

et même à travers sa profondeur, ses fibres sont enlevées avec la couche optique. Chez les animaux à décussation complète des n. optiques (dans le chiasma), il y a cécité complète de l'œil opposé; chez les mammifères supérieurs, à décussation partielle, il se produit de l'hémianopie, absolument comme dans les lésions de l'écorce occipitale (voyez plus loin).

En fait de troubles d'autres fonctions, la destruction d'une couche n'a donné aux uns qu'un résultat négatif (NOTHNAGEL); à d'autres un certain trouble de la coordination des mouvements volontaires, des positions et des mouvements forcés. Comme effet durable de leur destruction partielle, FERRIER, LABORDE et LEMOINE observent une anesthésie de toute la moitié opposée du corps. L'excitation électrique a occasionné tantôt la course, des cris, du nystagmus (FERRIER, CARVILLE et DURET), tantôt aucun effet (LABORDE et LEMOINE).

On ne sait toujours pas jusqu'à quel point ces symptômes résultent de ce qu'on intéresse dans ces expériences le pied pédonculaire sous-jacent, ou même la capsule interne.

Et cependant la masse si considérable des couches optiques et de la substance réticulée sous-jacente aux tubercules quadrijumeaux, traversée par de nombreuses fibres nerveuses venues de la moelle et du nerf optique, renfermant d'autre part de nombreuses cellules nerveuses, doit avoir un rôle important à jouer dans le fonctionnement du système nerveux central. Des fibres nerveuses venues des cordons les plus divers de la moelle (centripètes et centrifuges) s'y rendent, s'y éparpillent, et affectent entre elles des rapports très variés, par exemple, en fait de fibres centripètes, la couche du ruban de Reil et les fibres optiques. On se figure volontiers que les nombreux réflexes compliqués dans le domaine des muscles de la vie de relation, exposés pages 440 et suivantes, ont en grande partie leurs centres ici, en partie dans les parties plus déclives du mésocéphale, notamment au niveau des tubercules quadrijumeaux. Nous avons vu qu'un animal privé de ses hémisphères cérébraux se tient en équilibre et se meut très bien. Il ne le peut plus si en même temps on enlève les couches optiques, et surtout en même temps les tubercules quadrijumeaux. La couche optique interviendrait donc dans certains mouvements volontaires, à l'instar du cervelet. La région des tubercules préside à la coordination des mouvements oculaires, par des mécanismes mis en activité notamment par le nerf optique et le nerf vestibulaire. La couche optique présiderait de même à l'innervation de toutes sortes de mouvements combinés dans les extrémités, aux mouvements émotionnels de la face et de tout le corps, à en juger d'après des observations pathologiques (NOTHNAGEL). Les voies centripètes seraient celles de la sensibilité générale, du sens musculaire surtout, du nerf optique, etc. On comprendrait ainsi que les lésions des couches optiques (de même que celle du cervelet) ne donnent pas lieu à des paralysies véritables, mais seulement à la disparition de certains mouvements combinés, p. ex. à une paralysie des mouvements émotionnels de la face, sans paralysie véritable du facial.

REMARQUES GÉNÉRALES SUR LE MÉSOCÉPHALE. — Le mésocéphale, compris dans l'extension que nous lui avons donnée, préside donc aux mouvements réflexes les plus compliqués. On remarquera aussi que les parties les plus déclives du mésocéphale — moelle allongée et pont de Varole — renferment les centres réflexes d'ordre supérieur pour les organes viscéraux, tandis que les parties plus élevées — région des tubercules quadrijumeaux, couches optiques et cervelet — président aux réflexes compliqués dans le domaine des muscles de la vie de relation.

Nous renvoyons aux pages 433 et 434 pour le sort des voies sensibles dans le mésocéphale. Si nous faisons abstraction des voies sensibles cérébelleuses et des voies olfactives, toutes les voies sensibles sont conduites (par le ruban de Reil et

la bandelette optique) à travers la couche optique et les tubercules quadrijumeaux, ou elles sont interrompues (et continuées vers l'écorce par des neurones terminaux), ou bien auxquelles elles envoient de nombreuses collatérales. Les mêmes masses grises envoient d'autre part vers les parties plus déclives du névraxe des voies descendantes, motrices et réflexes nombreuses, notamment à travers le faisceau longitudinal postérieur. Ainsi sont constitués les mécanismes réflexes, d'ordre supérieur, dont les centres sont situés dans la couche optique et dans le niveau des tubercules quadrijumeaux. — La couche optique est d'autre part reliée à l'écorce cérébrale par les nombreuses fibres de la couronne racoonante, les unes ascendantes, les autres descendantes.

Le cervelet est construit plus ou moins sur le même type. De nombreuses voies centripètes s'y rendent, et de nombreuses voies centrifuges en partent. Il est d'autre part, tout comme la couche optique, relié à l'écorce cérébrale par des voies centripètes et centrifuges (par rapport à l'écorce cérébrale).

Quel rapport fonctionnel devons-nous donc supposer entre l'écorce cérébrale et les centres réflexes d'ordre supérieur dits sous-corticaux ? Nous pouvons exécuter volontairement les nombreux réflexes coordonnés dans les muscles striés, qui s'exécutent encore après enlèvement de l'écorce cérébrale. On songe ici à l'intervention des fibres qui de l'écorce cérébrale se rendent directement aux centres élémentaires. Les choses paraissent se passer ainsi dans beaucoup de cas. — Une seconde possibilité est la suivante. Au lieu d'agir directement sur les noyaux d'origine des nerfs périphériques, de les innover chacun isolément, l'écorce cérébrale pourrait aussi agir sur la périphérie par l'intermédiaire du centre réflexe d'ordre supérieur, en l'influençant par une fibre centrifuge. Tel semble être le cas pour les actes compliqués qui s'exécutent ordinairement en qualité des réflexes, surtout pour les actions vaso-motrices. Il paraît en être de même pour beaucoup de mouvements dans les extrémités que nous considérons généralement comme volontaires. Il y a du reste sous ce rapport de grandes différences d'un animal à l'autre. On remarquera que plus on descend dans l'échelle animale, et plus aussi des innervations, volontaires chez les mammifères supérieurs, acquièrent les caractères de purs réflexes : l'écorce cérébrale se réduit au profit des centres réflexes du mésocéphale.

Dans ces différents mécanismes interviennent encore les nombreuses influences d'arrêt, exercées surtout par les ganglions du mésocéphale et par l'écorce cérébrale chez l'animal intact. — Quand nous jetons en l'air le pigeon privé d'hémisphères, nous provoquons chez lui des innervations centripètes, surtout des nerfs tactiles et du sens de l'équilibre (canaux semi-circulaires), qui vont exciter un mécanisme réflexe du vol. Pendant que l'animal vole, des innervations centripètes (nerfs du sens musculaire et du sens de l'équilibre) viennent incessamment influencer le centre réflexe d'ordre supérieur (la section des racines postérieures trouble les réflexes coordonnés). Il approche d'un obstacle contre lequel il se heurterait s'il continuait à avancer en ligne droite; alors une excitation du nerf optique vient modifier l'innervation dans le centre, et cela naturellement dans le même sens que cela aurait lieu chez l'animal intact.

### 3<sup>me</sup> SECTION. — HÉMISPÈRES CÉRÉBRAUX.

**Aperçu anatomique.** — Il ne peut être question de rappeler que quelques détails de structure importants au point de vue physiologique.

L'écorce cérébrale constitue (fig. 200) un manteau complet de substance grise enveloppant tout l'hémisphère, manteau vers lequel tendent toutes les fibres de la couronne racoonante, et dont les différents points sont abondamment reliés fonctionnellement par les fibres commissurales et par celles d'association. — Nous admettons qu'une innervation devient consciente si elle passe par l'écorce cérébrale : celles qui y aboutissent donnent naissance à des « sensations », celles qui en partent constituent le substratum physiologique de ce que nous nommons « volonté. »

RAMÓN Y CAJAL distingue plusieurs types de cellules nerveuses corticales. Il y a

d'abord les grandes cellules pyramidales (fig. 201), à prolongements protoplasmiques multiples et richement subdivisés, et avec un axone basal. Ce dernier s'entoure de myéline, devient une véritable fibre nerveuse, émettant des collatérales. Pour une part ces fibres se rendent dans les masses blanches qui quittent l'écorce, notamment la capsule interne; d'autres deviennent des fibres commissurales ou d'association. Les axones des cellules plus petites se rendent surtout dans les traînées de substance blanche propres à l'écorce. Quelques-unes émettraient plusieurs axones. La plupart au moins de ces fibres ne sortent pas de l'écorce.

Nous rattachons aussi au cerveau les masses grises centrales (corps strié, noyau lenticulaire), à l'exclusion de la couche optique, que nous avons reliée au mésocéphale.

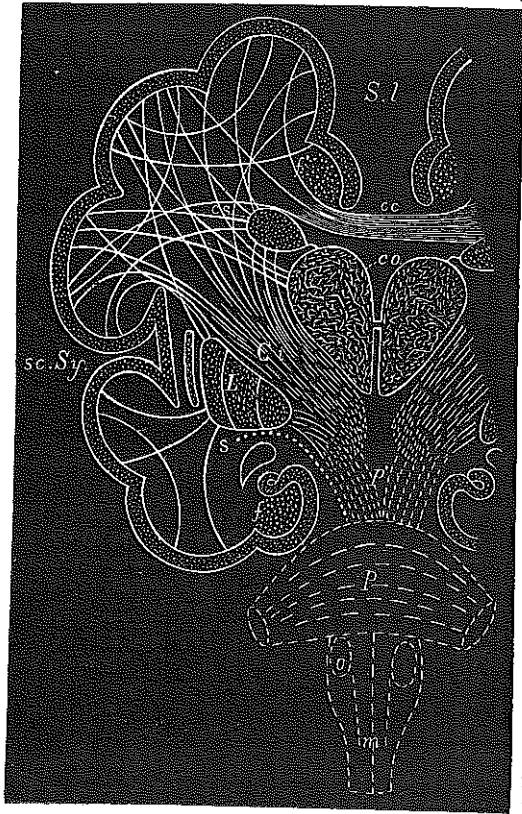


Fig. 200.

blanche, composée presque exclusivement de fibres nerveuses, nous avons a des fibres qui naissent et se terminent dans l'écorce; elles sont de deux espèces. Les unes, dites *fibres commissurales* (celles du corps calleux notamment) relient l'un à l'autre des points corticaux identiques, homologues, des deux hémisphères (MEYNERT). Les autres, dites *fibres d'association* (MEYNERT), relient deux points du même hémisphère; le faisceau longitudinal supérieur, et le faisceau arqué p. ex. relient ainsi l'écorce frontale, le premier à l'écorce occipitale, le second à l'écorce temporale. De nombreuses fibres d'association relient les circonvolutions voisines.

b) Une seconde catégorie de fibres, dites fibres de projection (MEYNERT) sortent de l'écorce et descendent vers des parties grises plus ou moins déclives de l'axe cérébro-spinal. Les plus courtes relient l'écorce aux ganglions centraux du cerveau (couches optiques, corps strié, etc.); les fibres

pyramidales descendent jusque dans la moelle épinière. — Les unes de ces fibres (p. ex. les f. pyramidales), sont descendantes et ont leurs cellules en haut — elles sont centrifuges par rapport à l'écorce. Les autres (p. ex. les fibres du ruban de REXL ou les fibres qui les prolongent jusqu'à l'écorce) sont remontantes, ont leurs cellules en bas; elles sont centripètes par rapport à l'écorce, dans laquelle elles se terminent par des arborisations terminales, au contact de cellules nerveuses (ou de leurs prolongements cellulipètes).

Sous le rapport de la quantité de fibres de projection qui partent de l'écorce, et la relient directement à des parties plus déclives du système nerveux, il y a une grande différence entre les divers territoires corticaux. Certains territoires en sont abondamment fournis, c'est-à-dire sont richement reliés à la périphérie ou à des parties déclives du système, par l'intermédiaire de fibres tant descendantes (centrifuges) que remontantes (centripètes). On les nomme « *centres de projection.* » L'écorce autour du sillon de

ROLANDO est le type d'un centre de projection. D'autres territoires corticaux, la majeure partie de l'écorce frontale, en partie l'écorce temporale, occipitale et la pariétale ont peu ou pas de fibres de projection, ne sont pas reliés directement à des parties plus déclives du système nerveux. Par contre ils sont reliés par de nombreuses fibres d'association aux autres territoires corticaux, surtout aux centres de projection. Ce sont les « centres d'association ». Cette distinction entre les centres corticaux de projection et ceux d'association, établie récemment par FLECHSIG, s'annonce comme étant de la plus grande importance physiologique.

Du reste, toutes les fibres à moelle des hémisphères semblent être des axones. Les prolongements cellulipètes des cellules corticales, quelque ramifiés qu'ils soient (fig. 201) ne dépassent pas la substance grise environnant leurs cellules d'origine, et aucun ne semble se myéliniser.

Au sortir des différents endroits de l'écorce cérébrale, les fibres de projection, les descendantes et les ascendantes, tendent toutes vers l'isthme de l'encéphale, et constituent la couronne rayonnante. Un peu plus bas, la plupart se condensent et se serrent dans la capsule interne (C, fig. 200), faisceau fibrillaire étalé en éventail d'avant en arrière entre la couche optique (co) et le corps strié (cs) en dedans et le noyau lenticulaire L en dehors.

La plupart des fibres descendantes de la couronne rayonnante, celles issues de l'écorce dite « motrice », aux environs du sillon de ROLANDO, traversent sans interruption la capsule interne et se continuent directement dans les fibres pyramidales du mésocéphale (pied pédonculaire et étage ventral du mésocéphale) et de la moelle épinière (faisceaux pyramidaux, le direct et le croisé). — Toutes ces fibres sont des axones des grandes cellules pyramidales de l'écorce rolandique.

D'autres fibres de la couronne rayonnante, la plupart comprises également plus bas dans la capsule interne, se terminent dans les ganglions centraux des hémisphères (corps lenticulaire, corps strié) et dans la couche optique (fig. 200). Les unes sont descendantes, les autres ascendantes. Parmi celles qui se terminent dans la couche optique, ou qui au moins traversent la couche optique, nous avons les voies centripètes conscientes, sensibles, celles du ruban de REIL et les voies optiques. Les fibres de la couronne rayonnante qui continuent le ruban de REIL vont se terminer dans l'écorce sensible dite « tactile », qui est précisément l'écorce motrice de plus haut, c'est à dire l'écorce rolandique. Les voies optiques se terminent dans l'écorce occipitale, les voies acoustiques dans l'écorce temporale, etc.

Plus ou moins mélangées dans la couronne rayonnante, les diverses fibres de projection se sont dissociés dans la capsule interne, de façon à ce que celles de même signification physiologique soient condensées en faisceaux. Plus vers le bas, elles ou, les neurones qui les continuent se dissocient de même et s'isolent de plus en plus, jusqu'à la périphérie. — Sur une coupe horizontale du cerveau, passant par la capsule interne, celle-ci est étendue d'avant en arrière (2, 3 fig. 202), comme nous venons de le dire, entre le noyau lenticulaire (n.l.) en dehors, la couche optique (c.o.) et le noyau caudé (n.c.) ou corps strié en dedans, mais de façon à former un angle ouvert en dehors. Des deux branches qui forment cet angle, l'antérieure est comprise entre le noyau lenticulaire et le noyau caudé; la postérieure, comprise entre le noyau lenticulaire et la couche optique (2' et 2''), a toutefois une partie rétro-lenticulaire (3). D'après DÉJÉRINE, la branche antérieure est exclusivement composée de fibres étendues entre la couche optique et l'écorce du lobe frontal. — La branche postérieure est composée de fibres qui gagnent des parties plus déclives des centres

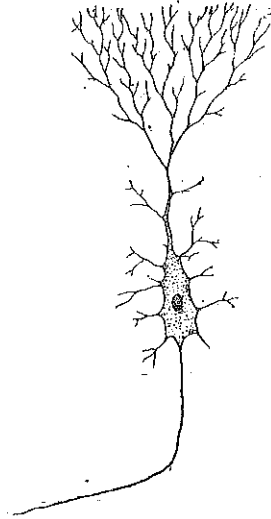


Fig 201.

qu'il se forme sur cette dernière une image des objets extérieurs. C'est aux milieux transparents de l'œil que revient ce rôle, décrit et expliqué sous le nom de « dioptrique oculaire. »

## DIOPTRIQUE.

**I. Théorie des lentilles.** — Comme introduction à la dioptrique oculaire, rappelons à grands traits la « théorie des lentilles. »

**Indice de réfraction.** — La lumière se propage en ligne droite, aussi longtemps qu'elle se meut dans un milieu homogène. Arrivée à un endroit où la nature du milieu change, autrement dit quand elle doit passer d'un milieu dans un autre, elle est partiellement réfléchiée vers le premier milieu (angle d'incidence égal à l'angle de réflexion); ce sont ces rayons qui rendent visibles les objets, ou plutôt les surfaces de séparation entre deux milieux. Partiellement, la lumière passe dans le second milieu; mais ici, elle ne poursuit sa direction primitive que dans un seul cas, celui d'une incidence perpendiculaire à la surface de séparation. Pour toutes les autres incidences, le rayon est dévié de sa direction primitive, mais continue de nouveau à suivre la ligne droite dans le second milieu: le rayon est *réfracté*, et le phénomène a reçu le nom de *réfraction*(1). 1° Le rayon incident *ab* (fig. 221) et le rayon réfracté *bd*

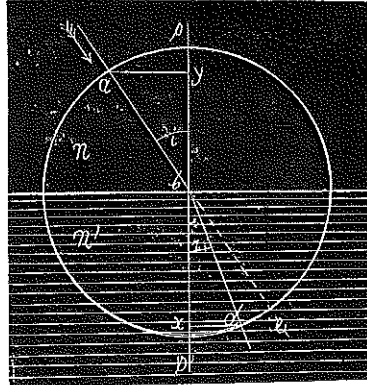


Fig. 221.

sont situés dans un même plan avec la perpendiculaire *pb* à la surface au point d'incidence. 2° L'angle d'incidence *abp* n'est pas égal à l'angle de réflexion *p'be*, mais avec deux milieux donnés, quelle que soit la grandeur de l'angle d'incidence, le rapport du sinus *ay* de l'angle d'incidence au sinus *zd* de l'angle de réfraction est toujours le même, c'est-à-dire ce rapport est constant:  $\frac{\sin i}{\sin r} = \text{const.}$  On désigne communément

par la lettre *n* la valeur constante de ce rapport  $\left(\frac{\sin i}{\sin r} = n\right)$ ; on le nomme aussi « indice de réfraction ». Règle générale, cet indice est plus grand que l'unité pour un rayon passant d'un milieu moins dense dans un milieu plus dense. Il y a toutefois des exceptions à cette règle; par exemple pour le rayon qui passe de l'alcool ou de l'éther dans l'eau (qui est plus dense), l'angle de réfraction est plus grand que l'angle d'incidence. Un corps qui a un indice de réfraction plus grand qu'un autre est plus « réfringent » que ce dernier. — Les indices de réfraction ont été déterminés pour le passage de la lumière de l'air dans les liquides et dans les solides les plus divers, l'indice pour un rayon passant du vide dans l'air étant pris comme unité. L'indice du quartz est 1,547 celui du Flint-glass 1,57 à 1,58, celui du Crown-glass 1,500, celui de l'alcool 1,373, et pour l'éther sulfurique il est de 1,358.

