, un papier coloré, on voit la couleur comme faiblement saturée, comme plus sombre que si la durée de la vision n'est pas limitée.

Ces faits se comprennent très bien au point de vue de la théorie de Hering. L'opération physiologique, le proces-

sus de dissimilation ou d'assimilation, qui sert de base à la sensation, a besoin d'un certain temps pour atteindre une énergie suffisante : la loi du seuil s'applique aux sensations lumineuses comme aux sensations tactiles, la sensation ne se produit pas pour une impression infinitésimale. Si donc la durée de l'excitation est inférieure au minimum nécessaire, la sensation ne se produit pas du tout. Mais il peut se faire aussi que l'impression, tout en atteignant une énergie suffisante pour produire une sensation, demeure inférieure à ce qu'elle serait si l'excitation agissait plus longtemps. Alors l'impression provenant d'une lumière forte, mais très rapide, est analogue à celle qui provient d'une lumière faible, mais agissant plus longtemps. Il en résulte que le blanc, ou le gris clair, agissant pendant une faible durée, produit la même impression, et par suite la même sensation, qu'un gris plus sombre exerçant son action sans limite de temps. Et semblablement la couleur rouge, verte ou bleue, si elle agit pendant un temps insuffisant, produit la même action physiologique qu'une couleur de même nuance qui contiendrait moins de rayons colorés, c'est-à-dire qui serait moins saturée.

Naturellement, la durée nécessaire pour que l'impression cesse de croître, c'est-à-dire atteigne le maximum d'énergie que l'excitation est susceptible de provoquer, cette durée varie avec la force des excitations. Pour les excitations d'intensité moyenne, elle est de $1/10$ à $1/6$ de seconde. Elle est plus grande pour les excitations faibles, elle est moindre pour les excitations fortes. Mais en tous cas, si l'excitation continue d'agir après que ce maximum a été atteint, et si elle agit sur la même partie de la rétine, c'est-à-dire si l'on fixe un point marqué sur l'objet lumineux ou en dehors de cet objet, en maintenant l'œil bien immobile, l'impression va bientôt décroître, et la sensation va repasser par les mêmes phases que pendant la croissance de l'impression, mais en sens inverse, et d'ailleurs plus lentement. Fixez ainsi une surface blanche, par exemple une feuille

de papier bien éclairée : vous la verrez se couvrir d'un voile grisâtre. Fixez une surface noire : vous la verrez aussi se couvrir d'un nuage grisâtre. Fixez une surface colorée : elle perdra de sa saturation, et par exemple une surface rouge prendra bientôt la nuance de la rouille. D'une manière générale, quand l'action de l'excitation sur une même région de la rétine se prolonge suffisamment, les nuances extrêmes de la lumière, le blanc et le noir, se rapprochent du gris moyen, et les couleurs se rapprochent des couleurs neutres et du même gris moyen.

Ce phénomène est ce qu'on appelle l'adaptation locale. Dans la vie ordinaire, on n'a pas coutume de s'en apercevoir, parce qu'on n'a pas coutume de fixer longtemps un même point. Au contraire, d'une manière instinctive, et pour éviter cet affaiblissement de la vision qui résulte de l'adaptation locale, on parcourt du regard les différentes parties des objets, et l'on présente ainsi à la lumière des régions de la rétine qui ne sont pas adaptées. L'adaptation locale est d'ailleurs un phénomène lent, qui ne se fait guère sentir avant une dizaine de secondes, et qui demande en général, pour être aisément observable, un temps plus long, de 15 à 60 secondes. Il continue d'ailleurs à se développer bien au-delà de ce temps. La théorie de Hering permet très aisément de le comprendre. La substance sensible décomposée dans une région de la rétine, par la lumière blanche, par exemple, y devient plus rare en raison de cette décomposition ; en même temps, le processus physiologique antagoniste tend à se produire avec d'autant plus d'activité dans cette même région, de sorte que les deux processus opposés, par le fait que l'excitation se prolonge, se neutralisent réciproquement dans une proportion croissante, et par suite la sensation se rapproche du gris moyen. De même, si l'on regarde une surface rouge, la décomposition de la substance rouge-vert devient de moins en moins active à mesure que la fixation se prolonge, et le processus antagoniste tend à se produire avec une activité croissante : d'où encore une neu-

tralisation réciproque des deux processus, et par suite une modification de la sensation dans le sens du gris.

L'adaptation rétinienne, au lieu d'être simplement locale, peut se produire pour la rétine tout entière et pour les deux yeux à la fois. C'est ce qui arrive quand nous avons les yeux ouverts pendant un certain temps à la lumière du jour. Cette adaptation à la lumière peut être très forte si nous regardons une lumière vive, comme celle d'une lampe, ou bien encore si nous tournons les yeux vers le soleil. Alors nous sommes, comme on dit, aveuglés, c'est-à-dire que nous ne distinguons plus les objets ; et surtout si, après avoir eu les yeux exposés à une lumière vive, nous entrons dans une chambre peu éclairée, nous ne distinguons plus rien, nous ne voyons que du noir ou du gris sombre. C'est exactement le même fait que nous constatons tout à l'heure pour une portion de la rétine, qui se produit maintenant pour la rétine tout entière. Le processus physiologique qui correspond à la sensation de blanc, la dissimilation de la substance blanc-noir, a eu lieu d'une façon très active, la substance blanc-noir a été relativement épuisée, le processus antagoniste se produit par conséquent avec une activité croissante : d'où la sensation de gris, et même, quand nous entrons dans une chambre éclairée, nous avons d'abord une sensation de noir, parce que le processus d'assimilation de la substance blanc-noir est alors très actif.

Il existe des faits tout à fait analogues, mais inverses, dans l'adaptation à l'obscurité. Si nous restons un certain temps dans une chambre obscure, le processus d'assimilation de la substance blanc-noir, très actif au début, va en se ralentissant, la substance décomposable s'accumule dans la rétine, et, par suite, peut se décomposer sous l'influence d'une lumière extérieure très faible. Elle se décompose même spontanément, et avec d'autant plus d'activité que le séjour dans l'obscurité est plus prolongé : c'est pourquoi la lumière propre de l'œil grandit dans l'obscurité. En tout cas, de l'accumulation de substance sensible dans

la rétine, il résulte que nous en venons à distinguer des objets que nous ne distinguons pas d'abord : des lumières très faibles suffisent alors pour produire des sensations, c'est-à-dire que le seuil d'excitation s'abaisse. Mais si nous passons brusquement dans une chambre très éclairée, ou même simplement éclairée d'une façon ordinaire, nous avons la même impression d'éblouissement que si nous regardons le soleil en sortant d'un éclaircissement moyen. La raison en est sans doute, dans les deux cas, que la décomposition de la substance sensible se produit avec une activité excessive.

L'abaissement du seuil d'excitation dans l'obscurité peut être tout à fait considérable. D'après les dernières mesures, faites par Piper à Berlin, en 1902 (1), le seuil d'excitation, pour des yeux adaptés à l'obscurité pendant une heure, devient plusieurs mille fois plus faible que pour les mêmes yeux adaptés à la lumière. En général cependant, au bout d'une heure de séjour dans la chambre noire, la diminution du seuil devient extrêmement lente, quoique pourtant on ne puisse pas dire qu'elle cesse d'une façon complète.

On peut aussi réaliser une adaptation totale à une lumière colorée, en enfermant complètement les yeux derrière des verres de couleur. Il se produit alors des phénomènes qui correspondent à ceux qui viennent d'être décrits. En particulier, l'œil adapté à la lumière jaune devient très sensible au bleu et réciproquement, et l'œil adapté à la lumière rouge devient très sensible au vert.

Mais ces conséquences lointaines de l'adaptation sont beaucoup plus frappantes, et beaucoup plus faciles à observer, quand on envisage l'adaptation locale : alors on constate que la conséquence lointaine d'une adaptation locale convenablement prolongée, ce n'est pas seulement un abaissement du seuil de la lumière blanche pour un œil adapté à l'obscurité, ou de la lumière verte pour un œil adapté au rouge, ou de la lumière bleue pour un œil adapté au jaune, c'est

(1) Ueber Dunkeladaptation, *Zeitschrift für Psychologie*, XXXI, p. 178 et suiv.

la production spontanée d'une sensation de blanc pour une portion de rétine adaptée au noir, ou d'une sensation de noir pour une rétine adaptée à la lumière blanche, ou enfin, pour une portion de rétine adaptée à une lumière colorée quelconque, c'est la production spontanée d'une sensation de la couleur complémentaire. Cette sensation spontanée, cette sensation qui apparaît sans excitation adéquate, et que, pour cette raison, on appelle si souvent une image, c'est la sensation ou image consécutive négative.

Si l'on regarde fixement, pendant 15 à 30 secondes au moins, une surface blanche sur fond noir ou gris, en fixant un point, par exemple une petite marque à l'encre sur la surface blanche ou sur l'un de ses bords, quand on ferme ensuite les yeux et qu'on regarde dans le champ visuel sombre, on distingue très nettement une surface noire sur fond blanc ou gris. On obtient le même résultat sans fermer les yeux si l'on regarde un mur blanc, ou le plafond, ou une feuille de papier blanc ou gris. Si l'on regarde fixement une surface noire pendant le même temps, on a une sensation consécutive blanche. Si l'on regarde une surface colorée, la sensation consécutive est toujours de la couleur complémentaire : elle est verte si l'on a regardé une surface rouge, elle est bleue si l'on a regardé une surface jaune, etc. L'observation est plus convaincante, et elle est aussi plus facile à faire, si la surface de fixation est de forme définie et de petites dimensions, si l'on découpe, par exemple, et si l'on colle sur un fond ayant une certaine couleur, un cercle, un carré, une croix, une étoile, de couleur complémentaire : dans la sensation consécutive, la figure et le fond ont échangé leurs couleurs.

Si le fond sur lequel on regarde la couleur consécutive est coloré, la couleur de ce fond et celle de la figure consécutive se mêlent suivant les lois du mélange des couleurs.

Les images consécutives peuvent durer très longtemps, et elles sont très faciles à voir. Elles ont une évolution pé-

riodique, qui a été décrite par Hering et que l'on peut aisément reconnaître.

Elles constituent la plus belle preuve en faveur de la théorie des processus antagonistes : une région de la rétine a été fatiguée par une excitation d'une certaine couleur ; l'excitation venant à cesser, le processus antagoniste se manifeste avec autant de netteté que si on le produisait directement.