Si le rayon lumineux passe d'un milieu dans un autre moins réfringent (exemple: de l'eau à l'air), l'angle d'incidence est plus petit que l'angle de réfraction, le rapport

(1) Aux phénomènes optiques dus à la réflexion lumineuse, on donne souvent le nom de *phénomènes catoptriques* (ex. les images catoptriques = par réflexion); les *phénomènes dioptriques* (ex. une image dioptrique) sont dus à la réfraction de la lumière.

des deux sinus est plus petit que l'unité; sa valeur exacte est précisément l'inverse de celle de l'hypothèse précédente:  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n}$ ; le rayon réfracté s'éloigne de la normale, en passant d'un milieu plus réfringent dans un milieu moins réfringent.

Si l'angle d'incidence augmente de plus en plus dans le milieu le plus réfringent, l'angle de réfraction arrive à dépasser  $90^\circ$ , c'est-à-dire est renvoyé totalement dans le premier milieu: réfraction totale.

**Marche de la lumière à travers les lentilles.** — On distingue les lentilles en *sphériques* et en *cylindriques*, suivant le genre de courbure des faces. Nous nous occuperons ici des premières (nous dirons un mot des lentilles cylindriques à

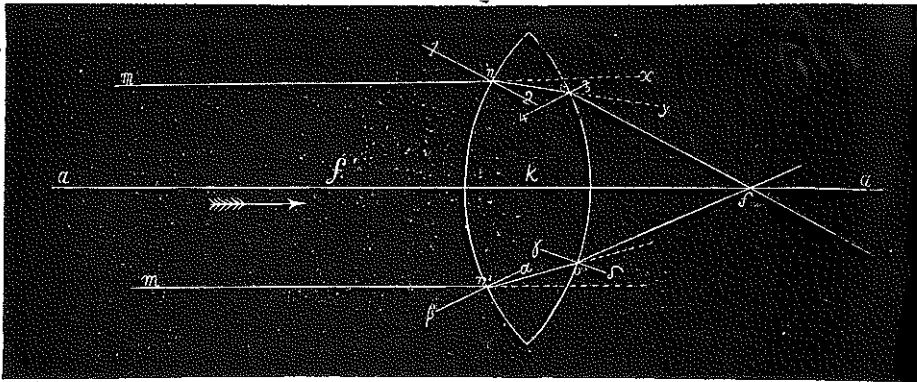


Fig. 222.

propos de l'« astigmatisme »). Les surfaces des lentilles sphériques sont des segments de surfaces sphériques plus ou moins courbes. Les lentilles sphériques se distinguent en biconvexes et en biconcaves, selon que leurs deux surfaces sont convexes ou concaves.

Soit (fig. 222) en premier lieu une *lentille biconvexe* en verre, située dans l'air. Supposons des rayons parallèles (venus d'une source lumineuse très-éloignée) entre eux et avec l'*axe optique a a'*, qui est la ligne passant par les milieux des surfaces de la lentille. Envisageons le rayon *mn*, parallèle à l'axe optique. Arrivé contre la lentille, il forme avec la normale en ce point de la surface, c'est-à-dire avec le rayon de courbure (1,2) l'angle d'incidence  $1m$  et l'angle de réfraction  $2ny$ . Ce dernier, situé dans le milieu le plus réfringent, est plus petit que l'angle d'incidence. Le rayon réfracté n'a donc pas la direction primitive  $mnx$ ; il se rapproche de l'axe optique.

Dans la lentille, le rayon considéré continue sa marche en ligne droite (*no*), et arrivé contre la seconde surface, il subit une nouvelle réfraction. Au point d'incidence, il forme ici avec la normale (4,3) (qui est le rayon de courbure) un angle d'incidence  $no4$  et un angle de réfraction  $yof$ ; mais cette fois le dernier, situé dans le milieu moins réfringent, est plus grand que l'angle d'incidence; le rayon se dévie donc encore davantage vers l'axe optique, qu'il ira couper en un point *f*, d'autant plus rapproché de la lentille que l'indice de réfraction de la matière de la lentille est plus grand et que la courbure des deux surfaces est plus forte.

Des considérations analogues montreraient que d'autres rayons parallèles à l'axe optique vont couper ce dernier en arrière de la lentille. De plus, un raisonnement géométrique ferait voir que les rayons qui ne sont pas trop éloignés de l'axe optique se coupent tous en un seul et même point de l'axe optique *f*, appelé « *foyer principal* » de la lentille.

*Le foyer principal d'une lentille biconvexe est le point de l'axe optique où tous les rayons*

parallèles à l'axe optique, venus de l'infini (de très-loin et de la même source lumineuse) se rencontrent réellement après avoir traversé la lentille. La distance  $kf$  du foyer principal au centre de la lentille est la distance focale principale. — Il est clair que si les rayons lumineux venaient en sens inverse, tombaient d'abord sur l'autre face de la lentille, ils formeraient encore un foyer principal  $f'$ , situé à gauche de la lentille, à la même distance de cette dernière que l'autre foyer principal. Une lentille biconvexe a donc deux foyers principaux, également éloignés de la lentille, un antérieur et un postérieur. — Si on mettait la source lumineuse dans un des foyers principaux, les rayons lumineux suivraient précisément la marche opposée (qu'on construira aisément), et seraient parallèles au sortir de la lentille.

Voilà donc élucidée la marche des rayons lumineux, la source lumineuse étant à l'infini, ou bien dans le foyer principal. Voyons quelle est la direction des rayons émergents si la source lumineuse occupe d'autres positions par rapport à la lentille — La source lumineuse étant à l'infini, les rayons vont tous se couper dans le foyer principal. Rapprochons la source lumineuse sur l'axe optique, et les rayons émergents iront se réunir encore en un seul point de l'axe optique, mais plus éloigné de la lentille que le foyer principal, ainsi qu'il est facile de se convaincre par une simple construction; ce point de réunion recule d'autant plus que la source lumineuse se rapproche davantage du foyer principal; la source lumineuse étant dans ce foyer, les rayons émergents sont parallèles, leur point de réunion est situé à l'infini, comme on dit. Rapprochons encore la source lumineuse, et les rayons émergents divergent: ils ne se réunissent plus en un même point, mais ont une direction comme s'ils arrivaient d'un point situé de l'autre côté de la lentille. — Les points de réunion des rayons lumineux venus de points intermédiaires entre l'infini et le foyer principal sont nommés foyers conjugués par rapport à la distance de la source lumineuse qui leur correspond. Il y a donc une infinité de foyers conjugués entre l'infini et le foyer principal; et quand on emploie le terme foyer conjugué, il faut toujours ajouter (au moins mentalement): foyer conjugué par rapport à telle ou à telle position de la source lumineuse. Le foyer principal est donc un foyer conjugué par rapport à l'infini, et l'infini est un foyer conjugué par rapport au foyer principal. — Le foyer conjugué par rapport à une position de la source lumineuse entre le foyer principal

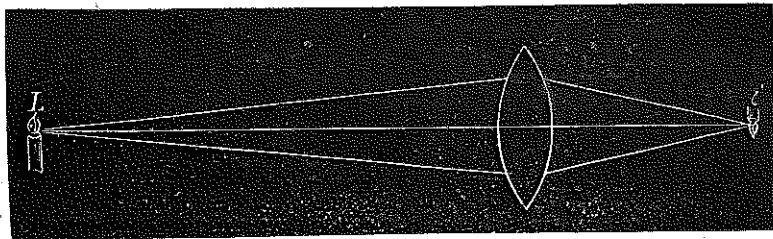


Fig. 223.

et la lentille n'est plus *réel*, mais *virtuel* (les rayons émergents ont une direction comme s'ils arrivaient de ce foyer virtuel).

Les foyers conjugués jouissent d'une propriété constatée pour les foyers principaux; si (fig. 223) on met la source lumineuse dans le foyer conjugué  $i$  par rapport à une certaine position  $L$  de la source lumineuse, le foyer se trouvera au point où tout à l'heure était la source lumineuse. — On peut donc remplacer le foyer conjugué par la source lumineuse et vice-versa, rien ne sera changé dans la marche des rayons lumineux, sinon leur direction. Ce principe est très-important; il trouvera des applications importantes plus loin, dans la théorie de l'ophtalmoscope.

Voyons la marche des rayons lumineux à travers une *lentille biconcave*. Considérons (fig. 224) des rayons parallèles entre eux et avec l'axe optique. Un de ces rayons  $mn$ , en arrivant sur la première surface de la lentille, forme avec le rayon de courbure

précédé, si nous considérons un objet situé à l'infini, chacun de ses points émettra vers la lentille un cylindre de rayons, qui tous vont se réunir en un foyer situé sur le rayon directeur. On démontre que l'ensemble de ces points focaux est situé dans un plan perpendiculaire à l'axe optique, à l'endroit du foyer principal. Pour un objet situé à l'infini (très-loin), on n'a donc qu'à mener les différents rayons directeurs — et il y en a autant qu'il y a de points lumineux dans l'objet — ; l'image de chacun de ces points se formera là où son rayon directeur coupe le plan focal

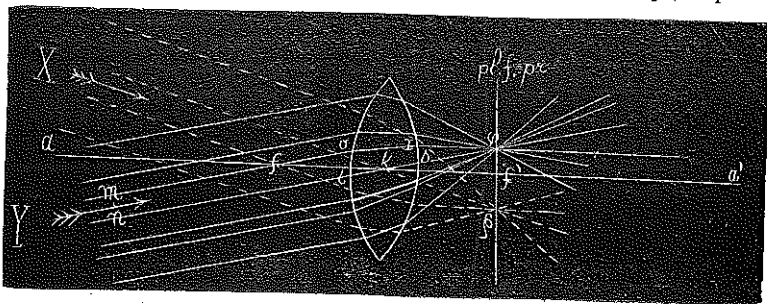


Fig. 226.

principal. On appelle *plan focal principal* (*pl. f. pr.*, fig. 226 et 227) le plan perpendiculaire à l'axe optique à l'endroit du foyer principal. Il y a deux plans focaux principaux, un *antérieur* et un *postérieur*, de même qu'il y a deux foyers principaux.

Pour un objet plus rapproché,  $m n$  (fig. 227), il y a un *plan focal conjugué* (*pl. f. c.*), plus éloigné de la lentille que le plan focal principal ; et même on voit qu'il y a une infinité de plans focaux conjugués, d'autant plus éloignés que l'objet est plus rapproché de la lentille. Le plan focal conjugué par rapport à un objet situé dans le plan

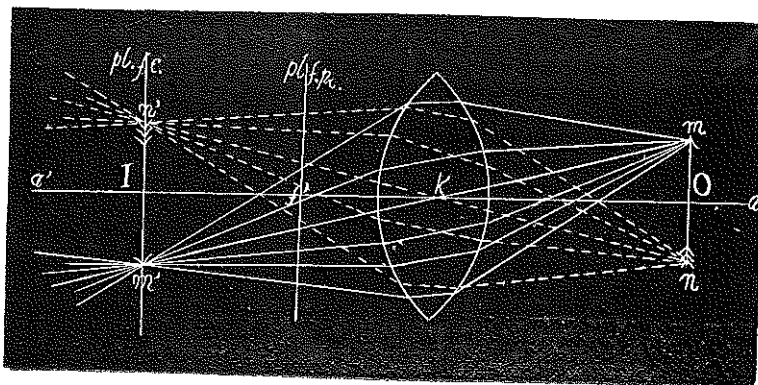


Fig. 227

focal antérieur est situé à l'infini, c'est-à-dire qu'il ne se forme plus d'image du tout — Si l'objet est situé entre le foyer principal antérieur et la lentille, il y aura à considérer un plan focal virtuel.

Si la lentille est biconcave, les plans focaux sont virtuels; ils sont coupés en un point unique par les prolongements des rayons partis d'un même point (rayons homocentriques). Les rayons directeurs, encore une fois, donnent la construction de l'image.

**Évaluation de la force réfringente des lentilles.** — Nous savons déjà d'une manière générale ce qu'il faut entendre par « pouvoir réfringent » ou « force réfringente » d'une lentille, cette propriété en vertu de laquelle la lentille influence la



*lentille*

marche des rayons lumineux, et qui est plus ou moins prononcé d'une lentille à l'autre. Nous comprenons aussi dès maintenant que de deux lentilles, celle qui a la distance focale la plus courte, doit avoir le pouvoir réfringent le plus fort, puisqu'elle dévie le plus la lumière. On démontre (et nous en entrevoyons la raison d'après ce qui précède) que le pouvoir réfringent d'une lentille dépend de la courbure de ses deux surfaces et de l'indice de réfraction de la substance dont elle se compose. Une lentille est d'autant plus " forte ", a un pouvoir réfringent d'autant plus élevé, que la courbure de ses faces est plus forte (que les rayons de courbure de ses faces sont plus petits) et que l'indice de réfraction est plus grand. Ainsi, pour que deux lentilles, une de verre ordinaire et l'autre de cristal de roche (ou de Flint-glass) aient même force réfringente, il faut que les rayons de courbure soient plus grands dans celle de cristal de roche (ou de Flint), dont l'indice est plus grand.

Supposons que nous ayons une série de lentilles biconvexes de même indice de réfraction et de même courbure, par conséquent des lentilles de même force réfringente, ayant donc toutes la même distance focale principale. Associations en deux, puis trois, quatre etc., et nous doublons, triplons, quadruplons etc. la force réfringente du système résultant.

Il y a moyen de construire des lentilles dont les pouvoirs réfringents sont les mêmes que ceux des combinaisons de deux, trois etc. lentilles de même pouvoir réfringent : nous aurons des lentilles deux, trois, quatre etc. fois plus fortes que la première.

La force réfringente d'une lentille a un rapport très-remarquable avec la distance focale principale, à tel point qu'ordinairement on détermine la force réfringente à l'aide de la distance focale principale (élément facile à mesurer). Prenons deux lentilles positives dont l'une a une force réfringente double de l'autre : on trouvera que la distance focale de la première n'est que la moitié de celle de la seconde; une lentille trois fois plus réfringente a une distance focale qui n'est que le tiers; une lentille six fois plus réfringente a une distance focale qui n'est que le sixième, etc. de celle qui sert de point de départ. Si donc nous doublons, triplons etc., la force réfringente, la distance focale n'est que la moitié, le tiers etc. En d'autres termes, la distance focale principale est en raison inverse de la force réfringente. Si  $F_r$  est la force réfringente

$\frac{1}{F_r}$  sera la distance focale correspondante. Inversement, si  $D$  est la distance focale,

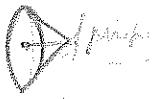
$\frac{1}{D}$  sera la force réfringente : la force réfringente et la distance focale sont en raison inverse l'une de l'autre.

## DIOPTRIQUE DE L'OEIL (MARCHE DES RAYONS LUMINEUX DANS L'OEIL).

**I. Première orientation.** — Une condition essentielle d'une bonne vision est, que des images aussi nettes que possible des objets extérieurs se forment au fond de l'œil sur la rétine. Les milieux de l'œil (cornée, humeur aqueuse, cristallin et corps vitré) pourraient être parfaitement transparents, la rétine et le nerf optique pourraient être tout à fait normaux, et cependant la vision serait défectueuse, si les conditions dioptriques, la force réfringente des milieux était telle qu'il ne se formât pas d'images rétinienne des objets extérieurs, ou que ces images fussent diffuses.

Nous avons donc à rechercher le rôle dioptrique de ces milieux transparents (leur transparence étant donnée) dans la production des images rétinienne.

L'œil a été comparé et peut l'être réellement à une chambre obscure munie



d'un système dioptrique collecteur. Les enveloppes fibreuse (scélrotique et cornée) et vasculaire (choroïde et iris) constituent les parois de la chambre obscure; la pupille est l'ouverture qui livre accès aux rayons lumineux; le système dioptrique collecteur est donné dans les milieux transparents, et les images se forment sur la rétine, membrane nerveuse étalée au fond de la chambre obscure.

Il est facile de se convaincre que les objets extérieurs forment sur le fond de l'œil une image renversée. On n'a qu'à exposer dans un endroit obscur un œil énucléé de lapin albinos devant trois bougies allumées et disposées en triangle; on verra par transparence à travers la scélrotique, au pôle postérieur de l'œil, une image très-petite et renversée des trois lumières. Dans l'œil humain, la réfraction est en somme la même que dans celui du lapin; on observe en effet la même image si, au pôle postérieur d'un œil de cadavre humain, on enlève les membranes (opaques à cause du pigment), et si on ferme le trou par du verre dépoli ou du papier translucide.

L'œil n'est du reste pas une chambre obscure simple; son ouverture est munie d'une lentille positive, car les milieux transparents jouent réellement le rôle d'une telle lentille. L'ouverture pupillaire serait généralement trop large pour que sans cette lentille il se formât au fond de l'œil une image un peu nette des objets extérieurs.

**II. Surfaces et milieux réfringents dans l'œil.** — La lumière rencontre dans l'œil trois surfaces réfringentes avant d'arriver à la rétine; elle subit donc une triple réfraction.

La première surface réfringente est la face antérieure de la cornée, située entre l'air et la substance cornéenne. Celle-ci est plus réfringente que l'air; son indice de réfraction est à peu près celui de l'eau. L'humeur aqueuse a le même indice de réfraction (ou à peu près) que la cornée; la surface de séparation entre elle et la cornée n'existe donc pas au point de vue dioptrique (ni au point de vue catoptrique: elle est invisible); la cornée et l'humeur aqueuse forment un tout dioptrique continu, constituent une lentille positive dont une seule surface est convexe (ménisque positif).

Le cristallin est plus réfringent que l'humeur aqueuse; la lumière est réfractée à sa surface antérieure, convexe, dans le même sens qu'à la surface cornéenne antérieure; les rayons homocentriques sont rendus encore plus convergents. A la face postérieure, concave (au point de vue de la lumière incidente), du cristallin, elle se dévie une troisième fois dans le même sens, car l'indice de réfraction du corps vitré est inférieur à celui du cristallin. — Cet indice du corps vitré est même égal à celui de l'humeur aqueuse (et à celui de la cornée), de sorte que le cristallin est une lentille biconvexe située au sein d'un milieu moins réfringent que sa propre substance. — En somme donc, les milieux de l'œil constituent un système dioptrique à effet positif (système collecteur), puisque toutes ces surfaces rendent les rayons homocentriques plus convergents.

**III. Constantes optiques de l'œil.** — On a calculé que le centre optique, cet élément si important pour calculer notamment la grandeur des images

rétiniennes, est situé tout près de la face postérieure du cristallin, à 5 mm. en arrière du sommet de la cornée, et à 15 mm. en avant de la rétine. La distance focale principale postérieure du système dioptrique de l'œil est donc de 15 mm. La longueur de l'axe antéro-postérieur de l'œil est de 20 mm. environ. — Tous ces chiffres sont arrondis pour la simplicité des calculs, ce qui peut se faire sans erreur appréciable.

En réalité, l'œil est plus long; il mesure en moyenne 25 mm. Mais pour les besoins ordinaires de la dioptrique oculaire, on peut sans erreur appréciable prendre pour constantes optiques de l'œil humain celles d'un œil sans cristallin, des dimensions que nous venons d'indiquer, dont la cornée aurait un rayon de courbure de 5 mm., et qui serait rempli d'eau. C'est là ce qu'on appelle l'« œil réduit » (DONNERS) — réduit à une seule surface réfringente.

Quelle est, par exemple, la grandeur de l'image rétinienne formée par un objet (ba, fig. 228) d'une hauteur de 6 mètres, situé à 10 mètres de l'œil? Le calcul très-simple

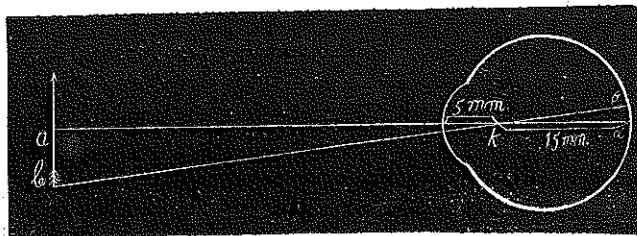


Fig. 228.

ressort de la figure. Les deux triangles semblables  $akb$  et  $\alpha k\beta$  donnent la relation  $\frac{x}{0,15} = \frac{6}{10}$ ,  $x = 0,09$  m. = la grandeur de l'image rétinienne, ou plutôt la grandeur de la corde sous-tendant l'image rétinienne; mais les deux sont sensiblement égales.

Si le cristallin manque dans l'œil, il reste la réfraction à la seule surface cornéenne. La force réfringente de ce système simple est moindre que celle de l'œil intact, sa distance focale principale est de 22 mm. comptée à partir du centre optique, coïncidant maintenant avec le centre de courbure de la cornée (situé en réalité à 7,7 derrière le sommet cornéen). Le foyer principal est situé en arrière de la rétine.

Le foyer principal antérieur de l'œil se trouve à 13 mm. au devant de la cornée.  $13 + 5 = 18$  mm. est donc la distance focale antérieure de l'œil. Cette asymétrie des deux distances focales principales est due à ce que le dernier milieu dans lequel se meut la lumière a un autre indice de réfraction que le milieu qui se trouve au devant de l'œil.

Le pouvoir réfringent du cristallin est sensiblement augmenté par une particularité de sa structure: on peut le décomposer en une série de lamelles emboîtées les unes dans les autres, et dont l'indice de réfraction augmente d'une manière continue jusque dans le centre du cristallin. On démontre qu'en vertu de cette disposition, le pouvoir réfringent de la lentille est plus élevé que si le cristallin avait dans toute sa masse un seul et même indice de réfraction, qui serait la moyenne entre la couche corticale et le noyau, ou même qui serait égal à celui du noyau.

## ACCOMMODATION.

**I. Preuves de l'accommodation dans l'œil.** — Dans l'œil normal, en vertu de la réfraction que nous venons d'envisager, il se forme sur la rétine une image nette d'objets très-éloignés : la rétine se trouve dans le plan focal principal du système dioptrique de l'œil. L'image rétinienne d'un objet rapproché de l'œil (par exemple des caractères d'impression tenus à 25 ctm.) sera nécessairement diffuse, en vertu de cette même réfraction. Et cependant, d'après l'expérience journalière, nous pouvons voir clairement à des distances très-diverses. — Ce qui est moins bien connu généralement, c'est que nous ne pouvons pas voir clairement *à la fois* des objets situés à des distances différentes. Des expériences très-simples permettent cependant de se convaincre qu'il en est ainsi. Il suffit de tenir devant l'œil, et dans la même direction, deux épingles à deux distances différentes. Le regard est dirigé sur toutes les deux et nous pouvons les voir clairement toutes les deux. Mais pendant qu'on fixe l'une, l'autre paraîtra diffuse, et vice versa. Ou bien encore on regarde à travers un réseau ou un morceau de gaze un arbre ou les maisons de l'autre côté de la rue : si on fixe la maison, alors le réseau sera vu diffusément; en fixant au contraire les mailles du réseau, on les verra nettement, mais la maison paraîtra indistincte. — Nous concluons donc que lorsque l'œil regarde de près, il n'est pas le même que s'il regarde de loin.

L'accommodation de l'œil à des distances différentes étant donc démontrée, voyons par quel mécanisme elle est obtenue. Quels sont les changements survenant dans l'œil lors de son *accommodation*?

**II. Changements survenant dans les milieux transparents lors de l'accommodation.** — Différentes possibilités se présentent a priori : la cornée pourrait changer de courbure; le cristallin pourrait avancer et reculer, augmenter et diminuer de courbure; les indices de réfraction des milieux pourraient varier; l'œil pourrait s'allonger et se raccourcir, par exemple sous l'influence d'une compression exercée par les muscles oculaires extrinsèques. L'expérimentation a prononcé entre ces différentes hypothèses : CRAMER, puis HELMHOLTZ, ont démontré qu'au point de vue dioptrique, l'accommodation est due à un changement survenant dans la courbure du cristallin. Dans la vision de près, ce dernier devient plus convexe, surtout sa face antérieure; il s'aplatit dans la vision de loin. Ce résultat a été obtenu en mesurant les grandeurs des images catoptriques (par réflexion) de Purkinje-Sanson, produites par réflexion sur les surfaces de séparation entre les milieux de l'œil. On mesure ces images, obtenues à l'aide du même objet lumineux, une fois pendant que l'œil fixe un point éloigné, l'autre fois pendant qu'il fixe et voit clairement un point rapproché.

Pour observer clairement les images par réflexion (fig. 229), on éclaire l'œil dans un appartement obscur, à l'aide d'une bougie. Des rayons partis de celle-ci

et qui tombent sur l'œil, une partie est renvoyée à chaque surface réfringente de l'œil; il y aura formation d'autant d'images qu'il y a de surface réfléchissantes (séparant deux milieux d'indices de réfraction différents), c'est-à-dire trois : une formée par la cornée, qui constitue un petit miroir convexe; la seconde formée par la face antérieure cristallin, convexe également; enfin, la troisième est formée par la réflexion à la face postérieure du cristallin, c'est-à-dire par un petit miroir concave. La plus facile à voir est l'image cornéenne; elle est droite et très-brillante, à cause de la grande différence de réfringence entre l'air et la cornée. Celle formée par la face postérieure du cristallin est encore assez facile à voir; elle est renversée, plus petite que la première, et assez brillante; si on meut la bougie, elle se déplace en sens inverse de la première, qui elle, en sa qualité d'image droite, se meut dans le même sens que la bougie. La troisième, la plus difficile à voir, est plus grande que l'image cornéenne, droite aussi, et très-peu éclairée; le regard doit la chercher profondément dans l'œil, derrière l'image cornéenne; elle se meut dans le même sens que cette dernière.

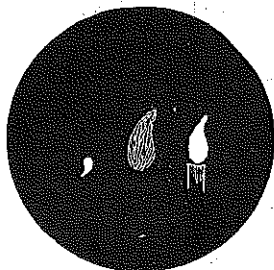


Fig. 229. — Images catoptriques dans l'œil.

Cramer et Helmholtz ont trouvé, et la chose a été amplement vérifiée, que l'image cornéenne ne se modifie pas quand l'œil change d'accommodation. L'image de la face antérieure du cristallin devient plus petite dans l'accommodation pour un endroit plus rapproché. L'image de la face postérieure du cristallin varie un peu dans le même sens, mais beaucoup moins que celle de la face antérieure. Conclusion : le cristallin devient plus convexe dans la vision de près, particulièrement à sa face antérieure; il s'aplatit dans la vision de loin.

Il ne faudrait pas croire que le peu d'éclat de la troisième image indique une réflexion des rayons lumineux moins abondante à la face antérieure qu'à la face postérieure du cristallin. Ces deux surfaces séparent des milieux réfringents identiques, elles réfléchissent à peu près la même quantité de lumière; seulement, pour l'une, cette quantité est éparpillée sur une plus grande surface que pour l'autre. — L'image cornéenne se voit à distance, au grand jour; elle constitue le « brillant » des yeux. — En pratique oculistique, la présence, dans un œil, des images catoptriques produites par le cristallin, est souvent le seul signe certain de la présence du cristallin.

On conçoit que l'exacte appréciation de la grandeur de ces images, et surtout la

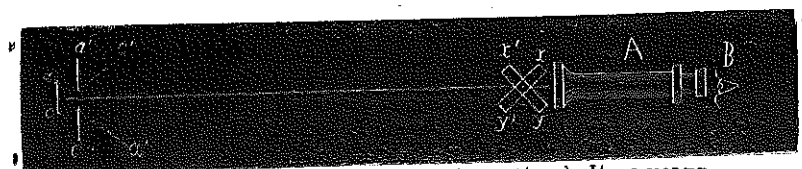


Fig. 230. — Principe de l'ophthalmomètre de HELMHOLTZ.

constatation de petits changements survenus dans cette grandeur, ne soit pas chose aisée. Voici le principe de l'« ophthalmomètre » de Helmholtz, instrument qui a servi à cet auteur à faire ses mensurations. On sait que si on regarde un objet à travers une plaque de verre dirigée perpendiculairement à la direction du regard, l'objet sera

vu dans sa véritable direction. Regarde-t-on obliquement à travers la plaque, alors l'objet semblera déplacé à droite ou à gauche, selon le sens dans lequel la plaque est inclinée. On peut aussi placer deux de ces plaques (fig. 230,  $a'y ay'$ ) l'une contre l'autre, et regarder l'objet  $ac$  à travers les deux, tout près de leur ligne de séparation (et à travers une lunette d'approche A). Si maintenant on incline les deux plaques

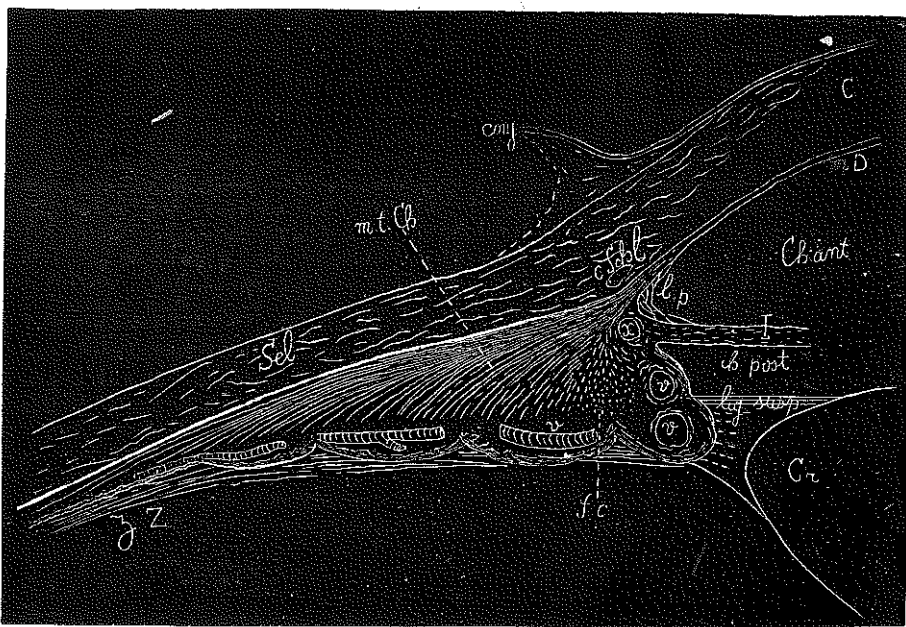


Fig. 231. — Région ciliaire de l'œil (coupe méridionale de l'œil). Disposition du muscle ciliaire. Disposition du ligament suspenseur du cristallin et ses rapports avec ce dernier. — *conj.* conjonctive; *Scl.* sclérotique, se continuant en avant dans la cornée transparente *C*, et renfermant le canal de Schlemm *c. Schl*; *mD* membrane de Descemet, se continuant dans le tendon du muscle ciliaire, tendon situé au côté interne du canal de Schlemm, et recouvert par le ligament pectiné de l'iris *l. p.* — *I.* iris; *ch. ant.* chambre antérieure; *ch. post.* chambre postérieure; *Cr* cristallin; *lig. susp.* ligament suspenseur du cristallin, inséré sur le cristallin en avant et en arrière de l'équateur du cristallin, ainsi qu'à cet équateur lui-même. Ce ligament suspenseur, nommé aussi zone de Zinn, composé de fibres hyalines, prend naissance à l'*ora serrata*, et de la face interne du corps ciliaire; il passe entre les procès ciliaires auxquels il adhère, et s'écarte vers l'équateur du cristallin. — Le corps ciliaire est un épaississement (triangulaire sur une section transversale) de la tunique moyenne (vasculaire et pigmentée) de l'œil. Ses éléments musculaires prennent deux directions différentes, et constituent deux petits muscles. Les uns ont une direction méridionale dans l'œil; elles s'insèrent en avant sur la périphérie de la membrane de Descemet (tendon du m. ciliaire = attache fixe), en arrière dans la choroïde (attache mobile): muscle tenseur de la choroïde *m. t. Ch.* (Блуждающая). Une autre portion du muscle ciliaire *f. c.* a une direction circulaire autour de l'œil. — *v.* veines à la surface interne du muscle ciliaire et dans les procès ciliaires; elles charrient vers l'équateur de l'œil le sang provenant de l'iris et du muscle ciliaire. *a.* grand cercle artériel de l'iris.

en sens opposé, l'une déplacera l'image à droite ( $a' c'$ ), l'autre à gauche ( $c' a''$ ); on verra l'objet double. En augmentant l'inclinaison des deux plaques, il arrivera que l'extrémité  $a''$  d'une image coïncide avec l'extrémité  $c'$  de l'autre: les deux images seront déplacées précisément de toute la grandeur de l'objet. Et cette grandeur pourra

être calculée si on connaît l'indice de réfraction des plaques, leur épaisseur et l'angle formé par elles au moment où les deux extrémités  $a''$  et  $c'$  coïncident.— Au lieu d'une lumière, on en met donc deux devant l'œil en expérience ; la grandeur qu'on mesure n'est pas celle d'une seule image, difficile à évaluer, mais la distance entre les deux images.

On a calculé de plus que le degré du changement observé dans le cristallin suffit pour expliquer toute l'accommodation, que par conséquent les autres facteurs possibles a priori, signalés plus haut, n'y entrent pour rien. D'ailleurs, il n'y a plus de trace d'accommodation dans un œil privé de cristallin (opéré de cataracte).

### III. Mécanisme de l'accommodation. Rôle du muscle ciliaire. —

L'accommodation étant expliquée au point de vue dioptrique, il reste à rechercher par quelles influences le cristallin change de courbure. Naturellement, il faut à cet effet des forces motrices, des fibres contractiles ; et dans l'œil, il n'y en a que dans l'iris et dans le corps ciliaire. Celles de l'iris doivent être écartées de nos considérations, par la raison que l'absence totale de l'iris, maintes fois observée, laisse le pouvoir accommodateur intact. Reste donc le muscle ciliaire. Pour arriver à nous former une idée de son mode d'action sur le cristallin, il faut partir des observations et des expériences suivantes.

1° Le cristallin extrait de l'œil et le cristallin d'un œil qu'on vient d'enlever du corps a toujours une forme plus sphérique que dans l'œil vivant. Abandonné à sa propre élasticité, il est plus convexe que dans l'œil vivant. Il faut donc que sur le vivant, des influences intra-oculaires octroient à la lentille une forme autre que celle qu'elle tend à prendre en vertu de son arrangement moléculaire. Il faut de plus que dans la vision de près, le muscle ciliaire vienne contre-balancer ces influences et permettre au cristallin de se rapprocher de la forme qu'il tend à prendre en vertu de sa propre élasticité.

2° Jamais, à l'état vivant, les procès ciliaires ne touchent l'équateur du cristallin. Ceci exclut toute théorie invoquant une compression de l'équateur cristallin par les procès ciliaires, lors des contractions des fibres circulaires du muscle ciliaire.

3° En provoquant des contractions du muscle ciliaire par l'excitation du nerf oculo-moteur commun, les mouvements de bascule d'aiguilles enfoncées à travers les membranes oculaires dénotent un glissement en avant de la choroïde et un peu du corps ciliaire, à la face interne de la sclérotique (HENSEN et VOELKERS). Ce glissement, on le conçoit, sera l'effet des contractions des fibres méridionales du muscle ciliaire [qui mérite donc pleinement le nom de *tenseur de la choroïde* (BRUECKE)], et de plus, des fibres circulaires.