§ 7. LE CONTRASTE SIMULTANÉ

En étudiant les images consécutives négatives, nous avons vu que l'impression qui provient d'une excitation lumineuse, dont la durée a été suffisante, non seulement persiste pendant un certain temps, mais détermine la production d'une impression antagoniste assez forte pour qu'il en résulte une sensation qui est, elle aussi, antagoniste de la sensation primitive : c'est cette sensation antagoniste que l'on appelle la sensation ou l'image consécutive négative. On l'observe avec une facilité particulière si, après que l'excitation primaire a cessé d'agir, on regarde une surface grise : c'est que, en occupant le champ visuel par ce fond gris on donne à l'impression antagoniste l'occasion la plus favorable pour produire une sensation aisément observable, parce que le fond gris ne provoque ni impression de blanc, ni impression de noir, ni impression de l'une quelconque des couleurs fondamentales, de sorte que l'impression antagoniste se développe alors sans subir de modification d'aucune impression concurrente. — Mais si la surface que l'on regarde après avoir mis fin à la fixation primaire est capable de provoquer une impression lumineuse quelconque, c'est-à-dire une des six impressions fondamentales, l'impression antagoniste et la nouvelle impression s'unissent, soit pour

se renforcer si elles sont de même nature, soit pour se neutraliser si elles sont antagonistes, soit pour se mélanger suivant les lois du mélange des couleurs dans tous les autres cas. Nous pouvons énoncer maintenant tous ces faits dans une formule générale, en disant que toute impression lumineuse actuelle dépend, non pas seulement de l'excitation actuelle, mais aussi de l'excitation antérieure et de l'impression produite par cette excitation. C'est cette dépendance que l'on appelle le contraste successif. Or il existe aussi une dépendance de l'impression qui a son siège dans une partie de la rétine à l'égard de l'impression qui a son siège dans les autres parties de la rétine, surtout dans les parties les plus voisines : on lui donne le nom de contraste simultané.

Si l'on coupe une feuille de papier gris en petits morceaux ou en petites bandes, et qu'on place ces petites bandes grises sur des objets de différentes couleurs, on est frappé de voir combien elles prennent des apparences différentes selon la couleur du fond sur lequel elles sont vues.

Plaçons d'abord une bande grise sur une feuille de papier blanc et une autre sur une feuille de papier noir, ou mieux plaçons l'une à côté de l'autre une feuille blanche et une feuille noire, et posons en travers une bande de papier gris, nous allons voir apparaître d'une façon très nette l'effet du contraste simultané : la partie du papier gris qui est placée sur le blanc va paraître plus sombre que la partie placée sur le noir, la première va être vue comme relativement noire, ou noirâtre, l'autre comme relativement blanche ou blanchâtre (1).

Si, au lieu d'employer un fond blanc et un fond noir, nous employons des fonds colorés, si par exemple nous choisissons un fond rouge et un fond vert, le gris placé sur fond rouge va prendre une teinte légèrement verdâtre, le gris placé sur fond vert va prendre une teinte légèrement rougeâtre. Si enfin nous employons un fond bleu et un

(1) EBBINGHAUS, *Grundzüge*, I, 217.

fond jaune, le gris placé sur fond bleu va prendre une teinte jaunâtre, le gris placé sur fond jaune va prendre une teinte bleuâtre.

Tous ces faits peuvent se résumer ainsi : la couleur du fond modifie la couleur grise dans le sens de la couleur qui lui est le plus radicalement opposée, c'est-à-dire dans le sens de la couleur qui lui est complémentaire.

Si maintenant, au lieu de placer sur ces fonds différents un papier de couleur grise, on place un papier qui ait une couleur propre, le phénomène est plus compliqué : car la coloration déterminée par le contraste se mêle à la coloration du papier suivant les lois ordinaires du mélange des couleurs. Par exemple, un papier orangé, placé sur fond rouge, reçoit du fond rouge comme une addition de vert et paraît plus jaune ; si on le place sur fond jaune, il reçoit comme une addition de bleu et il paraît plus rouge. Par conséquent, si l'on place l'une sur l'autre deux couleurs complémentaires, il ne se produit pas de changement de nuance, mais chaque couleur fait paraître l'autre plus saturée. Si au contraire elles sont de la même nuance, mais si elles n'ont pas la même saturation, elles diminuent réciproquement leur saturation apparente, et il peut même arriver que l'une des deux soit complètement neutralisée par l'autre, c'est-à-dire que, par l'effet du contraste, elle paraisse blanche (si elle est de teinte claire), ou noire ou grise foncée (si elle est de teinte sombre).

Il faut remarquer maintenant que, des deux couleurs dont l'une sert de fond à l'autre, chacune exerce en réalité une influence de contraste sur l'autre. Mais le contraste est plus visible et plus frappant si l'on donne une faible étendue à l'une des deux surfaces, pour plusieurs raisons peut-être, mais sûrement pour cette raison, que le contraste s'exerce de la manière la plus forte dans le voisinage des surfaces. Collez, ou simplement placez une surface blanche ou grise sur fond noir, et vous pouvez remarquer que les parties de la surface blanche ou grise qui sont, voisines du

fond noir paraissent plus blanches que le reste : elles forment comme une petite bordure claire qui va en se dégradant à mesure que l'on s'éloigne du fond noir. C'est ce que l'on appelle le contraste marginal. Il en résulte que, si l'on colle sur le fond noir une bande blanche ou grise étroite, de 2 mm. de largeur par exemple, elle se trouve tout entière comprise dans cette marge qui subit plus fortement l'influence du fond, et elle paraît très notablement plus blanche qu'elle n'est en réalité. Mais il y a peut-être autre chose. L'influence de contraste exercée par une surface étendue, quoique elle agisse surtout sur les bords, se répartit sur toute la surface qui la subit. Il est donc possible que l'influence du contraste soit d'autant plus grande que la surface contrastante est plus grande et que la surface qui la subit est plus petite. Toutefois cela ne paraît pas parfaitement certain, car on n'a pas séparé l'influence qui tient à la position marginale et celle qui pourrait tenir au rapport de grandeur de la surface qui exerce le contraste et de celle qui le subit.

Pour percevoir facilement les effets de contraste, il est bon de prendre certaines précautions. D'abord, il est bon que les feuilles de papier sur lesquelles on fait les observations soient très unies, qu'elles aient une texture uniforme : autrement, il en résulte des ombres, des irrégularités de nuances, et cela peut suffire pour que l'effet de contraste cesse d'être perceptible. C'est pourquoi les disques rotatifs, qui assurent des teintes parfaitement uniformes, sont très commodes pour observer les actions de contraste.

En second lieu, le contraste est plus net si les surfaces contrastantes se touchent d'une manière immédiate, sans être séparées par un trait formant le contour de la partie où a lieu le contact. Il faut donc que les deux surfaces soient, autant que possible, dans le même plan. Si l'on se borne à placer une feuille de papier sur l'autre, le contraste peut manquer de netteté, ou même n'être pas visible du tout. C'est pourquoi on a souvent employé, pour étudier le con-

traste, un procédé qui consiste à placer sur les deux feuilles une feuille de papier de soie ou de tout autre papier transparent. L'effet de ce procédé est de supprimer le contour des surfaces colorées et de les mettre presque dans le même plan. Mais il a l'inconvénient de diminuer la saturation des couleurs, et, par suite, de diminuer l'influence du contraste. Il est préférable de coller un des papiers sur l'autre, en ayant soin qu'il ne se produise pas de bavures de colle. Et il est encore préférable de se servir de disques rotatifs.

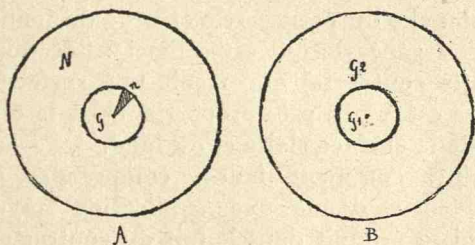


FIG. 20. Mesure du contraste simultané.

On peut mesurer le contraste de la façon la plus simple, au moyen de deux disques rotatifs (fig. 20). Le disque A porte un petit cercle gris G, qui est placé sur un cercle noir N beaucoup plus grand : le petit cercle G paraît, en raison du contraste produit par le grand cercle N, plus blanc qu'il ne serait sur un fond dépourvu d'influence de contraste. Pour se convaincre qu'il y a bien là une influence de contraste, on place sur le disque B un petit cercle G_1 de la même nuance que le premier, c'est-à-dire qu'on le coupe dans le même papier, et on lui donne pour fond un grand cercle G_2 qui est encore du même gris. Le petit cercle G paraît plus blanc que le petit cercle G_1 . Pour mesurer la différence, on enlève G, et on le remplace par un autre petit cercle de la même nuance sur lequel on a collé un secteur noir n . En faisant varier par tâtonnement la grandeur de n , on arrivera à faire que le petit cercle G, malgré le contraste qu'il subit

de la part du fond N, c'est-à-dire malgré le surcroît de blancheur qu'il en reçoit, acquière exactement la même nuance que G_r . La quantité de lumière enlevée au cercle G par la présence du secteur noir sera alors égale à celle qui lui est ajoutée par le fond N. Si l'on prend pour unité la quantité de lumière réfléchie par un degré du cercle gris, et si l'on appelle n l'angle du secteur noir, la force du contraste sera égale à n unités.

En faisant des mesures de ce genre pour diverses nuances de gris permettant d'obtenir des différences variables entre la valeur blanche du petit cercle et celle du fond noir, on a établi une loi générale qui est celle-ci : l'accroissement de blancheur (le contraste) que reçoit une surface claire sur fond sombre est à peu près proportionnel à la différence de blancheur de la surface claire et du fond.

Maintenant, comment faut-il comprendre ces faits ? Helmholtz en a donné une explication psychologique. L'erreur qui se produit dans le fait du contraste simultané serait une erreur de jugement, déterminée par plusieurs influences, dont voici la plus importante. Quand nous voyons un homme de taille moyenne à côté d'un homme de petite taille, il nous paraît grand ; si nous le voyons à côté d'un homme de grande taille, il nous paraît petit. Donc, nous avons une tendance à juger les différences comme plus grandes qu'elles ne sont en réalité. C'est cette tendance qui se manifesterait aussi dans le contraste simultané des couleurs. Les deux surfaces voisines seraient jugées comme plus différentes l'une de l'autre qu'elles ne sont en réalité : la blanche serait jugée plus blanche, la noire serait jugée plus noire.