4° L'observation ophtalmoscopique d'yeux opérés d'iridectomie, dans lesquels il manque un secteur iridien, a permis de voir (O. BECKER et COCCIUS) qu'au moment de l'accommodation pour une distance rapprochée (fig. 232), les procès ciliaires se déplacent un peu en avant et en dedans, sans cependant arriver au contact de l'équateur cristallin, qui fuit devant eux. En même temps l'iris avance un peu vers la cornée, poussé par l'augmentation de la courbure du cristallin.

Tous ces faits viennent à l'appui de la théorie suivante que HELMHOLTZ a émise touchant la manière dont le muscle ciliaire parvient à modifier la courbure du

cristallin. Le ligament suspenseur du cristallin tiraille constamment l'équateur de la lentille, et aplatit celle-ci pendant le relâchement du muscle ciliaire. A la suite d'une contraction du muscle ciliaire et du déplacement en avant (et en

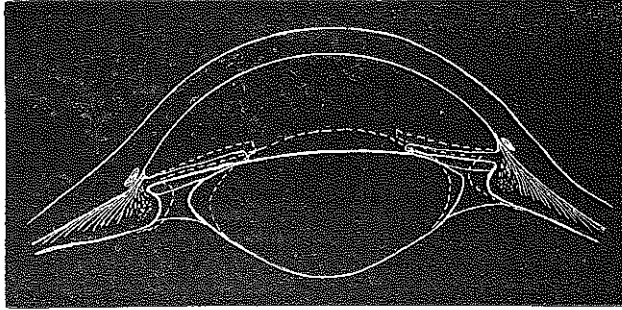


Fig. 232. — Changements qui surviennent dans le segment antérieur de l'œil lors de l'accommodation (d'après LANDOLT).

dedans) de la choroïde (et du corps ciliaire), la périphérie du corps vitré et les origines du ligament suspenseur à l'équateur oculaire, adhérant toutes intimement à la face interne de la choroïde et du corps ciliaire, sont poussées en avant, et en dedans, vers l'équateur du cristallin; le ligament suspenseur est relâché, et son tiraillement sur l'équateur cristallin diminuant, ce dernier peut se rapprocher d'autant de sa forme d'équilibre élastique, et devenir plus convexe. Les fibres méridionales et les circulaires concourent au même but.

#### **Théorie de TSCHERNING sur le mécanisme de l'accommodation.**

— La théorie de HELMHOLTZ sur le mécanisme de l'accommodation est aujourd'hui sérieusement battue en brèche par celle de TSCHERNING. A l'aide de certains procédés de vision entoptique qu'il serait trop long d'exposer ici, cet auteur s'est convaincu que lors de l'accommodation (pour des distances rapprochées), la courbure de cristallin augmente bien en son centre, contre l'axe optique, à ses deux pôles, mais qu'elle diminue vers l'équateur. D'autre part, il isole le grand cristallin du cheval, avec son ligament suspenseur; en tirant alors sur ce dernier, il voit la courbure du cristallin diminuer à la périphérie, vers l'équateur, et augmenter aux deux pôles. Il admet donc qu'à l'état de repos de l'accommodation, le ligament suspenseur ne tiraille nullement la lentille, mais bien lors de l'accommodation. Le cristallin, dit-il, est composé d'une part d'un noyau rigide, sphérique, qui aux deux pôles arrive à peu près contre la capsule, et d'autre part d'une masse corticale, plus molle et malléable, amassée surtout à l'équateur, et qui va s'amincissant vers les deux pôles. Lorsque, lors de l'accommodation, le ligament tiraille et étire la capsule à l'équateur cristallinien, la substance corticale se déplace vers l'équateur, se retire des pôles, où elle dénude le noyau sphérique: la courbure alors augmente aux pôles, et diminue vers l'équateur. — TSCHERNING suppose donc que lors des contractions du muscle ciliaire, les procès ciliaires, et par leur intermédiaire l'attache cristallinienne du ligament suspenseur sont attirés vers la périphérie, vers la sclérotique.

Il faudra, avant de se prononcer, attendre des éclaircissements ultérieurs, attendu que l'homme et le singe paraissent être seuls, de tout les mammifères, doués d'un pouvoir accommodateur sérieux, et que par conséquent les expériences de TSCHERNING faites sur l'œil du cheval (et du bœuf) sont peut-être sujettes à restriction.



**IV. Amplitude de l'accommodation ou pouvoir accommodateur.**  
**Terrain d'accommodation.** — L'accommodation peut être représentée par une valeur dioptrique, par une lentille convexe d'une certaine force réfringente (DONDEES). Soit, dans la figure 233, RR' l'écran rétinien, et la lentille C l'ensemble du système dioptrique d'un œil normal. La distance entre l'écran et la lentille

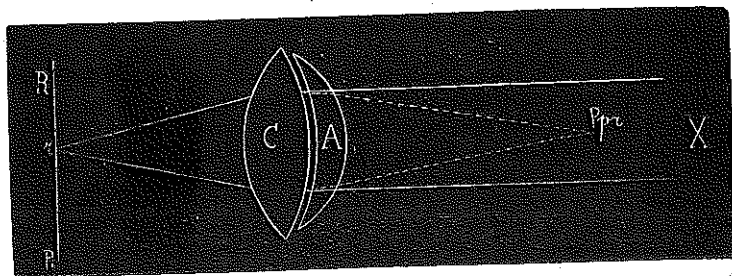


Fig. 233. — Représentation dioptrique du pouvoir accommodateur.

est telle que celle-ci réunit en foyer  $r$  sur la rétine des rayons parallèles, venus d'un point X situé à l'infini (très loin), et cela sans accommoder. Nous pourrions adapter cet œil pour une distance de 20 ctm., par exemple, en plaçant au-devant de lui une lentille positive de 20 ctm. de distance focale; cette lentille, que ce soit un ménisque positif A, rend en effet parallèles les rayons partis d'un point Ppr, situé à 20 ctm., au-devant d'elle; ces rayons, parallèles au sortir du ménisque, seront maintenant réunis en foyer sur la rétine. Sans la lentille A, ils tendraient à former un foyer conjugué derrière la rétine; ils formeraient sur celle-ci des cercles de diffusion. A l'aide de la lentille A, cet œil verra donc clairement la source lumineuse située à 20 ctm., en Ppr. — Nous pouvons représenter par une valeur dioptrique, par une lentille positive de 20 ctm. de distance focale, le pouvoir accommodateur de cet œil. Un autre œil, voyant clairement depuis une grande distance jusqu'à 8 ctm., aurait de même un pouvoir accommodateur plus fort, représenté par une lentille positive à distance focale principale de 8 ctm. Et ce pouvoir accommodateur, nous pouvons l'employer à volonté en tout ou en partie, selon que nous regardons à une distance plus ou moins courte.

Un œil normal qui accommode successivement de valeurs dioptriques doubles, triples, quadruples etc., c'est-à-dire de distances focales de 1 m.,  $\frac{1}{2}$  m.,  $\frac{1}{3}$  m.,  $\frac{1}{4}$  m. etc., rapproche le punctum proximum à un mètre, 33 centim., 25 centim., etc. Le même œil peut accommoder de quantités doubles, triples, etc. Les déplacements linéaires du punctum proximum pour des quantités égales d'accommodation, sont donc très inégaux (dans l'exemple donné, de 1 mètre, de 67 ctm., de 8 ctm. etc.). Ils diminuent d'autant plus qu'on se rapproche davantage de l'œil.

Ne pas confondre le *pouvoir accommodateur* ou *amplitude de l'accommodation*, une *valeur dioptrique*, avec le *terrain d'accommodation*, une *valeur linéaire*! — « L'amplitude de l'accommodation », c'est la force réfringente positive que l'œil peut s'ajouter en vertu des contractions de son muscle ciliaire.

Cette amplitude varie d'un homme à l'autre. — Le « terrain d'accommodation », est l'espace compris depuis le *punctum proximum* Ppr, qui est le point le plus rapproché pour lequel un œil peut encore s'adapter, et le *punctum remotum* Pr, qui est le point le plus éloigné pour lequel l'adaptation est possible. Dans les deux cas précités, le terrain d'accommodation s'étend depuis 20 et 8 ctm. jusqu'à l'infini.

Plus loin, nous apprendrons à connaître des méthodes pratiques pour déterminer le *punctum proximum* et le *punctum remotum*. Pour le moment, il suffit de dire qu'un œil normal, qui a son *punctum remotum* à l'infini, voit clairement à distance. — Le *punctum proximum* peut se déterminer en rapprochant de l'œil des fils très-minces (de toile d'araignée), ou des fils métalliques (optomètre à fils). En les rapprochant de plus en plus, l'œil saisit facilement la distance exacte à laquelle ils commencent à s'élargir, à pâlir; à ce moment, l'accommodation est en défaut, elle est impuissante à ramener sur la rétine le foyer conjugué par rapport à une aussi courte distance.

La situation du *punctum remotum* est donc une fonction de conditions purement physiques des milieux transparents de l'œil, tandis que la situation du *punctum proximum* est une fonction des contractions du muscle ciliaire. La réfraction de l'œil à laquelle est due la situation du *punctum remotum* est souvent désignée sous le nom de *réfraction statique*, en opposition avec la *réfraction dynamique*, c'est-à-dire l'accommodation. Celle-là existe encore dans l'œil énucléé, et peut encore être déterminée sur le cadavre; celle-ci a disparu avec la vie.

**V. Accommodation suivant les âges. Presbyopie.** — Des expériences répétées sur des centaines de personnes d'âges différents ont démontré : a) que le pouvoir accommodateur est sensiblement le même chez toutes les personnes du même âge : b) qu'il diminue progressivement à mesure que l'âge augmente, et cela déjà à partir de 10 ans, jusqu'à l'âge avancé, pour devenir nul vers 70-75 ans. Le *punctum proximum* recule donc de plus en plus, le terrain d'accommodation se rétrécit à partir de l'œil, et finit par s'effacer à 75 ans, quand Ppr coïncide avec Pr; alors on ne voit plus clairement qu'à de grandes distances. Autrement dit, le verre positif que nous pouvons ajouter à notre système dioptrique, grâce aux contractions du muscle ciliaire, a une distance focale d'autant plus grande que nous sommes plus âgés. Le tableau suivant indique cette diminution de l'accommodation, et la situation du *punctum proximum* (d'un œil normal) à différents âges.

Âge	Distance de Ppr. en centimètres.
à 10 ans . . . . .	7
15 . . . . .	8
20 . . . . .	10
30 . . . . .	14
40 . . . . .	25
50 . . . . .	40
60 . . . . .	100 = 1 mètre.
75 . . . . .	∞

Une conséquence pratique de ce qui précède, c'est qu'à partir de l'âge de 40-45 ans, un œil normal ne peut plus voir clairement à une distance plus rapprochée que 25 à 30 ctm., distance à laquelle nous plaçons pour les voir les objets fins, comme des caractères d'impression : on dit alors qu'on est devenu *presbyte*, qu'on est affecté de *presbytie* ou de *presbyopie*. La presbytie n'est donc pas une maladie, mais un état physiologique, aussi physiologique que l'apparition de la barbe à un certain âge.

Quant à la cause de cette diminution de l'accommodation par suite des progrès de l'âge, il ne faudrait pas la chercher dans une sénilité précoce du muscle ciliaire, sans exemple dans l'organisation, puisqu'elle commencerait déjà à 10 ans, alors que les autres muscles sont en plein développement. La raison en réside dans le cristallin, qui, se racornissant à partir de son centre, et perdant ainsi de son élasticité, ne peut plus se rapprocher autant de la forme sphérique. Le doigt qui écrase un cristallin âgé de 25 ans sent déjà un noyau central dur; à 75 ans, tout le cristallin est racorni; il est fixé dans une forme déterminée, et les contractions du muscle ciliaire n'ont plus de prise sur lui. — Le racornissement du cristallin est un fait homologue de l'exfoliation superficielle de l'épiderme; les fibres cristallines sont des cellules épidermiques transformées; celles qui occupent le centre de la lentille correspondent à la surface épidermique.

On remédie à la presbyopie en plaçant au devant de l'œil un verre convexe assez fort pour suppléer au déficit de l'accommodation, assez fort pour ramener Ppr à 25 ctm.

### ACUITÉ VISUELLE.

L'étude de la réfraction et de l'accommodation nous mène à parler de l'*acuité visuelle*, du pouvoir de distinction de l'œil, disons de la rétine. C'est même une question préalable à l'élucidation complète de la réfraction statique et dynamique. Réduite à sa plus simple expression, l'acuité visuelle, qui est avant

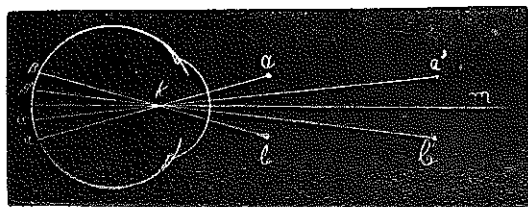


Fig. 234.

tout une *fonction rétinienne*, consiste dans la distinction, à l'aide de l'organe visuel, de deux points lumineux, ou plutôt de deux impressions rétiniennes punctiformes.

Fixons deux points noirs *a* et *b* (fig. 234) sur fond blanc, ou blancs sur fond noir, assez rapprochés l'un de l'autre, et éloignons-nous de plus en plus; il arrivera un moment où les deux points sembleront se confondre, et cela à une

distance d'autant plus petite que l'écartement des points est moindre. Que se passe-t-il entre-temps dans notre œil? Evidemment, il y a deux points rétinien éclairés sur fond obscur, ou deux points rétiens obscurs  $\alpha$  et  $\beta$  sur un fond éclairé. Ce sont deux images rétinien qui se rapprochent de plus en plus, à mesure que nous nous éloignons de l'objet; et si les deux impressions rétinien se rapprochent au delà d'une certaine limite, l'organe visuel ne les perçoit plus comme distinctes, mais comme une seule impression. Il est clair que le pouvoir de distinction sera d'autant plus grand que les deux impressions rétinien peuvent se rapprocher davantage sans confluer pour notre sens intime, et vice versa: l'acuité visuelle est en raison inverse de la grandeur de l'image rétinien qui est encore démêlée.

Nous ne pouvons pas aller mesurer la grandeur des images rétinien, ou plutôt l'écartement entre les deux points rétiens éclairés, mais la grandeur de l'image rétinien se calcule aisément (voir page 555) si on connaît la grandeur de l'objet et sa distance à l'œil. Souvent, on se dispense même de calculer la grandeur de l'image rétinien, et on n'envisage que l'angle visuel, l'angle  $akb$  formé par les lignes qui joignent les points extrêmes de l'objet au centre optique de l'œil, ou aussi à l'œil tout simplement. A une même grandeur de l'image rétinien correspond toujours le même angle visuel. A mesure que nous nous éloignons de nos deux points objectifs, l'angle visuel décroît, et pour une valeur limite de cet angle, les deux points se confondent. Plus l'angle visuel sous lequel se présentent les deux points peut devenir petit sans qu'ils se confondent, et plus l'acuité visuelle sera grande: l'acuité visuelle est donc

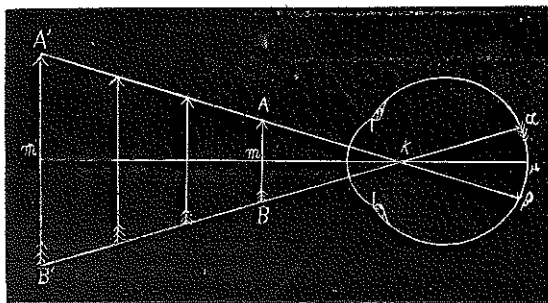


Fig. 235.

aussi en raison inverse du plus petit angle visuelle sous lequel nous distinguons encore deux points.

On remarquera aussi que la même image rétinien  $\alpha\beta$  (fig. 235) peut être produite par des objets de grandeurs très-diverses,  $AB, A'B'$  etc., placés à des distances différentes; il faut seulement que l'angle visuel soit toujours le même.

L'expérience a prouvé que la généralité des hommes distinguent encore deux points sous un angle visuel d'une minute. Cet angle a été adopté comme une moyenne, bien que chez beaucoup de personnes il descende à une demi-minute. Les personnes qui ne distinguent plus deux points sous un angle d'une minute (mais sous un angle plus grand) ont une acuité visuelle déficiente. Un angle

visuel d'une demi-minute correspond à une grandeur rétinienne de 3-4 mikromillimètres, c'est-à-dire à 3-4 cônes dans la *fovea centralis*.

Dans la pratique oculistique, on se sert pour déterminer l'acuité visuelle non pas de deux points, mais de lettres et de figures imprimées. L'acuité visuelle constitue un élément précieux de diagnostic pour beaucoup de maladies oculaires, notamment de la rétine. On admet qu'un œil à acuité visuelle normale distingue des caractères d'impression ordinaire sous un angle de 5 minutes (SNELLEN).

La grandeur d'une image rétinienne n'a donc aucun rapport direct avec la grandeur de l'objet, puisque le même objet peut produire des images rétiniennes de grandeurs très diverses, et que des objets de grandeurs très-inégaux peuvent produire la même image rétinienne. Nous ne voyons donc pas les objets avec leurs grandeurs véritables; nous les voyons sous une grandeur angulaire; mais nous jugeons de leurs grandeurs réelles à l'aide de toutes sortes de moyens non contenus dans l'impression rétinienne, comme du reste nous le verrons plus loin.

La question du plus petit angle visuel nous mène directement à celle (entamée déjà à la page 541) de savoir quels éléments rétiniens sont impressionnés par la lumière. En effet, pour que deux images rétiniennes punctiformes restent distinctes devant le sens intime, il faut que les éléments rétiniens sensibles à la lumière soient en aussi grand nombre et aient des dimensions aussi petites que l'exige le plus petit angle visuel. Les cônes et les bâtonnets satisfont à cette exigence dans la *fovea centralis*, sur laquelle se forment toujours les images des objets que nous fixons. — On pourrait même s'attendre à trouver une acuité visuelle encore plus grande que celle qui correspond à un angle visuel d'une demi-minute; ce dernier en effet correspond à 3-4 cônes de la *fovea centralis*. A cela on a répondu que pour que deux impressions rétiniennes soient perçues comme distinctes, il ne suffit pas qu'elles touchent deux cônes voisins, car une source lumineuse d'intensité double, formant son image entre les deux cônes et à cheval sur les deux, produirait le même effet; il faut que les deux impressions soient séparées par un cône non éclairé, ou moins éclairé que les deux autres.