Hering a vivement critiqué cette explication et montré qu'il y a là un fait physiologique, c'est-à-dire que l'erreur provient d'un fait qui a son siège dans la rétine. Son explication consiste à dire que les rayons lumineux qui viennent du dehors n'affectent pas seulement les parties de la rétine qu'ils frappent, mais exercent aussi une action indirecte sur la rétine tout entière, et particulièrement sur les parties voisines de

celle qui est impressionnée directement. Et voici comment il prouve la réalité de cette action indirecte. Un cercle blanc est collé sur un fond noir. On le regarde pendant une demi-minute environ (15 à 60 secondes), avec les deux yeux, en fixant un point quelconque, que l'on a marqué pour aider à la fixation. Puis on ferme les yeux, et l'on met les mains devant. On voit alors un cercle noir entouré d'une couronne grise, presque blanche, et passablement étendue. Le cercle noir est une image consécutive négative : ne nous en occupons pas pour le moment. La couronne lumineuse est le seul fait qui soit intéressant pour la théorie du contraste simultané. Elle prouve que, dans la fixation du cercle blanc sur fond noir, une action physiologique a été exercée sur la partie de la rétine qui avoisine celle qui a été frappée par la lumière. De plus, cette action est antagoniste de celle qui s'est exercée sur la place qui correspond au fond blanc. C'est ce qu'il fallait prouver. Nous pouvons conclure que le contraste simultané consiste en ce que la lumière qui agit sur une région de la rétine y produit directement une action physiologique, et produit indirectement, sur les régions voisines, une action physiologique antagoniste.

§ 8. LES IMAGES CONSÉCUTIVES POSITIVES

L'image consécutive négative n'est observable que si l'excitation primitive dont elle est la conséquence lointaine a agi sur la rétine pendant un temps relativement long, une dizaine de secondes au moins avec des excitations d'intensité moyenne. Il est vrai que ce temps peut être abrégé si l'excitation est très forte, si par exemple on fixe le soleil quand il n'est pas couvert de nuages. Mais supposons maintenant que l'excitation agisse pendant un temps

très court, qu'elle soit presque instantanée, et que d'autre part elle soit forte, qu'elle soit, par exemple, constituée par la lumière d'une lampe regardée à faible distance ; il va se produire un autre fait, qui est l'image consécutive positive, c'est-à-dire qui consiste en une réapparition de la perception lumineuse après que l'excitation a disparu.

Précisons les conditions de l'image consécutive positive. D'abord il s'agit bien d'une représentation autre que la sensation, et même d'une représentation autre que celle qui est due à la persistance de l'impression rétinienne. Cette persistance de l'impression rétinienne, sur laquelle se fonde l'emploi des disques rotatifs, est un prolongement de l'impression primaire, c'est-à-dire de l'impression provoquée directement par l'excitation : elle est la simple continuation de l'existence de cette impression, elle n'en est pas séparée par un intervalle vide, dans lequel il n'existerait plus d'impression ni de sensation. On peut apprécier la durée pendant laquelle l'impression rétinienne continue ainsi d'exister après que l'excitation a cessé d'agir. Si l'on fait tourner un disque qui porte un secteur noir sur fond blanc, ou un secteur blanc sur fond noir, il faut un minimum de vitesse pour que la fusion soit parfaite. Quand la vitesse de rotation est insuffisante, il y a papillotement, c'est-à-dire fusion imparfaite. Et la fusion est alors imparfaite parce que l'impression produite par le passage du secteur blanc devant la rétine s'est affaiblie avant d'être renouvelée par le passage suivant du même secteur blanc. Donc, en déterminant la vitesse minima pour laquelle a lieu la fusion parfaite, on a le moyen de calculer la durée pendant laquelle l'impression rétinienne persiste sans s'affaiblir. Cette durée varie avec la force des excitations, et elle est d'autant plus courte que la lumière est plus forte. Par exemple, dans le jour, avec un bon éclairement, il faut environ 50 tours à la seconde pour obtenir la fusion parfaite : on l'obtiendra avec 20 tours à la seconde si le disque est éclairé, dans la chambre noire, par une bougie placée à quelque distance (Ebbinghaus).

On peut donc admettre que la durée pendant laquelle l'impression persiste sans s'affaiblir est environ de $1/50$ de seconde si les excitations sont fortes, de $1/20$ si elles sont faibles, et que, au-delà et en deçà des excitations qui viennent d'être indiquées, la durée de la persistance peut encore varier.

Revenons à l'image positive. On l'observe à la suite d'une excitation forte et rapide, et voici quel est l'ordre des faits : l'impression qui résulte directement de cette excitation s'affaiblit environ $1/50$ de seconde après que l'excitation a cessé ; la sensation visuelle disparaît alors d'une façon complète ; puis, après une interruption qui est d'environ $1/3$ de seconde, elle reparaît : elle est alors l'image consécutive positive. Elle peut durer assez longtemps, plusieurs secondes, et même, dans des conditions bien favorables, jusqu'à une minute et même davantage. Parmi ces conditions favorables, il faut signaler l'absence aussi complète que possible de toute autre lumière : c'est pourquoi c'est dans la chambre noire que l'on peut le plus commodément observer les images consécutives positives.

Cependant on peut arriver à les observer aussi dans les conditions ordinaires de la vie quotidienne. Par exemple, le soir, dans une chambre dont la porte et les volets sont fermés de façon à ce qu'il ne vienne pas de lumière du dehors, on regarde la flamme d'une lampe ou d'une bougie, puis on l'éteint immédiatement après l'avoir regardée : alors, après un intervalle de temps très court, mais encore nettement perceptible, on voit reparaître la flamme que l'on percevait un moment auparavant. Seulement la flamme est alors plus pâle, et, pour la percevoir, il faut que les yeux restent bien immobiles. C'est l'image consécutive positive. On la perçoit plus distinctement si l'on regarde un court moment une lampe électrique et ensuite un fond noir. Helmholtz a indiqué un procédé d'observation assez commode. Le soir, sur une table éclairée par une lampe, on regarde rapidement un objet placé sous la lampe et par suite bien éclairé, puis,

en conservant au regard la même direction, on couvre les yeux avec les deux mains assez longtemps pour que toutes les images consécutives qui viennent des impressions précédentes aient le temps de s'évanouir. Ensuite, en gardant toujours les yeux immobiles, on écarte les mains un instant et on les replace devant les yeux : on est alors surpris de voir, comme à travers les mains, l'objet que l'on a placé sous la lampe, et la lampe qui l'éclaire, et même de remarquer des détails que l'on n'avait pas aperçus d'abord. — En somme, on peut observer les images positives si l'on réalise partiellement les conditions de la chambre noire, ou des conditions analogues.

Et maintenant, si la durée de l'excitation n'est pas trop faible, et si son intensité est assez forte, il peut se faire que l'on obtienne une image positive et une image négative. Naturellement, c'est l'image positive qui apparaît la première ; puis elle disparaît pour faire place à l'image négative ; et il peut se faire que l'image positive reparaisse, et qu'elles alternent l'une par rapport à l'autre pendant un certain temps, si l'on fait varier les conditions de la lumière extérieure. Par exemple, si l'on regarde rapidement le soleil quand il se rapproche de l'horizon, on obtient une impression lumineuse très forte. Si l'on ferme les yeux, on le voit clair sur fond sombre, c'est-à-dire que l'on a une image positive ; si l'on ouvre les yeux en regardant ailleurs, par exemple sur le ciel bleu, on voit le soleil sombre sur fond clair, c'est-à-dire que l'on en a une image négative ; et en ouvrant et fermant alternativement les yeux, on peut ainsi faire alterner plusieurs fois l'image positive et l'image négative.

§ 9. CONCLUSION : LES SENSATIONS ÉLÉMENTAIRES

Nous allons maintenant essayer de dégager la conclusion psychologique des faits qui viennent d'être exposés, c'est-à-dire de déterminer les sensations proprement dites, les

représentations les plus simples que les excitations lumineuses font apparaître à la conscience quand elles agissent sur la rétine.

Je rappelle que nous avons ici trois catégories, trois genres de faits qui se succèdent : les faits physiques, physiologiques et psychiques. Et dans chacun de ces genres de faits il y a du composé, et par conséquent aussi il y a du simple. Par exemple, Newton a montré que la lumière blanche du soleil est composée physiquement par l'union de lumières différentes qui, quand elles agissent isolément, produisent en nous les sensations des diverses couleurs spectrales. Autrement dit, la lumière blanche est composée, au point de vue physique, de rayons lumineux différents, pour lesquels Newton a montré qu'ils ont une réfrangibilité variable, et pour lesquels on a montré depuis qu'ils ont des vitesses différentes d'oscillation ou des longueurs d'onde différentes. De même, il est certain qu'il existe du simple et du composé au point de vue physiologique, que par exemple les phénomènes physiologiques qui ont leur siège dans la rétine, dans les nerfs hémioptiques et dans les centres, comprennent des actions et réactions chimiques, et probablement physiques, d'une grande complexité, qu'un processus défini provoqué par une excitation définie subit l'influence des événements physiologiques qui l'ont précédé et de ceux qui l'accompagnent, et qu'il exerce lui-même une influence sur ceux qui l'accompagnent et sur ceux qui le suivent : le contraste et les images consécutives nous ont fourni des exemples de ces actions et réactions physiologiques. Enfin, il n'est pas plus douteux qu'il y ait du simple et du composé dans l'ordre des faits psychiques, que, par exemple, des associations de succession se produisent entre des sensations et des images, dans les sensations visuelles comme dans tous les autres genres de représentations sensorielles, que des sensations qui ont leur origine physiologique dans des parties différentes de la rétine sont associées dans toutes nos perceptions visuelles ordinaires suivant ce mode d'ass. a-

tion que Wundt a appelé la synthèse associative : et si des associations se produisent entre sensations qui proviennent de parties différentes de la rétine, pourquoi des sensations provenant d'une même partie de la rétine ne s'associeraient-elles pas aussi, quoique simultanées, ou plutôt parce que simultanées ?

Mais de ce qu'il existe ici plusieurs genres de composition entre les phénomènes, il résulte pour nous une difficulté et un danger. Le danger est de confondre une composition physique ou physiologique avec une composition psychologique ; la difficulté est de démêler ce qui, dans chaque phénomène concret, appartient à la composition physique ou physiologique, et ce qui appartient à la composition psychique. Par exemple, on ferait une confusion de ce genre si, de ce que la lumière blanche est composée physiquement de diverses lumières colorées, on concluait que la sensation de blanc est composée d'autant de sensations de couleurs ; et l'on ferait une confusion analogue si l'on transportait purement et simplement au domaine psychique ce que nous savons d'une manière plus ou moins certaine sur la composition des impressions, si, de ce que certains processus physiologiques s'annulent, on concluait que des sensations se neutralisent. Nous devons bien nous rendre compte de cette exigence de la méthode en psychologie analytique, que les résultats de la physiologie sont pour nous des indications précieuses, mais ne sont jamais des indications suffisantes et décisives, et que, dans les sensations de la vue comme dans celles du toucher, ou des articulations, ou du vestibule de l'oreille interne, nous n'avons le droit d'affirmer la réalité d'un phénomène psychique que si nous pouvons l'atteindre par l'observation subjective.

Nous pouvons maintenant considérer la théorie de Hering comme assez plausible pour l'admettre, au moins dans ses traits essentiels. Nous avons vu que tous les grands faits de la vision deviennent physiologiquement intelligibles par cette théorie, que par suite ils la confirment d'une ma-

nière indirecte, et que parfois même, comme c'est le cas pour les images négatives, ils en fournissent une vérification saisissante. Sans doute il lui manque, pour devenir une théorie physiologique définitive, quelque chose de très important : ce qui manque, c'est qu'on ait isolé les trois substances sensibles qu'elle suppose, que l'on ait pu reproduire expérimentalement les processus de décomposition et de recombinaison de ces substances, comme on produit dans le laboratoire la fermentation du sucre. Et, à ce point de vue, la théorie de Hering est loin de compte, puisque l'on ne peut pas même indiquer avec quelque sûreté les trois substances, puisque le pourpre rétinien, dans lequel on croyait avoir découvert une de ces substances, manque dans la fosse centrale, et puisque tout ce qu'on sait sur la physiologie du pigment épithélial se réduit à un phénomène purement mécanique de déplacement. D'ailleurs, Hering lui-même déclare (1) qu'il ne sait pas où se trouvent ces substances, si elles n'existent que dans le cerveau, ou si elles existent aussi dans les nerfs et dans la rétine. Il faut reconnaître encore que cette hypothèse n'explique pas tous les faits de la vision, que, par exemple, elle ne rend pas compte du phénomène de Purkinje, qu'elle n'attribue pas une fonction différente aux cônes et aux bâtonnets, qu'elle a besoin, par conséquent d'être complétée. Malgré toutes ces réserves, l'hypothèse des six processus paraît assez solide pour nous fournir une base d'analyse psychologique.

Nous admettons donc, et ce sera le point de départ de l'analyse purement psychologique qui va suivre, qu'il existe six espèces d'impressions visuelles et qu'à chaque espèce répond une sensation élémentaire, c'est-à-dire que les sensations fondamentales de Hering sont les sensations élémentaires. Voyons maintenant comment nos perceptions de lumière et de couleur peuvent être analysées subjectivement par le moyen de cette hypothèse.

(1) *Zur Lehre vom Lichtsinne*, p. 72.

D'abord, quand nous regardons une surface blanche, le processus physiologique qui se produit dans les organes nerveux est le processus simple de décomposition de la substance blanc-noir, et, pourvu que la surface soit bien blanche, et non pas grise, nous avons une sensation uniforme, qui paraît indécomposable, dans laquelle nous ne pouvons pas distinguer d'autres espèces de sensations qualitativement distinctes. En fait, pourtant, cette sensation est complexe. En effet, nous avons coutume de regarder des surfaces relativement étendues, et par suite le travail physiologique de décomposition se produit dans une région de la rétine qui est aussi relativement étendue. Il intéresse donc une pluralité de cônes et de bâtonnets et même, en général, un grand nombre de ces éléments rétinien. Donc, en général, la sensation d'une surface est la synthèse associative d'une pluralité de sensations, dont chacune représente une surface plus petite : la sensation élémentaire doit être celle qui représente la plus petite surface capable de donner naissance à une sensation. Si l'on songe maintenant que, dans les sensations de pression, l'excitation d'un élément anatomique, par exemple d'un corpuscule de Meissner, donne lieu à un fait psychique, saisissable par la conscience, nous pourrions être tentés de pousser la décomposition des sensations visuelles jusqu'aux éléments rétinien, et de dire que la sensation véritablement élémentaire est celle qui correspond à l'impression produite dans un cône ou dans un bâtonnet. Mais nous manquerions alors à cette règle, à ce critère, que nous avons adopté, d'après lequel nous ne pouvons affirmer l'existence d'un fait psychique qu'à la condition de le saisir par la conscience. Il n'est pas possible d'exciter isolément les éléments rétinien, et rien ne nous autorise à admettre que, si l'on pouvait exciter isolément un de ces éléments, il en résulterait une sensation. Le contraire est beaucoup plus probable, car il existe une dimension minima des surfaces lumineuses en dessous de laquelle la vision n'est plus possible. Cette dimension, pour le centre de la

rétine, répond environ à l'angle visuel d'une minute. Nous pouvons donc dire que la sensation élémentaire d'une surface blanche est celle d'une tache blanche ayant une dimension angulaire d'une minute. Cette dimension doit croître si l'impression a son siège dans une partie de la rétine autre que le centre : seulement des mesures exactes sur ce point font jusqu'à présent défaut.

Nous savons, par ailleurs, que l'étendue de la surface excitée n'est pas la seule condition dont nous ayons à tenir compte : la durée de l'excitation fournit une autre détermination. La sensation apparaît quand la durée de l'excitation atteint un certain minimum, qui n'est pas exactement déterminé, mais que nous savons être une faible fraction de seconde.

Une troisième détermination est fournie par l'intensité de l'excitation : une certaine valeur de l'excitation doit être atteinte pour que la sensation se produise.

Enfin une quatrième et dernière détermination de la sensation élémentaire se rapporte à l'adaptation rétinienne : l'apparition de la sensation à la conscience dépend de l'adaptation, c'est-à-dire de la quantité de substance sensible qui se trouve dans la rétine à l'endroit où agit l'excitation.

Nous pouvons résumer tout cela maintenant, et dire que la sensation élémentaire de blanc est la représentation d'une tache blanche produite par une excitation faible agissant pendant un temps très court (moins d'un centième de seconde) sur une surface de la rétine correspondant à un angle visuel d'une minute, la rétine étant dans un état approprié d'adaptation, que nous ne pouvons d'ailleurs pas déterminer d'une manière plus précise. L'intensité minima de l'excitation n'a été déterminée que pour des surfaces étendues : on a trouvé que la plus faible quantité de lumière qui pût être perçue dans ces conditions est la lumière réfléchie par un velours noir éclairé par une bougie placée à 8 ou 10 mètres de distance. Mais, si l'on faisait la même détermination en tenant compte du minimum de

surface et du minimum de durée, on obtiendrait certainement des valeurs beaucoup plus fortes.

Voilà ce que doit être la sensation élémentaire de blanc. Il est plus difficile de définir la sensation élémentaire de noir, et en tout cas des déterminations de seuil analogues aux précédentes n'ont pas été faites avec autant de soin. Pourtant il ne paraît pas impossible de les faire. Supposons que le champ visuel soit rempli par une surface parfaitement blanche. Nous pouvons faire apparaître dans cette surface un cercle noir, ou plutôt un cercle gris, et déterminer le seuil d'étendue pour lequel une sensation de gris commencera à se produire, le seuil de durée, et même le seuil d'intensité, si nous nous servons d'un disque rotatif portant un secteur noir sur fond blanc et devant lequel serait placé un écran blanc percé d'un trou. En réalité, lorsque l'on détermine le seuil différentiel par rapport à un fond lumineux parfaitement blanc, c'est le seuil de la sensation de noir que l'on détermine, mais pour de grandes surfaces et de grandes durées. Il est donc possible de définir la sensation de noir avec autant de précision que celle de blanc.

Maintenant nous pouvons voir ce que c'est qu'une sensation de gris. C'est une sensation complexe, formée par l'association de coexistence d'une sensation de blanc et d'une sensation de noir, et l'observation subjective y distingue aisément ces deux sensations composantes. C'est le résultat de cette composition de notre sensation de gris que nous exprimons lorsque nous disons d'un gris qu'il est clair (nous entendons par là que nous avons la sensation d'un blanc vif, ou fort, ou relativement intense, et en même temps la sensation d'un noir moins intense). D'une manière analogue, nous disons qu'un gris est sombre, ou bien qu'il est à égale distance du blanc et du noir, qu'il est moyen.

Mais il faut ici faire une remarque importante, et écarter une confusion facile, qui d'ailleurs a été faite pendant longtemps. C'est Fechner qui est l'auteur de cette confusion, mais aujourd'hui encore beaucoup de psychologues la com-

mettent après lui. Lorsqu'une excitation lumineuse grandit ou diminue, lorsque par exemple on approche ou on éloigne une lampe derrière une plaque de verre mat sur laquelle l'œil est fixé, nous nous rendons compte que la plaque de verre devient plus sombre ou plus claire. Rien ne paraît plus naturel que d'exprimer ce fait en disant que la sensation de lumière devient plus forte ou plus faible, qu'elle a une intensité qui correspond à l'intensité de l'excitation ; rien ne paraît plus naturel, et c'est ce qu'a fait Fechner : il a attribué aux sensations l'intensité, il a pensé qu'elles grandissent et qu'elles diminuent, et il a entrepris de mesurer cette intensité et de déterminer la relation fonctionnelle qui unirait l'intensité de la sensation à l'intensité de l'excitation. Mais cette notion de l'intensité de la sensation est fautive : il y a ici une confusion du physique et du psychique, une attribution sans critique, au psychique, d'un caractère qui appartient au physique. Ce que l'on prend pour une sensation forte de lumière, c'est la sensation d'une lumière forte, et ce n'est pas la même chose.

Au moyen de cette idée fautive, Fechner n'était pas embarrassé pour comprendre et pour exprimer les diverses teintes du gris : c'étaient pour lui les degrés de la sensation qui atteint son maximum pour la lumière blanche et qui décroît jusqu'au noir. C'est une erreur analogue, dérivée de celle-là, que je veux signaler en ce moment. Il ne faut pas dire que la sensation complexe d'un gris clair est une sensation dans laquelle la sensation de blanc est plus intense que celle de noir : il faut dire que nous avons en même temps la sensation de blanc et celle de noir, et que nous nous rendons compte que notre sensation de blanc est celle d'un blanc plus intense que le noir. Qu'est-ce qui fait au fond la différence psychologique de nos sensations ? En quoi la sensation d'un blanc intense, ou d'une lumière forte, diffère-t-elle de la sensation d'un blanc plus faible, ou d'une lumière faible ? C'est là une question très importante, mais ce n'est pas le moment de la traiter : elle appartient

à l'analyse de la perception et, pour préciser, elle est une partie de la question générale qui se pose au sujet de la perception quantitative.