Une question différente de la précédente est celle de l'unité photo-sensible de la rétine. Les imperfections dioptriques de l'œil (astigmatisme irrégulier, voir plus loin) et la diffraction de la lumière sur le bord pupillaire de l'iris rendent toujours plus ou moins diffuse l'image rétinienne d'un point lumineux. On a calculé qu'en vertu de ces imperfections du système dioptrique de l'œil, l'acuité visuelle ne pourrait pas être supérieure à ce qu'elle est, même en supposant que chaque cône soit composé à son tour d'un certain nombre d'éléments sensibles, distincts l'un de l'autre (ALTMANN, DUBOIS). La question de l'« unité rétinienne photo-sensible » n'est donc pas résolue par ce qui précède, et le fait que l'acuité visuelle réellement observée coïncide avec le maximum possible, vu les imperfections du système dioptrique, ne prouve rien en cette question.

— Nous croyons avoir démontré ailleurs qu'en réalité chaque cône de la *macula lutea*, se compose de plusieurs unités photo-sensibles. Les preuves sont tirées de certains phénomènes de vision entoptique, dont l'exposé nous entraînerait trop loin.

L'acuité visuelle est de plus une fonction de l'indépendance fonctionnelle des unités rétiniennes photo-sensibles (dans la *fovea centralis*). Il ne suffit pas qu'il y ait des points rétiniens sensibles à la lumière en assez grand nombre, et ramassés en un assez petit espace; il faut encore que l'influx nerveux provoqué par la lumière dans un de ces points, soit conduit isolément à travers les diverses couches rétinienne, jusque dans les centres psychiques. Effectivement, RAMÓN signale que dans la *fovea*, il n'y a pas la confluence, la réduction des voies d'innervation qui existe dans le restant de la rétine. A chaque cône de la *fovea* fait suite une voie à peu près isolées jusque dans les centres. Les cellules ganglionnaires y sont bipolaires. Dans le restant de la rétine, où l'acuité visuelle est beaucoup moindre, plusieurs cônes et plusieurs bâtonnets sont reliés à la même fibre du nerf optique (voyez p. 543).

## ACUITÉ VISUELLE SUIVANT L'ÉTENDUE DE LA RÉTINE.

**Champ visuel. Punctum coecum.** — L'acuité visuelle que nous venons de définir est celle de la *vision dite directe*, quand nous « fixons » l'objet que nous voulons voir. L'objet fixé forme son image dans la *fovea centralis* et dans son entourage immédiat. Mais pendant que nous tenons le regard immobile sur un point, nous voyons encore beaucoup d'autres objets. On a donné le nom de « *champ visuel* » (monoculaire) à l'ensemble des points que nous voyons pendant que le regard (d'un œil) reste fixé sur un seul point. Ce champ visuel occupe à peu près tout l'hémisphère de l'espace situé au devant de nous. On distingue la *vision directe*, qui se fait avec la *fovea centralis*, et la *vision indirecte*, qui se fait avec le reste de la rétine.

La grande déféctuosité de la vision indirecte ne manque pas de surprendre à sa première constatation. Qu'on tienne le regard immobile sur une lettre de cette impression, on distinguera à peine 5-6 lettres dans les diverses directions; le restant n'est pas reconnu. On ne distingue ces lettres que dans une étendue du champ visuel correspondant à un angle de 5° environ; un angle de 5° correspond à peu près à toute la *fovea centralis*. Avec un écart du point de fixation de 30°-35°, on ne compte plus les doigts à un mètre de distance. — La vision avec la *macula lutea*, et surtout avec le reste de la rétine, est donc très-défectueuse. — Et cependant, la vision indirecte est de la plus haute importance; elle sert à l'*orientation*, tandis que la vision directe sert à *voir*. A l'aide de la vision indirecte, nous remarquons la présence de quelque chose, surtout d'un mouvement insolite, et vite nous y dirigeons le regard pour *voir*. Sans la vision indirecte — cas qui se présente dans certaines maladies oculaires — on serait comme un individu qui voudrait se conduire dans la rue en regardant à travers un long tube étroit. — L'état inverse, c'est-à-dire l'absence de la vision directe, s'observe assez fréquemment : un tel individu s'oriente normalement dans la rue, mais ne distingue rien, pas même les traits de son interlocuteur.

La vision indirecte est donc de la plus haute importance. Très-défectueuse quand il s'agit de distinguer deux points voisins, c'est-à-dire pour « reconnaître les formes », elle est au moins aussi apte que la vision directe pour reconnaître la présence d'un corps, surtout si ce dernier est volumineux et s'il se meut (EXNER), c'est-à-dire si l'éclairage d'une partie rétinienne varie, ou si l'éclairage est intermittent (ДЕЛЪОЕУР). Nous ne remarquons pas les doigts placés aux confins du champ visuel; mais dès que nous les déplaçons, nous remarquons le mouvement de quelque chose : pour « voir » ce que c'est, nous y dirigeons le regard.

Chez beaucoup d'animaux, la vision paraît se réduire plus ou moins à celle que nous avons dans la périphérie rétinienne.

Nous connaissons donc un point remarquable dans le champ visuel, le point de fixation, correspondant à la *fovea centralis* de la rétine. Il y en a un second, très-remarquable aussi, mais moins important : le « *punctum coecum*, » tache aveugle ou tache de Mariotte. Comme son nom l'indique, nous ne voyons rien à ce niveau dans notre champ visuel. On peut s'en convaincre en fixant de l'œil

gauche (le droit étant fermé) et à la distance de 30 cm. environ la croix blanche de la figure 236 : la large tache blanche disparaîtra, et le fond noir y semblera

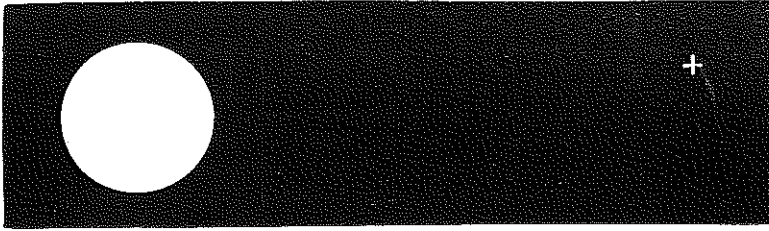


Fig. 236. — Démonstration de la tache d'aveugle du champ visuel.

continu. Une telle tache aveugle existe également dans l'œil droit, en dehors et un peu en bas du point de fixation. Elle correspond à l'entrée du nerf optique dans l'œil, à la papille du nerf optique (située en dedans et un peu en haut de la fossette centrale). Les objets extérieurs qui forment leurs images sur la papille ne sont pas perçus.

Une première orientation sur l'étendue du champ visuel s'obtient en se plaçant

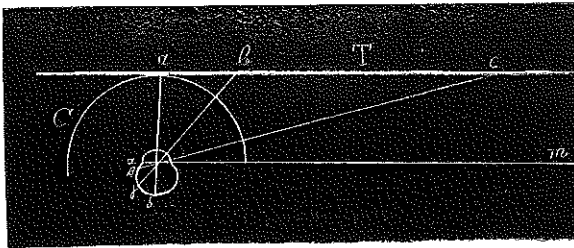


Fig. 237. — Schéma des expériences périmétriques.

au devant et assez près d'un tableau T (fig. 237), dont on fixe continuellement un point  $a$  ; de la périphérie du champ visuel on avance un objet lumineux vers le point de fixation, et on marque sur le tableau l'endroit où l'objet commence à devenir visible. On répète cela dans plusieurs méridiens, et en joignant les marques successives, on délimite un champ plus ou moins circulaire, disposé autour du point de fixation : on obtient ainsi une projection du champ visuel sur le tableau. La grandeur de cette projection dépendra naturellement de la distance à laquelle l'œil est placé devant le tableau. — Mais c'est là une délimitation assez défectueuse du champ visuel. Ce qu'on veut obtenir en effet, c'est de se former une idée sur le fonctionnement de la rétine ; on veut par exemple savoir à quelle zone rétinienne correspond une lacune anormale dans le champs visuel. Dans la figure 237, on voit qu'à des grandeurs égales de la rétine, ou à des angles visuels égaux, correspondent des étendues très-inégaux du tableau. A une portion périphérique de la rétine correspond une étendue beaucoup plus grande du tableau qu'à une portion entourant la *macula lutea*. Les grandeurs  $ab$  et  $ac$  du tableau ne se comportent pas comme les angles visuels, mais comme les tangentes de ces angles. Ensuite, en supposant (ce qui est le cas) que le champ

visuel s'étende dans l'une ou l'autre direction à plus de 90°, ce procédé ne permettrait guère d'en déterminer les limites. On arrive mieux à ses fins en relevant le champ visuel à l'aide du *périmètre*, consistant en un cerceau C (fig. 237) mobile autour d'un pivot, et dans le centre de courbure duquel on place l'œil à examiner. L'œil fixe le milieu *a* du cerceau, pendant que de la périphérie on avance un objet lumineux vers le point de fixation. L'angle limite du champ visuel, quand l'objet devient visible, se lit sur une graduation du

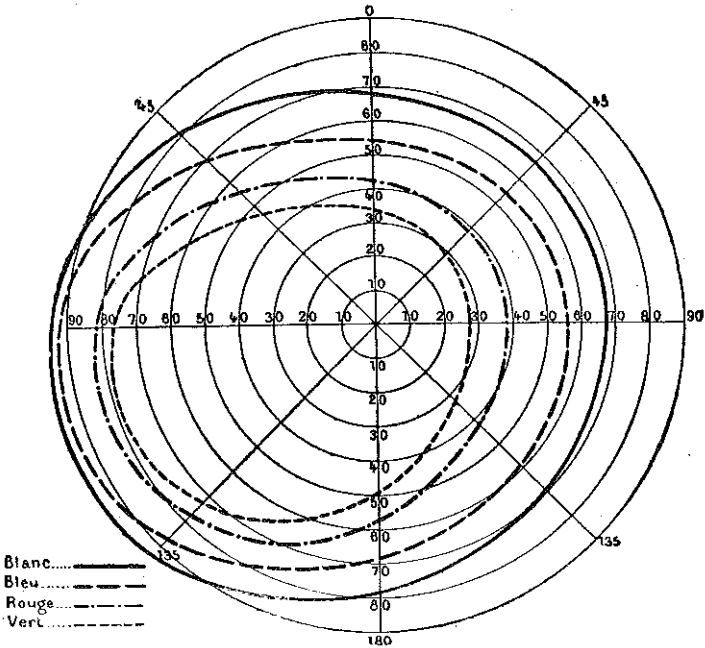


Fig. 238. — Schéma du champ visuel et des champs de couleurs de l'œil gauche (d'après LANDOLT).

cerceau. On répète cette manœuvre dans différents méridiens (en tournant le cerceau autour de son axe horizontal), et on obtient la *grandeur angulaire* du champ visuel. — Les résultats obtenus peuvent s'inscrire dans un schéma représentant une projection d'une demi-sphère. Le centre (fig. 238) correspond au point de fixation. Les cercles concentriques autour du point de fixation correspondent à des angles d'écart de 10° à 10°. La ligne externe, pleine, de cette figure, non concentrique autour du point de fixation, indique les limites du champ visuel (de l'œil gauche de LANDOLT), en dehors à 95°, en haut à 53°, en dedans à 47°, et en bas à 65°. Il est donc loin d'être circulaire. En dehors, il s'étend à plus de 90°; dans les autres directions il n'atteint pas les 90°. Du côté temporal, la partie rétinienne sensible à la lumière s'étend moins loin que du côté nasal; une zone rétinienne plus périphérique ne servirait qu'à voir notre nez. — Tous les champs visuels normaux se ressemblent.

On a beaucoup discuté sur la raison de cette énorme différence de l'acuité visuelle centrale et périphérique. Une plus grande distance entre les éléments rétiens sen-



sibles à la périphérie n'en est pas la raison ; il est vrai que les cônes sont plus minces dans la *fovea centralis*, mais pas au point d'expliquer cette énorme différence. — L'explication réside en partie dans ce que nous avons dit plus haut (p. 543) de l'indépendance fonctionnelle des cônes et des bâtonnets. Chaque cône de la *fovea centralis* a sa fibre nerveuse propre, tandis que dans la périphérie rétinienne, plusieurs cônes et bâtonnets sont reliés à une fibre nerveuse en commun. — Rappelons aussi (voir p. 546) que les cônes (plus serrés dans la fovea) paraissent servir à l'acuité visuelle, et les bâtonnets à la perception lumineuse surtout.

La tache aveugle ne se fait pas remarquer dans notre champ visuel comme une tache noire ; le champ visuel y paraît plutôt comme continu, sans que cependant nous y voyions quelque chose. Nous n'y voyons pas du noir, car si on emploie une figure où la croix et le cercle de la figure 236 sont noirs sur fond blanc, on voit le fond blanc uniforme au niveau de la tache aveugle. — Si nous fixons un papier portant un dessin quadrillé, le dessin paraît se continuer sur la tache aveugle. Cela prouve que notre esprit comble l'espace de la tache aveugle en y prolongeant la surface du fond environnant.

En temps ordinaire, nous ne remarquons pas cette tache, pas plus que nous ne remarquons les objets qui se trouvent en repos à la périphérie du champ visuel. La tache de Mariotte est certes l'objet le plus fixe (par rapport à notre corps) qui se trouve dans notre champ visuel ; et dans ses environs, l'acuité visuelle est aussi défectueuse qu'aux dernières limites du champ visuel. Cette explication (immobilité et acuité visuelle défectueuse) du fait que nous ne remarquons pas la tache aveugle nous paraît seule plausible. En réalité, la tache aveugle nous fait l'impression que nous avons de l'espace situé derrière notre tête : nous n'y voyons rien, ce qui n'est pas du tout du noir.

## AMÉTROPIE, ANOMALIES DE LA RÉFRACTION.

**I. Emmétropie, myopie, hypermétropie.** — Avec les notions précédentes sur l'acuité visuelle, nous avons des moyens pratiques pour déterminer le *punctum remotum*, qui nous donne l'état de la réfraction statique, et le *punctum proximum*, qui nous donne l'état de la réfraction dynamique, de l'accommodation. Nous sommes à même de compléter ce que nous avons dit de la réfraction et de l'accommodation.

Nous avons envisagé dans ce qui précède uniquement l'œil normal, celui dont la rétine se trouve dans le plan focal principal du système dioptrique, celui qui, en vertu de sa réfraction statique, est adapté pour de grandes distances. En réalité, peut-être le quart des yeux ne répondent pas à cette définition d'un œil normal, sans que cependant on puisse y voir rien de pathologique.

Il y a d'abord une catégorie très-nombreuse d'yeux qui ne voient bien à distance qu'à la condition de regarder à travers une lentille négative plus ou moins forte. Cela revient à dire que dans ces yeux, le foyer principal du système dioptrique tombe non pas sur la rétine, mais en avant de la rétine. Sans verre correcteur, cet œil voit mal à distance ; les images rétiniennees d'objets très-éloignés sont diffuses. En le munissant d'un verre négatif, nous avons allongé la distance focale principale du système combiné : verre négatif — milieux de l'œil ; nous avons refoulé le foyer principal sur la rétine, puisque avec le verre négatif, la vision d'objets éloignés est devenue distincte. En d'autres mots, nous

avons adapté cet œil pour l'infini. Les yeux de cette espèce sont dits *myopes*, et on nomme *myopie* (de *μυειν*, elignoter, ce que font les myopes, pour regarder) l'état de réfraction statique de ce genre.

Une seconde catégorie d'yeux voit bien à distance à travers des verres convexes. Le foyer principal de leur système dioptrique est situé derrière la rétine, puisque nous raccourcissons la distance focale en munissant l'œil d'un verre convexe. Dans le jeune âge, les yeux de ce genre, dits *hypermétropes* (*hypermétropie*), voient bien à distance, parce qu'ils accommodent, parce que leur réfraction dynamique ramène sur la rétine le foyer principal.

Au point de vue dioptrique, un œil normal, *emmétrope* (*emmétropie*), est adapté pour l'infini (autrement dit pour très-loin) en vertu de sa réfraction statique; sans accommoder, il réunit en un foyer  $f$  (fig. 239) sur la rétine des rayons homocentriques parallèles, provenant de très-loin. — Un œil *myope* a son

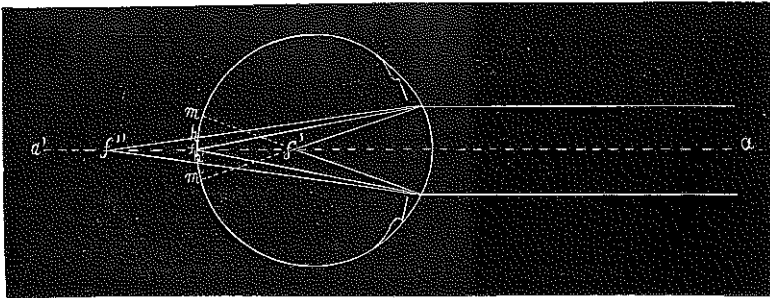


Fig. 239.

foyer principal  $f'$  au devant de la rétine; l'image rétinienne d'un point lumineux très-éloigné n'est pas un point, mais un cercle de diffusion  $mm'$ ; l'œil est adapté, en vertu de sa réfraction statique, pour une distance finie; sans accommoder, il réunit en foyer sur sa rétine des rayons homocentriques divergents. — Un œil *hypermétrope* a son foyer principal  $f''$  en arrière de la rétine; l'image rétinienne d'un point lumineux très-éloigné (si l'œil n'accommode pas) n'est pas non plus un point, mais un cercle de diffusion  $hh'$ ; l'œil n'est adapté, en vertu de sa réfraction statique, pour aucun point réel (ne peut voir clairement ni de loin, ni de près); il réunit en foyer sur sa rétine des rayons homocentriques convergents — et il n'y a pas de tels rayons dans la nature, à moins qu'ils n'aient passé à travers une lentille positive.