Après avoir écarté cette confusion possible, et même facile, reprenons notre détermination des sensations élémentaires. Il ne me reste que quelques mots à dire.

De même que nous distinguons la sensation de blanc et celle de noir dans une sensation complexe de gris, nous distinguons la sensation de bleu et celle de blanc dans la sensation complexe d'un bleu clair, — et celle de bleu et celle de noir dans la sensation complexe d'un bleu sombre : c'est ce que le langage exprime par ces termes de bleu clair et de bleu sombre. Tous les degrés de la saturation des couleurs se ramènent ainsi, pour notre vision, à des associations de sensations de couleur avec des sensations de blanc et de noir : trois espèces de sensations élémentaires sont donc associées dans nos sensations complexes de couleurs fondamentales, c'est-à-dire de rouge, de vert, de jaune et de bleu. Les sensations élémentaires sont alors celle de la couleur fondamentale, celle du blanc et celle du noir.

Quant aux couleurs intermédiaires entre les couleurs fondamentales, elles nous donnent des sensations qui sont plus complexes encore. Par exemple, la sensation complexe de l'orangé comprend une sensation de blanc, une de noir, une de rouge et une de jaune. Celle de violet comprend une sensation de blanc, une de noir, une de rouge et une de bleu. Et les sensations complexes des couleurs intermédiaires entre le jaune et le vert, entre le vert et le bleu, ont une composition analogue, c'est-à-dire comprennent quatre sensations élémentaires.

Il ne faudrait pas, toutefois, conclure de là que, en mélangeant deux couleurs sur l'appareil rotatif, on doit toujours produire une sensation complexe dans laquelle il soit possible de retrouver deux sensations plus simples

correspondant à ces couleurs : ce serait encore transporter au psychique ce qui n'est vrai que du physique, à la sensation ce qui n'est vrai que de l'excitation ; ce serait aussi négliger l'intermédiaire physiologique, car ici il y a fréquemment une composition physiologique. Si l'on mélange sur le disque rotatif deux couleurs fondamentales que l'on peut appeler consécutives (parce qu'elles se succèdent dans le spectre), le rouge avec le jaune, le jaune avec le vert, le vert avec le bleu, le bleu avec le rouge, la sensation complexe qui résulte du mélange comprend les quatre espèces de sensations, deux sensations de couleurs, et, en plus, la sensation de blanc et celle de noir. Mais, si l'on mélange des couleurs qui ne sont pas consécutives, le rouge avec le vert, le jaune avec le bleu, pourvu que les proportions et les nuances soient convenables, les deux processus antagonistes s'annulent réciproquement, et nous avons une sensation de gris. Si les proportions ou les nuances ne sont pas choisies de façon à assurer l'annulation complète des processus antagonistes, il n'y a qu'une annulation partielle. Mais, que l'annulation soit partielle ou totale, il y a là un fait physiologique important, parce qu'il entraîne une modification dans la composition de la sensation complexe résultante. — D'ailleurs, il faut reconnaître que ce fait a quelque chose de singulier : tandis que les processus antagonistes des substances rouge-vert et jaune-bleu s'annulent, ceux de la substance blanc-noir ne s'annulent pas, mais peuvent coexister. Jusqu'à présent, il n'est pas possible de dire à quoi tient ce fait, il n'y a qu'à le constater. Peut-être se rattache-t-il, comme l'a soutenu J. von Kries, à ce que les cônes et les bâtonnets ont des fonctions distinctes. En tout cas, c'est un fait physiologique, et non physique ou psychologique, bien qu'il ait des conséquences psychologiques.

Ainsi, il est toujours possible, sinon facile, de faire l'analyse de toutes nos perceptions de couleurs, en s'appuyant à la fois sur la connaissance des impressions rétiniennes et

sur l'observation subjective, et nous ne trouvons toujours que six espèces de sensations élémentaires, qui se répètent et s'associent en simultanéité et en succession, plus ou moins rapides, plus ou moins nombreuses (1).

(1) Bien que le problème de l'intensité doive être traité beaucoup plus tard, quand nous ferons l'analyse de la perception, non plus seulement en vue d'y dégager les sensations élémentaires, mais en vue d'y séparer, autant que possible, tous les éléments composants, — il est bon de signaler dès maintenant, à titre d'indication, les différences qui semblent exister entre deux sensations qui représentent la même nuance de couleur, mais dont l'une est la sensation d'une lumière forte, et l'autre la sensation d'une lumière faible. Ces différences paraissent être les suivantes :

1° La sensation de lumière forte arrive rapidement au seuil ; 2° Elle se répète avec rapidité pendant la durée de l'excitation ; 3° Elle n'est pas associée à une sensation de noir, ou bien elle n'est associée qu'à la sensation d'un gris clair.

CHAPITRE X

LES SENSATIONS AUDITIVES

Comme pour la vue et le toucher, nous devons chercher maintenant quelles sont, dans le sens de l'ouïe, les sensations véritablement élémentaires, c'est-à-dire les faits psychiques derniers, qui, associés ensemble et associés avec des images, composent nos perceptions auditives. La méthode à suivre sera la même que précédemment. Nous chercherons dans les données de l'anatomie et de la physiologie les indications qui concernent les organes de l'impression auditive et la nature de cette impression ; nous fonderons sur ces données anatomiques et physiologiques une hypothèse relative aux faits psychiques élémentaires, et nous chercherons à vérifier cette hypothèse par le moyen de l'observation subjective.

De cette méthode même il résulte que, dans la structure et le fonctionnement de l'oreille, tout ce qui concerne la transmission des excitations, leur combinaison, leur amplification, etc., ne nous intéresse pas, tant que l'excitation n'est pas parvenue jusqu'à l'organe sensible. Autrement dit, le conduit auditif et tous les organes annexes, l'oreille externe et l'oreille moyenne, ne nous intéressent pas pour le moment : ce sont des organes de conduction, et, dans la

mesure où ils contribuent à former nos perceptions auditives, ce sont des organes de perception, et non pas de sensation.

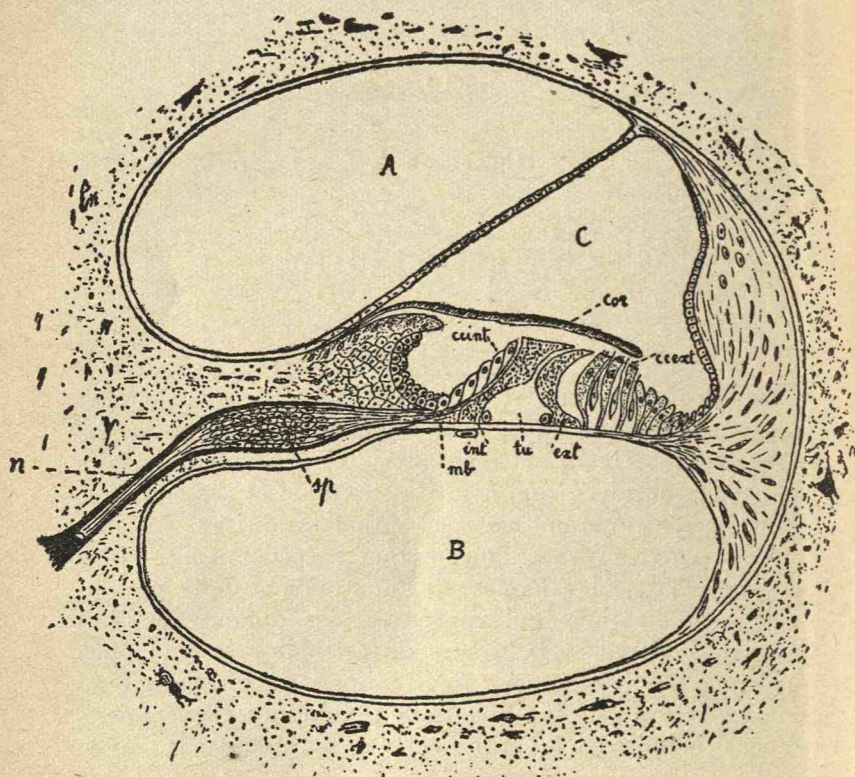


FIG. 21. — Coupe du limaçon. (D'après GELLÉ).

A. Rampe vestibulaire ; B. Rampe tympanique ; C. Canal cochléaire ; cor. membrane de Corti ; n. nerf cochléaire ; sp. ganglion spiral ; int. pilier interne ; ext. pilier externe ; tu. tunnel de Corti ; ccint. cellules ciliées internes ; ccext. cellules ciliées externes ; mb. membrane basilaire.

Les organes de sensation, ceux qui sont le siège des phénomènes physiologiques dont la sensation dépend de la manière la plus directe, c'est-à-dire de l'impression, sont

situés dans l'oreille interne, dans le labyrinthe. En gros, le labyrinthe comprend deux parties : le vestibule et le limaçon. Nous avons déjà vu quelle est la fonction sensorielle du vestibule et comment cette région est le siège d'impressions auxquelles il faut vraisemblablement attribuer les sensations de rotation de la tête et les sensations de balancement ou d'oscillation, ensemble les sensations de mouvement de la tête.

C'est dans le limaçon que se trouvent les organes des sensations auditives. C'est là que vient aboutir la branche du nerf auditif que l'on appelle le nerf du limaçon ou nerf cochléaire.

Une coupe du limaçon (fig. 21) montre qu'il comprend : A, une rampe ascendante appelée rampe vestibulaire ; B, une autre rampe ascendante, appelée rampe tympanique ; C, un canal ascendant, situé entre les deux rampes, et appelé canal cochléaire. Enfin, dans l'espace qui reste libre entre les deux rampes et le canal cochléaire, et qui est limité en outre par la membrane de Corti, se trouve la région la plus importante : elle est occupée par l'organe de Corti. C'est là que le nerf cochléaire vient aboutir, en formant d'abord un renflement appelé ganglion spiral : de ce ganglion partent des fibres nerveuses qui se ramifient dans l'organe de Corti.

Dans cet organe (fig. 22) il y a lieu de distinguer : 1^o La membrane basilaire, dont le nom indique que les anatomistes qui l'ont étudiée d'abord l'ont considérée comme destinée à supporter l'appareil. Mais on a remarqué depuis qu'elle présente deux particularités de structure. L'une est qu'elle contient une série de fibres élastiques très fines, qui sont étendues entre une lamelle osseuse intérieure et la paroi extérieure du limaçon, et qui sont, au moins dans certaines parties de la membrane, indépendantes les unes des autres : le diamètre de ces fibres est environ de $1/500$ de millimètre, et leur nombre est de 15 à 20000, peut-être davantage. L'autre particularité est que la largeur de la

membrane n'est pas constante : elle va en croissant de la base au sommet du limaçon, et en même temps la longueur de ses fibres va aussi en croissant.

2^o Le canal de Corti, formé, d'un côté, par la membrane basilaire, et de deux autres côtés, par les piliers internes et externes. Ces piliers sont des cellules pourvues de noyaux,

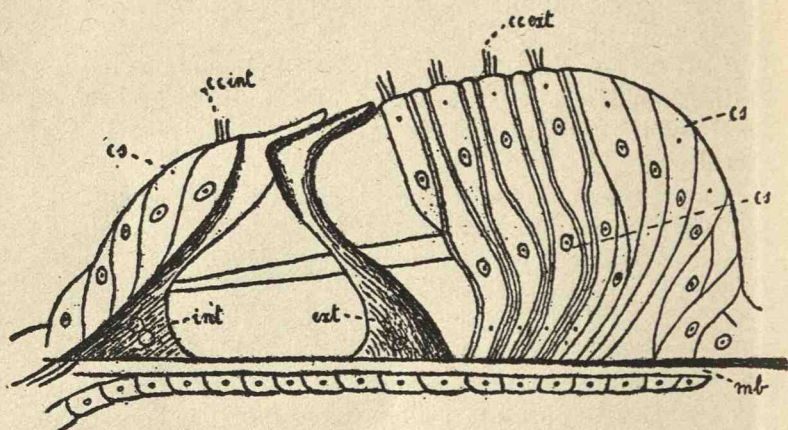


FIG. 22. — Organe de Corti. (D'après RETZIUS).

int. pilier interne ; *ext.* pilier externe ; *ccint.* cellules ciliées internes ; *ccext.* cellules ciliées externes ; *mb*, membrane basilaire ; *cs.* cellules de soutien.

et ils forment deux séries de cellules allongées qui se rejoignent par leur partie la plus éloignée de la membrane basilaire.

3^o Des deux côtés des piliers se trouvent plusieurs espèces de cellules. Les deux plus importantes espèces sont : les cellules de Deiters, qui semblent n'être que des cellules de soutien ; et les cellules ciliées qui se prolongent par des follicules pileux jusqu'au voisinage de la membrane de Corti. Ces cellules ciliées paraissent être des cellules sensibles : en tout cas c'est sur elles que viennent se terminer, en des sortes de buissons nerveux, les fibres nerveuses sorties du ganglion spiral.

Voilà l'essentiel au point de vue anatomique. Mais, si les anatomistes sont d'accord, il n'en est pas de même des physiologistes. Il existe deux théories sur l'impression auditive : la théorie de la résonance et celle de l'enregistrement.

La première est celle de Helmholtz, et, jusque vers 1895, elle était classique, et paraissait établie d'une manière définitive. En voici l'essentiel. Helmholtz a supposé qu'il existe dans le limaçon un système de résonateurs, c'est-à-dire de cordes susceptibles de vibrer sous l'influence d'un mouvement vibratoire de l'air extérieur, de l'air du conduit auditif, des membranes de l'oreille et finalement du liquide qui baigne l'intérieur de l'organe de Corti. Ainsi chaque mouvement sonore extérieur, par l'intermédiaire des organes de transmission, irait faire vibrer une région définie, jouant le rôle de corde résonatrice, et cette vibration serait transmise aux cellules ciliées avec lesquelles la corde résonatrice est en communication. Nous saisirions ici l'impression auditive élémentaire, sinon sous la forme qu'elle prend dans les cellules ciliées elles-mêmes et dans les extrémités des filaments nerveux, du moins sous la forme qu'elle prend immédiatement avant d'atteindre les cellules ciliées. Toutefois il faut remarquer que la détermination des éléments anatomiques qui jouent le rôle de cordes résonatrices demeure incertaine. En 1862, Helmholtz attribuait ce rôle aux piliers. Mais les piliers manquent chez les reptiles et les oiseaux. Alors Helmholtz a supposé que c'est la membrane basilaire elle-même qui constitue un système de cordes de longueurs différentes et susceptibles de vibrer à l'unisson des sons extérieurs. Ainsi l'hypothèse appelle des précisions et des compléments, mais, dans sa partie positive, elle a été cependant admise comme très probable pendant de longues années.

Pourtant, depuis 1895, il a été soutenu une théorie très différente, dont le principal représentant en France est le D^r Pierre Bonnier. Des nombreux écrits qu'il a publiés sur

l'anatomie et la physiologie de l'oreille, il en est un qui résume très clairement sa théorie : c'est son livre sur l'Audition dans la Bibliothèque de Psychologie expérimentale du Dr Toulouse. Cette théorie consiste à dire que les mouvements de l'air, puis des membranes et des liquides contenus dans l'oreille, ébranlent la masse des cellules de l'organe de Corti, et spécialement les prolongements ciliaux des cellules ciliées qui se trouvent, dans ces mouvements, amenés en contact avec la membrane de Corti. On comprend que, quand le mouvement se fait dans un sens, les cils dont il s'agit doivent être tirillés dans ce sens au milieu de la masse liquide qui les baigne et que ce tiraillement peut être renforcé par le frottement contre la membrane de Corti qui est placée au-dessus ; et l'on comprend aussi que, quand le mouvement de la masse se fait en sens contraire, c'est-à-dire dans la deuxième partie de la vibration sonore, un tiraillement opposé des mêmes cils doit se produire. Ainsi l'excitation sonore se trouverait enregistrée par ces mouvements communiqués aux cellules ciliées. Elle le serait dans sa force, à laquelle correspondraient des tiraillements plus ou moins forts. Elle le serait dans sa hauteur, à laquelle correspondraient des tiraillements plus ou moins rapides. Et enfin la forme même de l'ébranlement sonore serait enregistrée de la même façon. Mais la différence la plus radicale de cette théorie avec celle de Helmholtz, c'est que M. Bonnier n'admet aucune espèce de résonance, aucune localisation de l'impression par conséquent, mais soutient que toute la membrane basilaire, et notamment toute la surface ciliée, est ébranlée simultanément d'un même mouvement.

Ainsi, tandis que nous rencontrions, pour les espèces précédentes de sensations, un accord passable des physiologistes, un accord suffisant du moins pour fournir une base à peu près solide à une hypothèse psychologique, à charge d'ailleurs pour nous de voir ensuite si cette hypothèse était vérifiée par l'observation subjective, il n'en est plus de même ici.

Je n'ai pas l'intention de faire un choix entre ces deux théories, encore moins d'essayer de les concilier, ce qui ne pourrait toujours se faire qu'en les sacrifiant partiellement l'une et l'autre. Il est bien certain que la théorie de Helmholtz est incomplète en ce qu'elle n'attribue pas une fonction précise aux cellules ciliées et à la membrane de Corti : et pourtant il semble bien que c'est là, au contact de ces cils et de cette membrane, que doit se produire la première opération proprement dite de l'impression auditive. Il faut donc, si l'on veut conserver la théorie de la résonance, admettre qu'elle doit être complétée par la découverte du lien physiologique qui conduit l'ébranlement des piliers ou des fibres basilaires, aux cellules ciliées. Mais, d'autre part, il semble impossible d'admettre que l'impression sonore se produit, pour un son de hauteur quelconque, dans toute la région impressionnable.

Il existe, en effet, pour l'ouïe, quelque chose d'analogue à ce qu'est la cécité aux couleurs pour la vue (1). Ce sont des cas pathologiques dans lesquels on ne constate aucune anomalie des appareils de conduction sonore, et où cependant la sensibilité est supprimée, ou bien fortement abaissée, pour une zone plus ou moins étendue de l'échelle des sons. L'échelle des sons perceptibles pour une oreille humaine normale est très étendue : les sons les plus graves que l'on puisse entendre correspondent à 15 ou 16 vibrations doubles par seconde ; la limite supérieure n'est pas aussi déterminée, et il est certain qu'elle varie avec les personnes, et probablement avec l'âge (l'échelle des sons paraît généralement se rétrécir pour les vieillards du côté des sons aigus, comme l'a montré Galton); aussi les différents physiiciens qui ont essayé de faire cette détermination ont trouvé des chiffres très variables, depuis 4 ou 5000 vibrations par seconde jusqu'à 20.000 ou même davantage. Le fait de cette variation semble déjà difficile à mettre d'ac-

(1) EBBINGHAUS, *Grundzüge*, I, 282.

cord avec la théorie de Bonnier. Mais dans des cas nettement morbides, on trouve que l'échelle des sons est réduite au-delà des limites ordinaires, à la partie supérieure de l'échelle ou bien à la partie inférieure, tandis que la capacité d'entendre peut être conservée intacte, quoique souvent affaiblie, pour les régions moyennes de l'échelle. Quelquefois le rétrécissement de l'échelle des sons va si loin qu'il ne reste plus qu'un îlot de sons qui soit perceptible, par exemple deux octaves dans la région moyenne. Souvent aussi, c'est le contraire qui se produit : il y a une ou plusieurs lacunes dans l'échelle des sons. Ces faits, et le dernier surtout, demeurent inexplicables si l'on admet que l'impression auditive s'étend, pour un son de hauteur quelconque, à la totalité de la membrane basilaire. Ils s'expliquent au contraire très bien, par quelque lésion anatomique restreinte, si l'on admet que, sinon les piliers, du moins l'organe basilaire dans son ensemble, ressemble plus ou moins à un système de résonateurs.

Nous pouvons donc considérer, sinon comme certain, du moins comme très vraisemblable, que l'organe de l'audition décompose les excitations sonores, et répartit leur action sur des régions différentes de l'appareil nerveux, et que l'impression élémentaire correspond à l'ébranlement d'une partie déterminée de l'organe par un mouvement d'une périodicité également déterminée.

Et, s'il en est ainsi, la sensation auditive proprement dite, la sensation auditive véritable, la sensation auditive élémentaire, serait la représentation provoquée par l'ébranlement d'un de ces éléments organiques plus ou moins analogues à des résonateurs.

Nous allons chercher maintenant si cette hypothèse psychologique, uniquement fondée sur l'anatomie et la physiologie, est confirmée par l'observation subjective, c'est-à-dire si nous pouvons saisir dans notre conscience, au moins dans certains cas privilégiés, des sensations qui répondent à cette définition, des sensations élémentaires.