Quelles sont les raisons anatomiques de la myopie et de l'hypermétropie? — *A priori*, une différence dans la force réfringente (dans les rayons de courbure des surfaces réfringentes ou dans les indices de réfraction des milieux p. ex.) pourrait produire ce résultat; la longueur de l'œil serait la même pour les trois états de réfraction. Un œil myope aurait un système dioptrique plus fort, un œil hypermétrope l'aurait plus faible que l'œil emmétrope. — Le même effet pourrait être obtenu si, le système dioptrique étant le même dans les trois cas, la longueur de l'œil variait (fig. 240). L'expérience a prouvé qu'en fait la

dernière hypothèse est toujours réalisée : « œil myope » est donc synonyme d' « œil trop long », et l' « œil hypermétrope » est un « œil trop court »

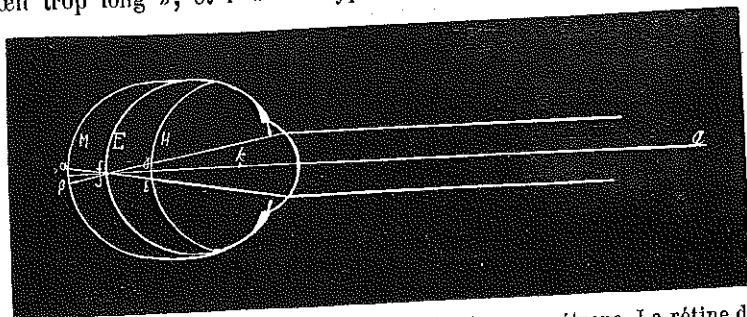


Fig. 240. — Schéma des yeux emmétrope, myopé et hypermétrope. La rétine de l'œil emmétrope E se trouve dans le plan focal principal du système dioptrique ; celle de l'œil myope M se trouve en arrière, celle de l'œil hypermétrope H se trouve en avant du même plan focal.

pour la force réfringente du système dioptrique, qui est la même dans les trois cas.

II. **Évaluation de la myopie et de l'hypermétropie.** — De même que l'accommodation, on peut représenter la myopie et l'hypermétropie par une valeur dioptrique.

Soit A (fig. 241) un œil myope. Des rayons parallèles (partis d'un point très-éloigné)

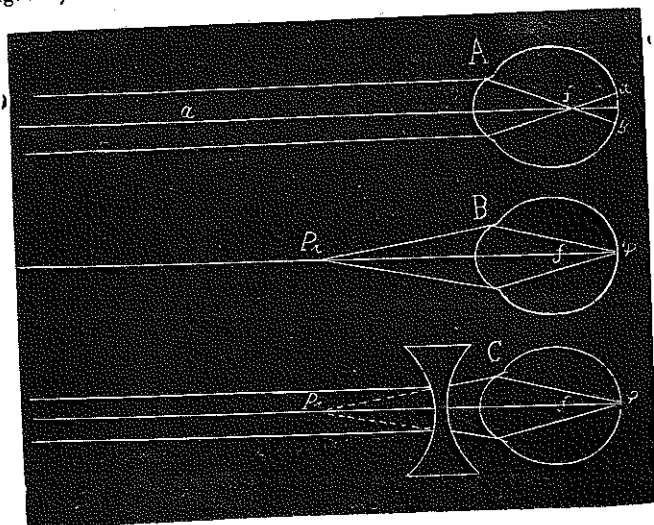


Fig. 241.

forment leur foyer  $f$  au devant de la rétine ; l'image rétinienne  $\alpha\beta$  d'un point lumineux très-éloigné sera un cercle de diffusion ; l'image rétinienne d'un objet très-éloigné sera diffuse. Soit (fig. 241, B)  $Pr$  (*punctum remotum*) le point le plus éloigné que cet œil peut voir clairement. Les rayons partis de  $Pr$  se réunissent donc en un foyer conjugué sur

la rétine; un objet, situé à la même distance sera vu distinctement. Pour que des rayons parallèles, venus d'un point très-éloigné, se réunissent en foyer sur la rétine, il faut (C, fig. 241) placer au devant de l'œil un verre négatif qui rend divergents les rayons parallèles, comme s'ils arrivaient du point Pr. Le verre qui produit cet effet *corrige* la myopie: il permet à cet œil myope de voir à distance. — Un œil myope qui voit bien à distance à travers une lentille négative de 25, 20, 33 etc. ctm. de distance focale a en quelque sorte de trop de lentilles positives de 25, 20, 33 ctm. de distance focale. Un œil ayant ainsi de trop une lentille de 25 ctm. de distance focale est plus myope qu'un autre qui n'a de trop qu'une lentille de 33 ctm. de distance focale; le premier est plus long que le second.

Soit ensuite un œil *hypermétrope*. Des rayons parallèles (fig. 242, A), partis d'un point très-éloigné, tendent à former leur foyer  $f$  en arrière de la rétine, si cet œil n'accommode pas. L'image rétinienne  $\alpha\beta$  d'un point très-éloigné sera un cercle de diffusion, et l'image rétinienne d'un objet éloigné (et plus encore celle d'un objet rapproché) sera diffuse. Et pour que cet œil voie bien à distance sans accomoder,

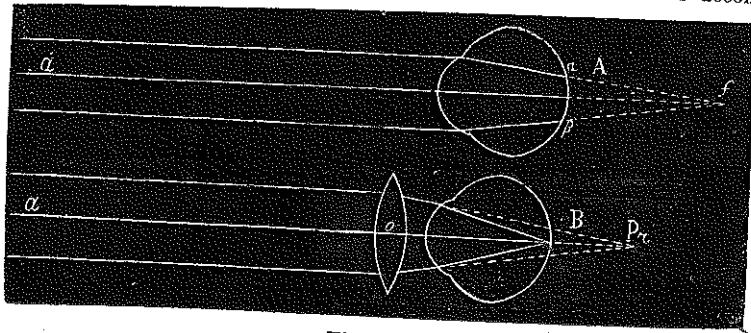


Fig. 242.

il faut placer au devant de lui (fig. 242, B) une lentille positive qui rende convergents les rayons partis d'un point éloigné, de manière qu'ils se réunissent en foyer sur la rétine. Le verre qui produit cet effet *corrige* l'hypermétropie. — A un œil qui voit encore bien à distance à travers une lentille positive de 20, 25, 33 etc. ctm. de distance focale, il manque cette force réfringente pour être emmétrope. L'œil auquel il manque ainsi (pour être emmétrope) un verre positif de 20 ctm. de distance focale est plus hypermétrope qu'un autre auquel il ne manque qu'un verre de 25 ctm. de distance focale.

Un œil myope est donc, en vertu de sa réfraction statique, en état de réunir en foyer sur la rétine des rayons homocentriques divergents. L'œil hypermétrope réunit en foyer sur la rétine, en vertu de sa réfraction statique, des rayons homocentriques convergents. Et comme il n'y a pas de ces derniers rayons dans la nature, il s'en suit que, sans accomoder, l'hypermétrope ne saurait rien voir clairement.

III. — **Accommodation dans les trois états de réfraction statique.** — Pour un même âge, le pouvoir accommodateur est le même dans les trois états de réfraction; les contractions du muscle ciliaire augmentent de la même quantité la force réfringente des yeux emmétropes, myopes et hypermétropes. Mais le terrain d'accommodation n'est pas le même dans ces trois cas, et c'est à cette circonstance que sont dues la plupart des particularités de la vision chez les myopes et chez les hypermétropes. Pour fixer les idées, envisageons trois yeux à l'âge de 20 ans, mais l'un emmétrope, le second myope, et le troisième hypermétrope.

L'emmétrope (E, fig. 243) peut, en vertu de son accommodation, ajouter à son système dioptrique une lentille positive de 10 ctm. de distance focale. Son punctum proximum est à 10 ctm. au devant de l'œil. Son terrain d'accommodation  $t. \alpha$  s'étend de 10 ctm. au-devant de l'œil jusqu'à l'infini.

L'œil myope (M, fig. 243) est dans le cas d'un œil emmétrope muni d'une lentille positive; supposons son *punctum remotum* à 17 ctm. au devant de l'œil. Cet œil, qui a déjà de trop une lentille de 17 ctm. de distance focale, en vertu de sa réfraction statique, peut encore y ajouter, en vertu de son accommodation, une lentille positive de même force que l'œil emmétrope du même âge. Le *punctum proximum* sera plus près de l'œil myope que dans l'emmétropie. Le terrain d'accommodation sera plus rapproché de l'œil, mais aussi plus petit, pour une raison analogue à celle (voir page 561) qui fait que si le *punctum remotum* est déjà ramené vers l'œil, une même accommodation raccourcit moins le terrain d'accommodation.

L'œil hypermétrope (H, fig. 243) a une lentille positive de trop peu; pour voir à distance, il use déjà cette force réfringente de son accommodation, et il ne lui en

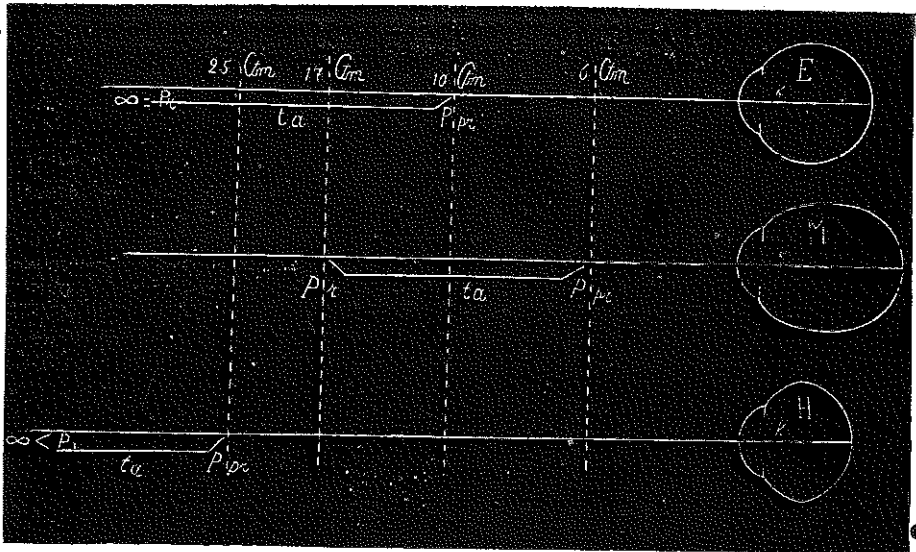


Fig. 243. — Schémas des terrains d'accommodation dans l'emmétropie E, la myopie M, et l'hypermétropie H. *ta*, terrain d'accommodation; *Ppr*, *punctum proximum*; *Pr*, *punctum remotum*.

reste donc plus autant qu'à l'emmétrope pour ramener le *punctum proximum* en deça de l'infini. Le *Ppr* sera, à âges égaux, plus éloigné de l'œil que dans l'emmétropie. Le terrain d'accommodation sera très grand, mais plus éloigné de l'œil que dans l'emmétropie.

Au même âge, le *punctum proximum* d'un œil myope est donc plus près de l'œil, celui de l'œil hypermétrope est plus loin de l'œil que dans l'emmétropie.

A mesure que l'accommodation diminue, *Ppr* s'éloigne de l'œil, et finit par se confondre avec *Pr*, une limite qu'il ne peut pas dépasser. Nous avons vu survenir la *presbyopie* de 40 à 45 ans chez les emmétropes. — Le myope de notre exemple conservera toujours son *punctum remotum* à 17 ctm.; il verra toujours clairement à cette distance, et ne remarquera guère la perte de son accommodation. Pour voir à 30 ctm., il devra même munir son œil d'un certain verre négatif,

Le myope ne voit donc pas bien de loin, mais bien de près. — L'hypermétrope doit déjà accommoder pour voir à distance; il accommode donc presque toujours à l'état de veille, alors que l'emmétrope n'accommode que quand il veut voir de près, et que le myope a encore moins besoin d'accommoder. Le muscle ciliaire de l'hypermétrope est donc pendant la veille dans un état de contraction à peu près continue, comme le muscle deltoïde d'un enfant que son magister a condamné à tenir pendant un quart d'heure par exemple le bras en l'air : au commencement, cela paraît un jeu; puis le muscle se fatigue, le bras retombe et est relevé aussitôt, le muscle devient très-douloureux, etc. De même aussi dans l'hypermétropie, surtout dans la vision de près: la lecture, par exemple, marche bien d'abord; puis le muscle ciliaire se relâche, et une innervation motrice plus énergique y remédie: les caractères d'impression pâlissent, s'entremêlent; enfin, la contraction du muscle ciliaire devient douloureuse, et ces douleurs irradiées dans le front constituent un mal de tête revenant à chaque essai de lecture. On a donné le nom d'*asthénopie* à ces troubles de la vision, à une époque où l'on n'en connaissait ni la raison, ni la manière d'y remédier à l'aide de verres positifs.

L'hypermétrope devient presbyte plus tôt que l'emmétrope; il peut l'être déjà à l'âge de 15 ans. Le myope ne devient jamais presbyte, mais à la condition que sa myopie soit un peu forte.

#### ASTIGMATISME.

Le nom d'astigmatisme ( $\alpha'$  privatif, *στιγμα*, point) s'applique à différents états de réfraction dont le caractère commun est, qu'après réfraction, des rayons homocentriques (partis d'un point) ne se réunissent plus en un point focal. Jusqu'ici, nous n'avons considéré que la réfraction dans les cas où la lumière partie d'un point objectif tend à se réunir en un point focal. Ceci est le cas si les milieux sont parfaitement homogènes, et si les surfaces réfringentes ont même courbure dans les différents méridiens, si elles sont sphériques. — Lorsque cette condition n'est pas réalisée, on parle d'astigmatisme. On distingue dans l'œil « l'astigmatisme régulier » et « l'astigmatisme irrégulier »; le premier, qui peut être corrigé par des verres appropriés, tient à une courbure inégale des méridiens de la cornée; le second, qui ne peut guère être corrigé, est dû à un manque d'homogénéité dans les milieux transparents, surtout du cristallin.

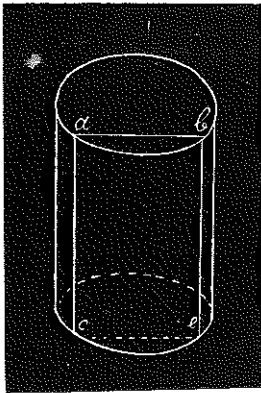


Fig. 244.

**I. Astigmatisme régulier.** — Un fragment découpé dans un cylindre en verre, comme cela est représenté dans la figure 244, a un maximum de courbure dans le sens horizontal; la courbure va de là en diminuant pour les autres directions; elle devient nulle dans le sens vertical. La réfraction de la lumière qui passe à travers cette « lentille cylindrique positive » — en supposant qu'on ait arrondi le fragment de verre en l'émoussant par ses angles — a un maximum dans le méridien horizontal, un minimum égal à zéro dans le méridien vertical, parallèle à l'« axe » de ce cylindre. — On imagine aisément un cylindre négatif, dont une face présente une courbure cylindrique concave.

Supposons que nous combinions ce cylindre positif avec une lentille sphérique : le système résultant aura un méridien avec un minimum de réfringence; celle-ci va en augmentant dans les autres méridiens et devient un maximum dans le méridien perpendiculaire au premier. — On fabrique des lentilles qui réunissent les deux effets; elles ont un maximum de courbure dans un méridien, et un minimum dans celui qui lui est perpendiculaire. Soit (fig. 245) une lentille positive de ce genre, dont le méridien horizontal  $hh'$  a une courbure plus forte que le vertical  $vv'$ . Des rayons homocentriques qui tombent sur cette lentille, ceux qui traversent le méridien horizontal se réuniront en foyer ( $ox'$ ) avant ceux qui traversent le méridien vertical; et quand ceux-ci, un peu plus loin ( $yy$ ), se réuniront en foyer, les premiers divergeront déjà.

Si à l'aide d'un écran nous interceptons le faisceau lumineux émergeant, nous trouvons (voir les figures pointillées) que ce n'est plus un cône, mais que la section du faisceau est elliptique, à long axe vertical. L'ellipse (1), d'abord grande contre la lentille, devient de plus en plus petite à mesure qu'on s'en éloigne : là où les rayons du méridien horizontal forment foyer, l'ellipse est devenue une ligne verticale (4) : *première ligne focale*. Un peu plus loin, l'ellipse reparait (5), pour devenir bientôt horizontale (7), puis une ligne horizontale (8) : *seconde ligne focale*, à l'endroit où les rayons du méridien vertical forment foyer. Au delà nous obtenons une ellipse horizontale de plus en plus grande (9 et 10). — Il ne se forme donc plus une image punctiforme du point lumineux; mais en deux endroits, son image aura un maximum de netteté, sous forme de lignes, dont une perpendiculaire sur l'autre.

Supposons un *œil astigmatique*; que le méridien vertical du système dioptrique ait la courbure la plus

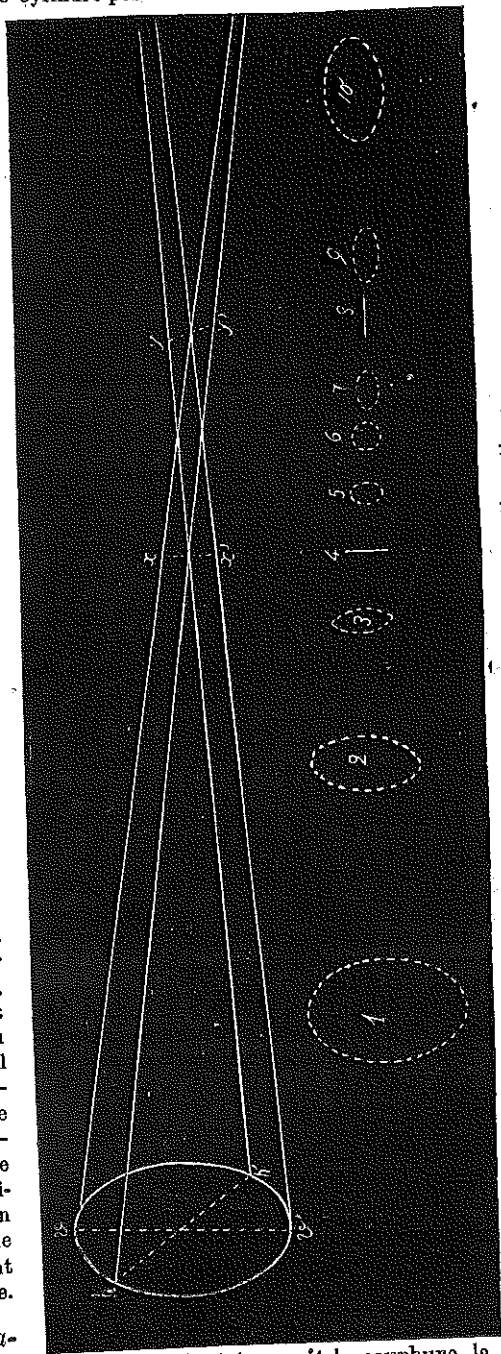


Fig. 245. — Schéma de la réfraction astigmatique.

forte (comme cela est ordinairement le cas). Nous pouvons obtenir cet effet en plaçant au devant d'un œil normal un cylindre positif avec l'axe horizontal. Les symptômes visuels seront les suivants.

1° Un point lumineux ne sera jamais vu comme un point; mais situé à deux distances déterminées, il apparaîtra avec un maximum de netteté, et cela sous forme d'une petite ligne verticale ou horizontale, selon que la première ou la seconde ligne focale tombe sur la rétine.

2° Des lignes, les unes verticales, les autres horizontales, ne seront jamais vues à la fois avec une égale netteté; quand on verra clairement les unes (en accommodant pour elles), les autres seront pâles, diffuses. Une ligne en effet est une succession de points. Soit A (fig. 246) une figure composée de deux lignes

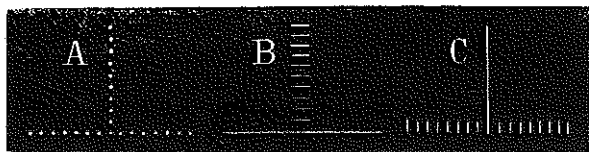


Fig. 246.

pointillées, l'une perpendiculaire sur l'autre. Si la première ligne focale (horizontale dans l'œil) tombe sur la rétine, chaque point sera allongé horizontalement, il aura des cercles de diffusion horizontaux. Ceux-ci se couvrant pour une ligne horizontale, ils sont comme non avenues; pour une ligne verticale, ils ne se couvrent pas, la ligne sera élargie et plus pâle que la première (B). L'inverse a lieu si (C), soit en éloignant les lignes, soit en accommodant plus fortement, nous faisons en sorte que la seconde ligne focale tombe sur la rétine.

3° Tous les objets, par exemple des caractères d'impression, sont vus allongés dans un sens (dans le sens des cercles de diffusion).

4° L'acuité visuelle sera en dessous de la normale; un tel œil ne reconnaîtra pas des lettres sous un angle de 5 minutes, puisque jamais un point objectif ne forme une image rétinienne punctiforme. Les contours seront diffus, au moins suivant un méridien.

5° Un astigmatisme verra mieux en regardant à travers une fente étroite (fente sténopéïque); on élimine ainsi tous les rayons qui ne tombent pas sur un méridien, et les rayons qui traversent ce dernier peuvent former un foyer punctiforme. Le même effet est obtenu en regardant à travers un petit trou percé dans un écran, le trou étant une petite partie d'une fente.

Presque tous les yeux sont affectés d'un degré plus ou moins prononcé d'astigmatisme régulier, dû à ce que la courbure de la cornée est plus forte dans le méridien vertical.

Voici des preuves de cet astigmatisme « physiologique » dont sont affectés les yeux réputés normaux. En regardant des traits noirs arrangés en étoile sur fond blanc, bien peu d'yeux voient tous les traits également noirs. — En tournant un verre cylindrique très-faible au devant de l'œil, de manière à renforcer (ou à diminuer, selon que le cylindre est positif ou négatif) la réfraction légèrement et successivement dans les différents méridiens de l'œil, on trouvera une position du cylindre dans laquelle



l'acuité visuelle est augmentée, et une autre dans laquelle elle est diminuée. Ou bien si on regarde l'étoile mentionnée, dans une position du cylindre la différence de netteté des traits est augmentée, et diminuée dans une autre. Évidemment si la réfraction était la même dans tous les méridiens de l'œil, on devrait voir également bien ou également mal avec toutes les orientations du cylindre. Le fait est que dans une position, le cylindre corrige, et dans l'autre renforce l'astigmatisme régulier dont est affecté tout l'œil.

L'astigmatisme régulier est souvent assez fort pour gêner la vision distincte. On peut le corriger en munissant les yeux de verres cylindriques appropriés.

**II. Astigmatisme irrégulier.** — Si les irrégularités de réfraction dans l'œil sont telles qu'elles ne peuvent pas être corrigées à l'aide de verres, on parle d'« astigmatisme irrégulier. » Des rayons homocentriques qui traversent un tel système ne se réunissent plus en un point focal, mais ordinairement en plusieurs points focaux. A peu près tous les yeux sont affectés d'un degré appréciable d'astigmatisme irrégulier, dû à ce que le cristallin n'est pas une lentille positive homogène. Rappelons-nous l'étoile aux deux surfaces du cristallin, visible sur le cristallin frais, et suivant les rayons de laquelle s'insèrent les fibres du cristallin. Cette disposition divise la lentille en plusieurs segments dont les pointes se touchent autour de l'axe antéro-postérieur. Ces secteurs n'ont pas une égale réfraction; non seulement ils ont des distances focales différentes, mais encore ils sont inclinés différemment, soit en avant, soit en arrière, autour de l'axe cristallin, de manière à produire des déviations prismatiques : ils ne sont pas « centrés ». Chaque secteur du cristallin a son foyer à lui, ce qui donne naissance à de la *polyopie monoculaire*, qu'on met en évidence de la manière suivante. Un grain d'amidon ou de poudre de lycopode est vu multiple lorsqu'il est placé à une distance de l'œil pour laquelle on n'est pas accommodé, le mieux à une très-courte distance. Certains yeux le voient double, les autres triple, etc. ; cela dépend du nombre de secteurs cristallins inégaux. Les deux yeux du même individu diffèrent sous ce rapport. — Les deux, trois etc. points se touchent souvent, forment étoile. C'est en grande partie à l'astigmatisme irrégulier du cristallin que nous devons de voir les astres — des points lumineux — sous forme d'étoiles, et non de points. A. DE HUMBOLT cite le cas d'un tailleur dépourvu d'astigmatisme irrégulier (et régulier), qui voyait les étoiles sous forme de points; cet individu avait aussi une acuité visuelle exceptionnellement bonne.

#### VISION ENTOPTIQUE.

On se plaint souvent à vanter l'extrême perfection de notre œil comme instrument d'optique. Le fait est qu'on construit des instruments d'optique infiniment supérieurs à notre œil, et il y aurait long à dire sur les *imperfections* de son système dioptrique. Ainsi, chaque œil est affecté d'un degré sensible d'astigmatisme régulier et irrégulier. Notre œil est affecté d'aberration chromatique, témoin les bords rouges ou bleus que nous voyons aux objets lumineux pour lesquels nous ne sommes pas parfaitement accommodés, surtout si nous recouvrons une moitié de la pupille. De plus, nos milieux transparents ne sont ni parfaitement transparents, ni parfaitement homogènes ;

telles parties absorbent ou réfléchissent un peu plus de lumière que le reste, et dans des circonstances favorables, projettent une ombre sur notre rétine; dans ce cas, nous voyons ces objets situés dans notre œil. Nous pouvons même voir les inégalités de transparence si nombreuses de notre rétine. Nous pouvons voir des détails de notre propre *macula lutea* et de la *fovea centralis*!

On donne le nom de *vision entoptique* à la perception visuelle de différentes parties de notre propre œil. — Voyons les conditions de visibilité d'un objet

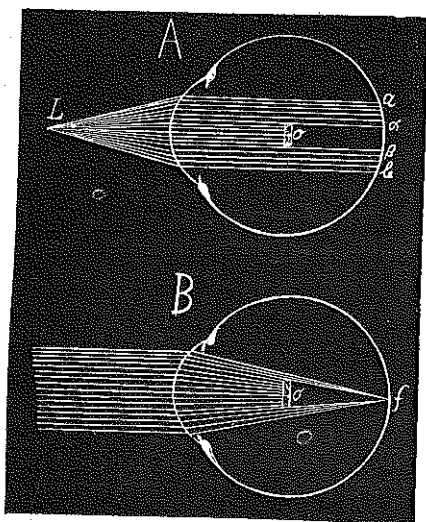


Fig. 247.

intra-oculaire; car en fait, tantôt nous voyons ces détails, et tantôt nous ne les voyons pas. A cet effet, supposons un petit corps opaque *o* (fig. 247) dans le corps vitré, un peu au devant de la rétine, et soit l'œil éclairé par une source lumineuse. Si nous sommes adaptés pour la distance de la lumière, par exemple (fig. B) si des rayons parallèles tombent dans un œil emmétrope qui n'accommode pas, si le foyer conjugué de la source lumineuse tombe sur la rétine, nous ne verrons rien du corps opaque; l'image rétinienne sera un peu moins éclairée que si ce dernier n'y était pas. Si au contraire nous ne sommes pas adaptés pour cette distance, il y aura une ombre projetée sur la rétine par le corps opaque. Ceci est surtout le cas si la source lumineuse,

le mieux un point lumineux, se trouve dans le foyer antérieur de l'œil (ou plus près encore), à 13 mm. au devant de la cornée (fig. 247 A), parce qu'alors les rayons tombent parallèlement sur la rétine; l'ombre projetée sera bien sensible.

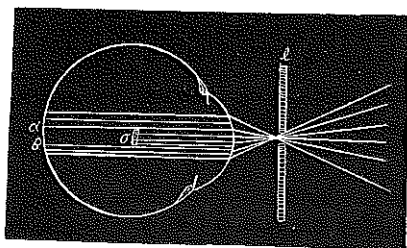


Fig. 248.

Cette expérience est réalisée avec une gouttelette de mercure qu'on rapproche de l'œil, ou encore (fig. 248) si à travers un trou d'épingle, percé dans un écran opaque (carte de visite) placé près de l'œil, nous regardons une surface uniformément éclairée, comme le ciel : les bords du trou, grâce à la diffraction de la lumière, deviennent l'objet lumineux. — A l'aide de ces

divers artifices, on voit dans le champ visuel les *mouches volantes*, des filaments, des grains, etc., qui nagent dans le corps vitré de l'œil le plus normal.

En clignotant pendant qu'on regarde à travers le petit trou, on voit le champ visuel traversé par une bande transversale, ce qui est dû à une zone de larmes sur notre cornée. — En couvrant et en découvrant un œil, le champ visuel circulaire de

l'autre, dirigé sur une surface blanche, s'élargit et se rétrécit : nous voyons les mouvements de notre propre iris.

On réussit même à voir les *vaisseaux* de sa propre *rétine*, voir même les *cônes* de sa propre *fovea centralis*. Pour voir tout l'arbre vasculaire de la rétine, on se place le soir dans une chambre non éclairée, et on imprime à la lumière d'une bougie un mouvement de va-et-vient, pendant qu'on fixe le mur. Bientôt on voit surgir sur ce dernier, dans des dimensions colossales, les gros vaisseaux rétinien avec leurs ramifications. Les vaisseaux sont des corps relativement opaques (situés dans les plans rétinien internes), qui projettent une ombre sur le plan rétinien sensible à la lumière, plan situé évidemment derrière les vaisseaux. H. MUELLER a calculé que ce plan devait coïncider à peu près avec la couche des cônes et des bâtonnets.

Enfin, en faisant osciller au devant de l'œil un écran percé d'un petit trou ou d'une fente étroite, à travers lesquels on regarde une large surface éclairée (ciel uni), on voit les petits vaisseaux et les capillaires qui entourent la *fovea centralis*; celle-ci elle-même (dépourvue de vaisseaux) est un petit champ circulaire dans lequel on aperçoit dans les circonstances favorables un dessin guilloché, composé de petits cercles qui représentent les cônes en cet endroit (NUEL).

### OPHTALMOSCOPIE.

**Visibilité du fond de l'œil.** — De ce que la pupille nous paraît noire sur le vivant, il ne faudrait pas conclure que la lumière qui a pénétré dans l'œil y est absorbée en totalité, et qu'aucune partie n'en est renvoyée à travers la pupille. En réalité, beaucoup de rayons lumineux sortent de l'œil par la pupille; mais les conditions de réfraction y sont telles qu'ils ne sauraient arriver dans l'œil d'un observateur; nous ne pouvons donc pas voir le fond de l'œil éclairé; la pupille doit paraître noire.

Souvenons-nous de la loi des foyers conjugués : *sans rien changer à la marche des rayons lumineux à travers une lentille, on peut remplacer l'image par la source lumineuse*. Soit L (fig. 223, p. 549) la source lumineuse, et *i* son image. Si à la place de l'image nous mettons la source lumineuse, les rayons tombant maintenant sur la lentille de droite à gauche, suivront à rebours le chemin parcouru tout à l'heure : l'image se formera là où se trouvait la source lumineuse. — Si nous plaçons en *i* un écran, il s'y forme une image de la source lumineuse qui renvoie des rayons vers la lentille, rayons qui la traversent et vont former une seconde image de (l'image), mais qui coïncide précisément avec la source lumineuse.

Un œil ne pourrait donc voir l'image *i* à travers la lentille qu'en deux positions : en se plaçant à l'endroit de la source lumineuse, ce qui supprimerait cette dernière, ou bien derrière celle-ci, et alors il ne verrait que cette source, puisque les rayons revenant de la lentille ont l'air de sortir de la source lumineuse.

Ainsi en est-il ordinairement de l'œil éclairé par une flamme : pour qu'un second œil pût recevoir des rayons émergents, il devrait se placer sur la direction des rayons qui de la lumière tombent sur l'œil examiné; et du coup, ces rayons seraient interceptés. Dans le cas où l'œil examiné est adapté pour la source lumineuse, ce qui en somme est ordinairement le cas, il est impossible que nous recevions dans notre œil des rayons qui en émergent.

Et cependant, depuis longtemps on savait que les yeux de certains animaux luisent dans l'obscurité, que nous voyons rouge la pupille des albinos. La raison en est que des rayons lumineux pénètrent à travers la sclérotique dans ces yeux, dépourvus de pigment; au sortir de l'œil, ces rayons suivent une toute autre voie qu'en y pénétrant. On avait aussi observé dans de rares circonstances une lueur rouge dans la pupille d'yeux humains non albinotiques (Voir p. 581).

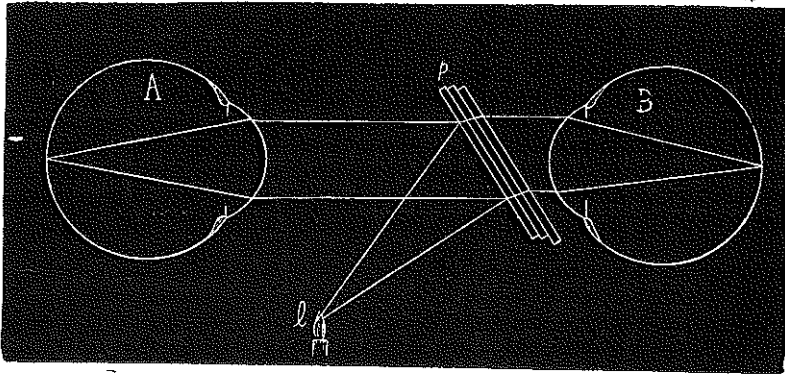


Fig. 249. — Schéma de l'examen ophtalmoscopique (à l'image droite). —  $l$  lumière;  $p$  pile de glaces faisant fonction d'ophthalmoscope; A œil examiné; B œil examinateur.

HELMHOLTZ a trouvé le moyen de voir luire le fond de l'œil humain, de placer son propre œil sur la direction des rayons qui émergent d'un autre œil, sans intercepter les rayons incidents. Soit A (fig. 249) l'œil examiné. Au lieu de l'éclairer par une lumière placée au devant de lui, plaçons la lumière  $l$  à côté, et soit B notre propre œil au devant duquel nous plaçons une pile de glaces  $p$  (par exemple de verres couvre-objets). Les rayons qui tombent sur cette pile la traversent en partie, mais beaucoup seront réfléchis. Nous pouvons donner à la pile de glaces une orientation telle que ces rayons soient renvoyés précisément dans l'œil observé. Au fond de ce dernier, il se forme une image de la source lumineuse, qui à son tour émet des rayons qui sortent de la pupille dans la direction des rayons incidents, mais à rebours. Les rayons émergents vont donc rencontrer la pile de glaces, contre laquelle une partie sera réfléchi vers la lumière; une autre partie traversera les glaces et arrivera dans l'œil de l'observateur, qui verra rouge la pupille de l'œil A, ou plutôt il verra le fond de l'œil rouge à travers la pupille.

Mais cela ne suffit pas pour voir les détails du fond de l'œil examiné. La condition de visibilité de ces détails est que les rayons partis d'un point de la rétine de l'œil A se réunissent en foyer sur la rétine de l'œil B. En fait, un œil examiné de cette manière n'accorde jamais; les rayons émergents partis d'un même point sont donc parallèles (si cet œil est emmétrope); et l'œil B (emmétrope aussi) les réunira en foyer, s'il n'accorde pas. Malheureusement, dans les premiers essais d'ophtalmoscopie, on accorde toujours, malgré soi, pour la distance assez petite à laquelle on sait que se trouve le fond de l'œil examiné. Apprendre à examiner le fond de l'œil à

l'aide de l'*ophthalmoscope* — c'est ainsi que HELMHOLTZ a nommé son instrument — revient en grande partie à apprendre à relâcher à volonté son accommodation. Si on ne parvient pas à relâcher le muscle ciliaire, on peut cependant voir le fond de l'œil en mettant au devant de son propre œil une lentille négative neutralisant exactement l'accommodation.