Or, en fait, ces cas privilégiés ne sont pas rares. Si l'on fait vibrer un diapason, ou même si l'on fait rendre à un instrument de musique une note déterminée, une seule, on produit une excitation qui fait résonner une partie de l'organe de Corti, et il en résulte, sinon une véritable sensation, du moins une représentation qui s'en approche beaucoup. Ce qui fait que ce n'est pas tout à fait une sensation, c'est le timbre. Mais on sait, depuis Helmholtz, que le timbre est dû à l'existence d'harmoniques supérieures : cela signifie, au point de vue psychologique, que la sensation donnée par le son fondamental est associée avec des sensations fournies par des sons plus aigus et plus faibles. Que l'on fasse abstraction de ces sensations fournies par les harmoniques, et l'on a la sensation auditive.

Si, au lieu d'un son unique, on fait agir deux sons simultanés, les choses sont beaucoup plus complexes, mais les bons observateurs, les musiciens bien doués et bien exercés, peuvent encore, dans ces conditions, faire les distinctions nécessaires pour dégager les sensations dans l'ensemble complexe de la perception. Mais plusieurs cas peuvent se présenter.

D'abord, les deux sons simultanés peuvent être, l'un à l'égard de l'autre, au point de vue de leurs nombres de vibrations, dans un rapport simple : nous avons un accord. Laissons de côté le caractère esthétique de la perception qui se produit alors. Un musicien à l'oreille exercée peut, dans certaines circonstances, distinguer les deux sons composants. Il est particulièrement difficile de faire la distinction si l'intervalle est d'une octave, mais c'est facile si l'intervalle est d'une tierce ou d'une seconde. Cela signifie que la séparation des sensations associées peut alors se faire, et que, dans la perception auditive de l'accord, on reconnaît, on isole, les sensations composantes.

Si les deux sons simultanés ont des hauteurs voisines, il se produit un phénomène plus complexe, qui consiste en ce que les sons subissent des variations rapides de force :

ce sont les battements. Il devient alors beaucoup plus difficile d'analyser les sons et de distinguer les sensations composantes. Pour certains rapports, musicaux ou non, des nombres de vibrations, il se produit une autre complication : ce sont les sons de combinaison. Par exemple, si l'on désigne par g le son le plus grave, par a le son le plus aigu, il se produit un premier son de différence dont la hauteur est $a-g$. Celui-là est relativement facile à entendre. Il se produit aussi un deuxième son de différence, dont la hauteur est $2g-a$. Il est beaucoup plus difficile à distinguer. Enfin dans quelques cas, des observateurs très exercés parviennent à distinguer un troisième son de combinaison, qui est toujours très faible, et dont la hauteur est $a+g$: on l'appelle le son de sommation.

Maintenant, dans tout ce qui précède, nous n'avons envisagé que les sons musicaux, c'est-à-dire ceux dont la périodicité est régulière. Il existe aussi des sons de périodicité irrégulière : se sont les bruits, dont la variété est illimitée. Les bruits ne nous donnent que des perceptions complexes et confuses dont il est très difficile de faire l'analyse. Pourtant il ne paraît pas douteux que ces perceptions sont formées par l'association de sensations très variables, très différentes les unes des autres, au point de vue de leur qualité (c'est-à-dire de la hauteur des sons correspondants), au point de vue de leur durée et au point de vue de la force des sons qui les produisent.

En résumé, nous pouvons dire que les sensations auditives élémentaires sont les représentations qui correspondent à certaines hauteurs des sons, et que la série des sensations auditives est la série des sensations que de bons observateurs peuvent distinguer depuis le son le plus grave jusqu'au son plus aigu. Cela fait un nombre considérable de sensations différentes, car, dans la partie la plus employée des sons du piano, environ de 100 à 1000 vibrations par seconde, de bons observateurs peuvent distinguer deux sons dont la différence est de $1/4$ à $1/5$ de vibration. Naturelle-

ment, cette distinction n'est possible que si la force des sons est satisfaisante et commode à percevoir. Car au point de vue de la force des sons aussi, il y a un seuil, une valeur minima que l'excitation doit atteindre pour qu'une sensation se produise. Pour des sons non musicaux, Nørr a trouvé que le seuil peut être représenté par le bruit d'une bille de plomb de 7 milligrammes tombant d'1 mm. de hauteur sur une plaque de fer, à 50 cm. de l'oreille. Enfin, au point de vue de la durée de l'excitation, on a cherché aussi à définir la sensation liminale, et l'on a trouvé que, dans la région moyenne des hauteurs (entre 256 et 512 vibrations par seconde) il faut au moins 5 vibrations pour que l'on puisse percevoir un son. Seulement, nous ne pouvons pas considérer ces déterminations de seuil comme définitives, parce que c'est, à chaque point de vue, le seuil le plus bas qui a été déterminé : la définition précise de la sensation auditive devrait être cherchée dans une combinaison de ces différentes déterminations, et c'est ce qui n'a pas encore été fait. Nous n'avons, ici encore, que des déterminations incomplètes.

CHAPITRE XI

LES SENSATIONS DU GOUT ET DE L'ODORAT

Il nous reste à examiner deux genres de sensations au sujet desquelles il est bien difficile d'énoncer autre chose que des hypothèses passablement incertaines. Cela ne veut pas dire que l'anatomie ne nous fournit pas de renseignements, mais ceux de la physiologie sont peu étendus et souvent peu certains. Quant à l'observation subjective, elle est ici plus faible que partout ailleurs.

Commençons par le goût. Son organe principal est la langue. Mais la langue nous fournit aussi, comme nous le savons déjà, des sensations tactiles de toutes les espèces, comme les lèvres et la muqueuse des joues. Les organes sensoriels y sont donc très variés, et ceux du goût paraissent avoir une variété particulièrement grande.

On y distingue plusieurs sortes de papilles dont les dimensions sont très variables et que l'on classe d'après ces dimensions. Les plus grandes sont les papilles calyciformes, peu nombreuses chez l'homme (12 à 14 environ), placées en arrière de la langue et formant par leur position une sorte de V (le V lingual). Elles ont 2 à 3 mm. de diamètre. Puis viennent les papilles fongiformes, plus petites et plus

nombreuses, puis les papilles filiformes, plus petites encore et plus nombreuses et terminées par des saillies filiformes.

C'est dans les papilles que se trouvent les organes du goût, que l'on appelle corpuscules du goût ou boutons gustatifs. Ils abondent sur les plis et les parois des papilles, et on en trouve également sur la région palatine et dans diverses parties assez mal déterminées de l'arrière bouche. Ils mesurent environ $1/25$ de mm. dans leur plus grande largeur. Il ont la forme d'une olive enfermée dans la masse de l'épithélium, et ayant à la partie supérieure un orifice pratiqué dans l'épithélium. Ils comprennent deux sortes de cellules allongées : des cellules de soutien, et des cellules gustatives. Ces dernières reçoivent des fibrilles nerveuses et se terminent elles-mêmes à la partie supérieure par des sortes de cils qui aboutissent dans l'orifice. On les appelle quelquefois bâtonnets gustatifs. Et ce sont là manifestement les organes du goût.

L'étude expérimentale des fonctions de ces organes présente des difficultés considérables. Il est impossible, avec les méthodes actuelles d'expérimentation, d'arriver à exciter isolément les boutons gustatifs, et, comme l'excitant doit toujours être un liquide, il ne semble pas qu'on puisse arriver à atteindre des boutons gustatifs isolés. On a employé des pipettes ou des compte-gouttes, au moyen desquels on laisse tomber une goutte de liquide sapide sur une papille fongiforme. Mais le liquide se répand dans le sillon qui entoure la papille et atteint une pluralité de boutons. On a employé des pinceaux très fins trempés dans un liquide sapide. Mais le résultat est le même. Il n'en faut pas conclure à l'avance qu'il est nul, mais il est complexe. L'analyse des perceptions gustatives présente donc de grandes difficultés.

Voici les résultats qui semblent propres à fonder une hypothèse.

D'abord, en fait, dans nos perceptions ordinaires que l'on a coutume de rapporter au goût, se trouvent des sensa-

tions qui viennent de l'odorat. La preuve en est que, si l'on bouche les narines avec du coton pour expérimenter sur le goût, ou si simplement on ferme les narines en serrant le nez avec les doigts, beaucoup de différences que nous attribuons au goût cessent d'être perçues. Ainsi les aliments carnés, les aliments végétaux, les vins, auxquels nous reconnaissons ordinairement une saveur distincte, perdent, comme on dit, *leur goût*, dès que les sensations olfactives sont exclues.

Il est une autre catégorie de sensations associées aux sensations gustatives que nous devons exclure encore : il n'est pas possible de les exclure expérimentalement, mais on peut les exclure par abstraction. Ce sont les sensations tactiles de chaud, de brûlant, de mou, d'astringent, etc.

Si l'on fait toutes ces exclusions, il ne reste plus que quatre espèces de saveurs que l'on ne puisse plus décomposer : ce sont le doux ou sucré, l'acide, le salé et l'amer. Par exemple, avec un peu d'exercice et d'attention, on peut distinguer dans le goût d'une pêche le doux, l'acide et l'amer. Dans le goût que l'on appelle métallique, qui a été souvent considéré comme une espèce à part, si l'on élimine la sensation tactile d'astringent, il reste une combinaison de doux, de salé et d'amer.

Il semble donc que nous avons quatre sensations simples du goût et que toutes nos perceptions gustatives en sont composées, avec, en plus, des sensations de l'odorat et du toucher.

Pour que cette hypothèse, fondée uniquement sur l'observation subjective, fût établie d'une manière solide, il faudrait que l'on pût lui donner une base anatomo-physiologique, en montrant par exemple que les boutons gustatifs se divisent en quatre catégories, dont chacune aurait pour fonction de recevoir une impression propre et de donner naissance à une espèce de sensations. Mais cela fait défaut, et nous n'avons pas le droit de l'affirmer.

Pourtant, il est un fait qui tend à montrer que les boutons

gustatifs n'ont pas tous la même fonction, et un autre fait tend à montrer que les impressions gustatives forment peut-être des couples opposés, comme les impressions visuelles.

Le premier de ces faits est la répartition des quatre espèces de sensibilité gustative à la surface de la langue. En réalité, toutes les papilles, quelle que soit la partie de la langue où elles sont situées, semblent bien capables de donner naissance aux quatre espèces de sensations, mais la finesse des diverses régions est très variable, c'est-à-dire que le seuil, ou le degré de concentration des solutions sâpides qui est nécessaire pour que la sensation se produise, varie d'une région à l'autre. Cette variation a été étudiée d'une façon très minutieuse en 1901 par un élève de Wundt, Hänig (1). Le milieu de la face dorsale de la langue est insensible à toutes les saveurs, chez l'homme adulte : il n'en serait pas de même chez l'enfant nouveau-né et tout jeune, chez qui cette région serait précisément la plus sensible et peut-être la seule sensible.

En tout cas, chez l'adulte, la sensibilité au sucré a son maximum à la pointe de la langue, et elle diminue de la pointe à la base, et en même temps des bords au centre.

La sensibilité à l'amer a son maximum à la base de la langue et diminue de façon à atteindre son minimum à la pointe et dans les parties latérales voisines.

La sensibilité au salé est presque la même dans toutes les parties sensibles, avec pourtant un maximum à la pointe de la langue et sur les bords de la partie antérieure.

Enfin la sensibilité à l'acide a son maximum sur les bords de la région médiane : à partir de ces deux régions elle diminue graduellement dans toutes les directions.

Cela pourrait donner à supposer que les boutons gustatifs propres à recevoir une des quatre espèces d'impressions sont plus nombreux dans la région où la sensibilité est la plus grande, et que par conséquent des organes dis-

(1) *Philosophische Studien*, de WUNDT, t. XIX.

tincts sont affectés aux diverses espèces d'impressions.

L'autre fait est celui du contraste. Il existerait un contraste successif, au moins entre le sucré et le salé. Si l'on excite d'abord une région de la langue avec une solution saturée de sel de cuisine, puis, après que la bouche a été lavée, avec de l'eau distillée, cette eau peut être sentie comme sucrée, et en tout cas on obtient la sensation nette de sucré si l'on emploie alors une solution sucrée qui serait en temps ordinaire inférieure au seuil. Il y aurait donc un contraste successif, et peut-être deux processus physiologiques antagonistes, pour les sensations de sucré et de salé, ce qui serait passablement d'accord avec ce que Hänig a établi pour la répartition de ces deux sensibilités (qui occupent les mêmes régions).

Quelques mots seulement, pour finir, sur l'odorat.

L'organe est une petite tache, de couleur jaunâtre, qui s'étend à droite et à gauche d'une fente verticale (la fente olfactive), située à la partie supérieure de chaque narine. On trouve dans cette muqueuse deux espèces de cellules : des cellules de soutien, et de petites cellules bipolaires, que l'on appelle cellules olfactives ou bâtonnets olfactifs. Ces cellules ont deux prolongements : l'un, relativement fort, va à la face externe de la muqueuse et s'y termine par quelques filaments rigides, six à huit cils divergents (poils olfactifs). L'autre prolongement est extrêmement fin et a le caractère d'une fibrille nerveuse : il s'en va rejoindre le nerf. C'est là l'organe de l'olfaction.

Les faits établis, en ce qui concerne les sensations olfactives, sont peu nombreux.

Il existe une classification des odeurs faite par Linnée (1759), qui distingue neuf groupes d'odeurs : éthérées, aromatiques (camphre), fragrances (jasmin), ambrosiaques (musc), alliées, empyreumatiques (tabac), hircines (sueur), fétides (punaise), nauséuses. Cette classification a été reprise, avec des modifications secondaires, par le physio-

logiste hollandais Zwaardemaker (1). Elle présente un intérêt psychologique, parce qu'elle repose sur la distinction des espèces d'odeurs d'après les sensations : elle est donc une classification des espèces de sensations olfactives.

Il est d'ailleurs possible que cette classification ait une valeur analytique, c'est-à-dire que ces espèces de sensations soient irréductibles les unes aux autres, et proviennent d'impressions ayant leur siège dans des régions différentes de l'organe olfactif. Du moins, c'est là une hypothèse que suggèrent certaines observations médicales, notamment celles de Beyer (2) sur deux cas d'anomalies consécutives à l'influenza. Le premier sujet, une institutrice, dont l'odorat avait été jusque là d'une finesse supérieure à la moyenne, trouve d'abord un goût étrange à ses aliments, puis sent une odeur subjective de foin coupé qui devient constante et efface toutes les autres odeurs pendant six mois : cette odeur change ensuite de caractère, mais, tant que dure l'anomalie, le sujet est incapable, ou à peu près, de sentir les trois premières classes d'odeurs de Zwaardemaker, il sent d'une façon normale les trois classes suivantes, et les dernières présentent d'autres faits morbides. Le deuxième sujet sent l'odeur subjective de café grillé, et il en résulte des troubles dans la sensation des autres odeurs, ou bien une disparition complète. Ainsi des lésions locales dans l'organe de l'odorat entraînent l'apparition ou la disparition de certaines espèces de sensations olfactives, tandis que d'autres espèces demeurent normales.



(1) *Die Physiologie des Geruchs* (tr. all., 1893).

(2) *Beitrag zur Frage der Parosmie*, *Z. f. Ps. u. Ph. d. S.*, XXXV, p. 50 et suiv. (1904). Voir en outre Passy, *Revue générale sur les sensations olfactives*, *Année Psychol.* II, p. 363 (1896).

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT	7
CHAPITRE I. <i>Qu'est-ce qu'une sensation ?</i>	9
CHAPITRE II. <i>Les sensations de la peau et des muqueuses : historique</i>	19
CHAPITRE III. <i>Les sensations de pression</i>	27
1. La méthode de recherche psychologique	27
2. Densité et position des points de pression	37
3. Les organes	44
4. Les conditions physiologiques	62
5. L'observation psychologique et la sensation typique	64
6. L'observation psychologique (suite) : les formes de la sensation de pression	71
7. Variation de la sensation par rapport à la force de l'excitation : le seuil	79
8. La durée des excitations	93
9. La surface de pression	97
10. Association des sensations élémentaires : les sensations intermédiaires et les sensations de chatouillement	102

CHAPITRE	IV. <i>Les sensations de piquûre.....</i>	109
CHAPITRE	V. <i>Les sensations de température.....</i>	129
CHAPITRE	VI. <i>Les sensations de mouvement des membres.....</i>	151
CHAPITRE	VII. <i>Les sensations de mouvement de la tête.....</i>	171
CHAPITRE	VIII. <i>Les sensations viscérales.....</i>	181
CHAPITRE	IX. <i>Les sensations visuelles.....</i>	189
	1. Le problème. Indications ana- tomiques et physiologiques...	189
	2. L'hypothèse de Hering.....	199
	3. La vision indirecte des couleurs	203
	4. La cécité aux couleurs.....	208
	5. Le mélange des couleurs....	214
	6. L'adaptation lumineuse et les images consécutives négatives.	216
	7. Le contraste simultané.....	223
	8. Les images consécutives posi- tives.....	229
	9. Conclusion : les sensations élé- mentaires.....	232
CHAPITRE	X. <i>Les sensations auditives.....</i>	243
CHAPITRE	XI. <i>Les sensations du goût et de l'odorat..</i>	255

INDEX DES AUTEURS CITÉS

- Alrutz, 146, 211.
 Aristote, 10.
 Aubert, 22, 32, 37.
 Becher, 184-185.
 Beyer, 260.
 Blix, 19-24, 37, 109, 113, 129, 130, 142.
 Bonnier (Pierre), 247, 248, 250.
 Bouin, 155.
 Bourdon, 163, 198.
 Branca, 47, 48, 52.
 Cannieu, 171-173.
 Charpy, 47, 48, 171.
 Cyon (de), 176.
 Dalton, 212.
 Darier, 46.
 Donaldson, 24, 130, 142.
 Drosdorff, 48.
 Ebbinghaus, 161, 171, 177, 179, 224, 230, 249.
 Erismann, 164.
 Favre, 155, 156.
 Fechner, 22, 79, 81-83, 134, 136, 154, 238, 239.
 Flourens, 175-177.
 Forgues, 183.
 Frenkel, 195, 205.
 Frey (Max von), 25, 27-33, 35-39, 41-43, 56, 63, 66, 69, 71, 83-87, 93-97, 105, 106, 110-119, 123, 124, 127, 130, 143, 145-149, 152.
 Fusari, 57.
 Galton, 249.
 Gellé, 244.
 Gley, 63.
 Goldscheider, 24, 38, 70, 103-105, 109-111, 121-124, 130, 143-145, 147, 155, 158-165.
 Golgi, 54, 56, 156, 157.
 Goltz, 176.
 Grasset, 131, 168, 171.
 Hall (Stanley), 24.
 Hanig, 258, 259.
 Head, 25, 30, 31, 57-60, 67, 113, 131-133, 143.
 Hédon, 63.
 Hellpach, 207.
 Helmholtz, 63, 228, 231, 247-249, 251.
 Hensen, 174.
 Hering, 199, 200, 202, 203, 206, 208, 209, 211, 213, 216, 217, 219, 223, 228, 234, 235.
 Holmgren, 210-213.
 Kammler, 22, 32, 37.
 Kiesow, 25, 38-41, 43, 44, 57, 84-86, 104, 105, 120, 123, 148, 149.
 Kölliker, 44, 47, 49, 51, 55.
 Krause, 44, 55, 57, 148, 157.
 Kreidl, 177.
 Kries (J. von), 241.
 Ksjunin, 53.

- Lefébure, 47.
 Leibnitz, 68.
 Lennander, 182, 183, 186, 187.
 Linnée, 259.
 Maillard, 155.
 Meissner, 19, 43-45, 47, 50, 51, 55-77.
 Meumann, 182, 184, 185.
 Müller (G.-E.), 136.
 Müller (Jean), 19.
 Nagel (W.), 212, 213.
 Naunyn, 118.
 Newton, 214, 215, 233.
 Nörr, 253.
 Pacini, 19, 53, 54, 56, 157.
 Passy (J.), 260.
 Piper, 221.
 Pitres, 20.
 Poirier, 47, 48, 50, 52, 171.
 Prenant, 155, 157.
 Purkinje, 235.
 Ranvier, 52.
 Rauber, 157.
 Regaut, 155, 156.
 Retzius, 246.
 Richardson (Florence), 210.
 Ritter (C.), 185, 186.
 Rivers, 25, 30, 31, 58-60, 143.
 Rubin, 147.
 Rüdinger, 174.
 Ruffini, 47, 49-51, 53-57, 61, 148, 157.
 Sczymonowicz, 52.
 Steinhäuser, 183.
 Störing, 164.
 Taine, 15.
 Thompson, 133.
 Thunberg, 130, 146, 147.
 Timofeew, 53.
 Titchener, 69, 206, 215.
 Török, 105, 124-127.
 Truc, 195, 205.
 Valude, 195, 205.
 Vater, 19, 54.
 Weber, 83, 91, 136, 137, 182-184.
 Werner, 80.
 Wolf (Chr.), 11.
 Wundt, 80, 120, 154, 209, 215, 234.
 Zwaardemaker, 260.