On voit ainsi (fig. 250) sur un fond uniformément rouge (rayons réfléchis par la nappe des capillaires choroidiens) les vaisseaux rétiniens, ou plutôt les colonnes sanguines rétiniennes comme flottant librement; la rétine et les parois des vaisseaux rétiniens sont absolument transparentes. Sur ce fond rouge se détache un disque blanchâtre A, la papille du nerf optique, de laquelle émergent les vaisseaux rétiniens, une artère (g) et une veine (h) qui se bifurquent dès leur entrée dans l'œil. — Le tout est agrandi de 15 à 20 fois, parce que nous regardons le fond de l'œil à travers une loupe, constituée par les milieux transparents de cet œil.

On peut aussi, à l'aide d'un artifice, voir les détails d'un œil myope et d'un œil hypermétrope, et même déterminer exactement l'état de réfraction de l'œil examiné. (Voir les traités d'ophtalmoscopie, où est expliqué aussi un second mode d'ophtalmoscooper, dit « à l'image renversée »).

On peut sans ophtalmoscope recevoir des rayons émergent d'un œil humain pigmenté, on peut en voir la pupille rouge, si cet œil n'est pas adapté pour la source lumineuse. Supposons (fig. 251) un œil fortement myope M, éclairé par une source

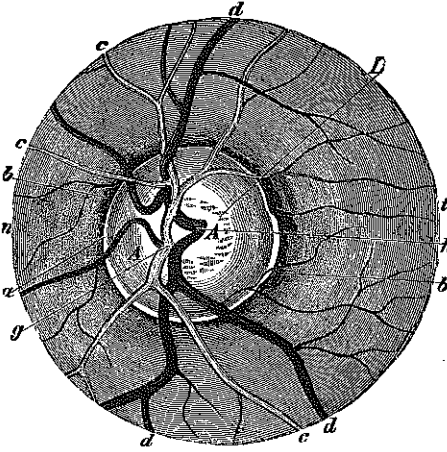


Fig. 250. — Fond de l'œil vu à l'ophtalmoscope, par le procédé de l'image droite.

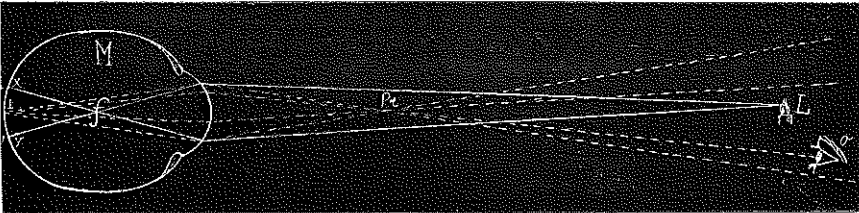


Fig. 251.

lumineuse L très-éloignée. Les rayons émergents (pointillés) convergeront vers le *punctum remotum* Pr (qui est le foyer conjugué par rapport à la rétine), puis divergent, et en grand nombre passent à côté de la source lumineuse : nous pouvons donc nous placer (en o) sur la direction de ces derniers, sans intercepter la lumière. Les premières observations de la lueur d'yeux humains pigmentés ont été faites sur des yeux myopes. — Enfin, soit un œil hypermétrope qui n'accommode pas, éclairé par une lumière située à une distance finie. La rétine est au devant du foyer principal, et les rayons émergents divergent; un œil observateur peut les recevoir sans masquer la source lumineuse. — Ici rentre la lueur des yeux de chats et de chiens par exemple, qui (de même que les yeux de tous les animaux examinés) sont fortement hypermétropes. On ne remarque la lueur de ces yeux que si on se trouve dans la direction de la source lumineuse, surtout dans une obscurité relative; en effet, pendant le

grand jour, nous ne remarquons pas cette lueur, quoique notre œil reçoive des rayons émergents, parce que leur intensité est trop faible, comparée à l'éclairage de l'animal et de tous les objets environnants.

### MOUVEMENT DE L'ŒIL.

Pour « voir », pour porter des « jugements visuels », il ne suffit pas que les rayons lumineux partis d'un point objectif se réunissent en un foyer punctiforme sur la rétine. Il faut à cet effet aussi des mouvements multiples de la tête, de tout le corps, et surtout des globes oculaires, ou plutôt il faut à cet effet qu'on apprécie très exactement les mouvements imprimés à l'œil, à la tête, et même à tout le corps (sensations musculaires).

Le globe oculaire peut être comparé à une tête articulaire mobile dans sa cavité articulaire (formée par la capsule de TÉNON) dans tous les sens, autour

d'une infinité d'axes passant par son centre de rotation, qui est fixe : dans les mouvements normaux, l'œil n'avance ni ne recule. Le centre de rotation coïncide presque avec le centre anatomique de l'œil (1,50 mm. en arrière de ce dernier). Quand donc le centre cornéen se dirige en dedans, en haut etc., le pôle oculaire postérieur exécute un mouvement en sens opposé. L'œil est une tête arthrodiale.

L'œil se meut sous l'influence de ses six muscles extrinsèques : droit supérieur, droit inférieur, droit externe, droit interne, grand oblique et petit oblique. Le centre de rotation de l'œil restant immobile, un muscle quelconque agit sur l'œil suivant un plan qui passe par le centre de rotation, l'origine fixe du muscle, et son insertion sur le globe oculaire. Ces éléments sont représentés dans le schéma de la figure 252. Les six muscles constituent plus ou moins

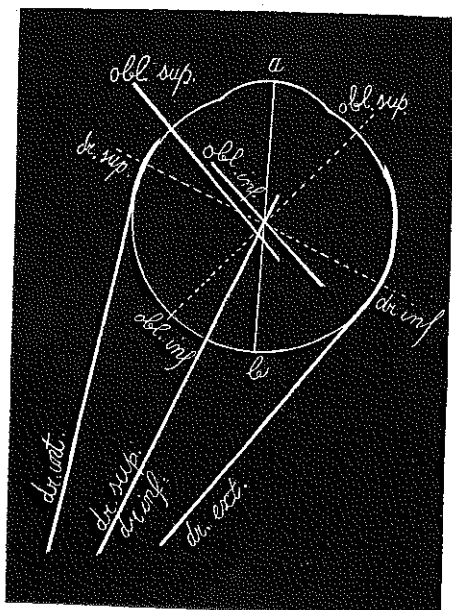


Fig. 252. — Schéma de la direction et des axes de rotation des muscles oculaires extrinsèques (d'après FICK). Coupe de l'œil droit et de ses annexes suivant un plan horizontal.

exactement trois paires de muscles antagonistes. Si nous supposons la tête droite, les deux yeux dirigés parallèlement devant nous et au loin; position dans laquelle tous les muscles moteurs de l'œil sont au repos, les contractions du droit interne et du droit externe impriment à l'œil des rotations autour d'un axe vertical; le droit supérieur et le droit inférieur produisent une rotation autour d'un axe horizontal (ligne pointillée), dirigé de la racine du nez à travers

le centre de rotation vers la tempe ; l'oblique supérieur (dont l'attache physiologique fixe est la poulie de renvoi) et l'oblique inférieur (lignes pleines), produisent une rotation autour d'un axe dirigé d'avant en arrière, et de dehors en dedans (ligne pointillée). Si les deux obliques agissent simultanément, le centre cornéen se déplace en dehors. Si l'oblique inférieur agit seul, le centre cornéen se déplace en haut et en dehors, et en même temps l'œil subit une rotation autour de son axe antéro-postérieur *ab* telle que l'extrémité supérieure du méridien vertical s'incline en dehors. Si le grand oblique agit seul, le centre cornéen se déplace en bas et en dehors, et l'œil subit autour de son axe antéro-postérieur une rotation telle que l'extrémité supérieure du méridien vertical s'incline en dedans. Le droit interne dirige le centre cornéen en dedans, le droit externe en dehors. Le droit supérieur déplace la cornée en haut et un peu en dedans, et donne de plus une légère rotation autour de l'axe antéro-postérieur, tourne l'extrémité supérieure du méridien vertical en dedans. Le droit inférieur déplace la cornée en bas et un peu en dedans, et incline en dehors l'extrémité supérieure du méridien vertical.

De par les muscles, tous les mouvements rotatoires imaginables sont donc possibles ; la cornée peut être tournée dans toutes les directions, si plusieurs muscles agissent simultanément. En même temps, l'œil pourrait subir des rotations les plus diverses autour de son axe antéro-postérieur. Mais il se trouve que dans les mouvements exécutés réellement, les rotations de l'œil autour de son axe antéro-postérieur sont à peu près absolument évitées.

Un mouvement oculaire quelconque suppose donc l'intervention d'au moins deux muscles oculaires. Nous avons vu en effet qu'à l'exception peut-être des droits interne et externe, la contraction de chaque muscle imprime à l'œil une rotation autour de l'axe antéro-postérieur, chaque fois qu'elle déplace le sommet cornéen. Il faut donc qu'un ou plusieurs muscles viennent par leurs contractions empêcher cette rotation qui tend à se produire.

Si à partir d'un point nous déplaçons le regard le long d'une ligne droite — supposons-la horizontale — jusqu'à un autre point, *la ligne de regard* ou *ligne visuelle* (les deux lignes diffèrent un peu), tirée du point fixé vers la *fovea centralis*, décrit un plan. L'œil se meut autour d'un axe de rotation fixe, perpendiculaire au dit plan, c'est-à-dire perpendiculaire aux deux positions extrêmes de la ligne de regard.

La ligne visuelle aurait pu aussi être portée dans la seconde position suivant une foule d'autres chemins, plus indirects. Enfin, dans la seconde position, l'œil pourrait avoir subi une rotation autour de son axe antéro-postérieur. L'expérience a prouvé qu'en réalité, dans la vision ordinaire, surtout avec les lignes visuelles parallèles (dans la vision au loin), une rotation, ou plutôt un déplacement quelconque de l'œil s'opère autour d'un seul axe fixe, perpendiculaire à la direction initiale et à la direction nouvelle de la ligne de regard (loi de LISTRING). Le point de fixation se déplace suivant une ligne droite.

On remarquera d'abord que cette manière de se mouvoir est la plus simple (pour une sphère quelconque). — La signification physiologique de cette loi est toutefois plus profonde. On démontre que de cette manière l'orientation est la plus facile. D'abord, pendant que l'œil se meut, le même objet forme successivement sur différents endroits de la rétine des images, plus ou moins dissemblables à cause de la perspective, et ces dissemblances se réduisent à un minimum pour le mode de mouvement indiqué. En second lieu, de cette manière, l'orientation des différents méridiens

de l'œil par rapport à l'orbite est donnée pour une situation déterminée de la ligne de regard (loi de DONDERS). Supposons que dans le regard en haut et en dehors de la ligne de regard, l'œil puisse exécuter autour de son axe antéro-postérieur une rotation plus ou moins grande, soit à droite, soit à gauche; il s'en suivrait que dans la même direction du regard, une ligne verticale, par exemple, pourrait former son image tantôt sur un méridien oculaire, tantôt sur un autre — ce qui rendrait difficile, sinon impossible, notre orientation à l'aide de nos sensations visuelles.

La démonstration de la loi de LISTING dépasserait de loin les limites mises à ce livre. Elle se fait à l'aide d'une méthode ingénieuse, dans laquelle on utilise les images accidentelles négatives, et qui a été imaginée par DONDERS.

HUECK (1833) croyait avoir démontré que si nous inclinons la tête latéralement, le méridien vertical de l'œil reste néanmoins vertical. L'œil devrait donc subir une rotation autour de son axe antéro-postérieur qui compenserait l'inclinaison de la tête, rotation qui pourrait aller jusqu'à 90° et plus! JAVAL (1866) démontra (à l'aide de l'astigmatisme régulier) que dans ces circonstances, il y a réellement une telle rotation compensatrice, mais plus faible. MULDER (1875, avec DONDERS) montra que cette rotation est très-sensible immédiatement après l'inclinaison de la tête, et qu'elle diminue à l'instant même, au point qu'il n'en reste bientôt plus que des traces, même dans les plus fortes inclinaisons latérales de la tête. Ces mouvements oculaires sont réflexes, provoqués par des innervations parties du vestibule de l'oreille (voir sens de l'équilibre). Leur but est de maintenir l'orientation de l'œil lors des inclinaisons latérales de la tête.

**Innervation des muscles oculaires extrinsèques. Coordination de ces innervations.** — D'après ce qui précède, les mouvements d'un œil considéré isolément ne sauraient être que très-rarement l'effet de la contraction d'un seul muscle; les seuls mouvements d'adduction et d'abduction sont peut-être dans ce cas. Un déplacement du regard en haut et en dehors par exemple suppose l'intervention du droit supérieur et du droit externe; en outre, la rotation anormale que tend à produire le droit supérieur autour de l'axe optique, doit être corrigée par une contraction du petit oblique.

Pour ce qui est de l'innervation des muscles oculaires extrinsèques en particulier, voir « nerfs crâniens ».

Ce qui complique encore les innervations des muscles oculaires, c'est que les deux yeux sont toujours innervés simultanément, et cela dans des combinaisons très-diverses. Ainsi, dans les simples mouvements de latéralité, le droit interne d'un côté agit avec le droit externe du côté opposé. Dans les mouvements de convergence, les deux droits internes agissent à la fois. — Il faut supposer un *mécanisme d'innervation de convergence*, qui innerve à la fois les deux droits internes, et un *mécanisme d'innervation de direction*, du mouvement latéral, qui innerve simultanément un droit interne avec le droit externe du côté opposé. Ces deux mécanismes fonctionnent simultanément quand par exemple nous voulons regarder un objet situé près de nous et vers la droite.

Dans des cas pathologiques, l'innervation de convergence peut être paralysée, sans que le mouvement de latéralité soit atteint, c'est-à-dire sans qu'il y ait réellement paralysie de l'un ou de l'autre muscle droit interne.

Les mouvements de direction, de latéralité, des deux yeux, ont à un degré très-prononcé les caractères des mouvements réflexes. Chaque impression sur la périphérie rétinienne (même d'un seul œil) tend à produire une innervation des deux yeux telle qu'après exécution du mouvement (de latéralité) le corps lumineux forme son image sur les deux fossettes centrales. Ce mouvement est presque fatal, et il faut un grand effort de volonté pour l'empêcher de se produire.

L'innervation de convergence possède à un plus haut degré la caractéristique des mouvements volontaires. Toutefois, elle entre en activité fatalement, à la manière des réflexes, lorsque des endroits asymétriques des deux rétines reçoivent les images du



même objet ; le mécanisme de convergence alors fait cesser la diplopie, la vision double.

Ces mécanismes d'innervation parallèle des deux yeux, l'un de direction, l'autre de convergence, sont congénitaux, sont préformés. Cependant, chez le nouveau-né, on observe pendant quelques jours des mouvements asymétriques des yeux, qui disparaissent bientôt, après les premiers essais de vision. On dirait que ces mécanismes nerveux ont besoin d'une mise en train, d'une certaine éducation. Leur grand régulateur est la fovea centralis, l'endroit rétinien dont l'acuité visuelle est la plus exquise. Le mécanisme (réflexe) de convergence tend toujours à ramener les deux images d'un même objet sur les deux foveae ; et il ne fonctionne bien qu'après un certain exercice.

Chez les aveugles, les deux yeux se meuvent encore avec un parallélisme approximatif, mais qui n'est plus parfait. De même aussi l'insensibilité des seules foveae ou même d'une seule relâche les liens d'innervation entre les deux yeux.

Les innervations de convergence sont toujours accompagnées d'une innervation générale pour la distance pour laquelle on converge. Ce lien entre la convergence et l'accommodation doit résider sur un mécanisme nerveux central. Il ne faudrait cependant pas le supposer d'une rigidité absolue. Pour une même convergence, l'hypermétrope accommode plus, le myope accommode moins qu'un emmétrope. En plaçant devant un œil un prisme pas trop fort avec l'arête verticale et temporale, on continue à voir simple et nettement ; la convergence a diminué tandis que l'accommodation est restée la même.

Les innervations de convergence et celles de latéralité ont des associations encore beaucoup plus étendues. Les muscles mimiques, innervés par le facial, agissent en totalité ou partiellement avec les muscles de l'œil, ce qui donne pour une large part l'expression de la face. Un bruit insolite se faisant entendre, ou une lumière apparaissant inopinément dans la périphérie du champ visuel, provoquent, comme actes réflexes, des mouvements des yeux, de la face, de la tête et même de tout le tronc. — Chez les aveugles, certains de ces mouvements « expressifs » ne se produisent plus : tel le froncement du front et des sourcils ; le front n'est ni plissé, ni même ridé.

Quant à l'emplacement des centres réflexes pour les mouvements des yeux, on les a depuis longtemps localisés dans la région des tubercules quadrijumeaux, à la suite surtout des expériences d'ADAMUCK (voir p. 453).

De nombreuses fibres du nerf optique se rendent dans les tubercules 4 jumeaux antérieurs, où elles ou bien leurs collatérales s'articulent avec d'autres neurones. Et certainement cette région renferme le centre du réflexe rétino-pupillaire. — Cependant, l'écorce cérébrale visuelle renferme également de ces centres, agissant plus ou moins à la manière des réflexes (voyez p. 463).

Enfin, il y a lieu de relever aussi la semi-décussation des nerfs moteurs de l'œil (voir page 508), grâce à laquelle un seul noyau d'origine de ces nerfs pourrait innerver p. ex. le droit externe droit et le droit interne gauche — ce qui constituerait un mouvement de latéralité des deux yeux.

N'oublions pas non plus qu'il nous est radicalement impossible d'innover volontairement un seul muscle oculaire extrinsèque (ou intrinsèque). Non seulement tout mouvement oculaire suppose l'intervention de plusieurs muscles d'un œil, mais encore ce mouvement est toujours bilatéral. Il y a lieu de rappeler ici ce que nous avons dit à la page 380 des mouvements volontaires en général. Notre volonté innerve toujours des groupes de muscles synergiques. Ce qui est conscient, voulu, c'est le but à atteindre, et nullement la contraction de tel ou de tel muscle, dont même la plupart des gens n'ont nullement conscience.

### VISION PROPREMENT DITE.

Dans ce qui précède, nous avons envisagé trois conditions préalables à la « vision », à tout « jugement visuel » sur les objets extérieurs. Ces conditions sont : a) l'existence de sensations visuelles ; b) la réfraction de la lumière dans

l'œil, en vertu de laquelle les rayons lumineux partis d'un point lumineux se réunissent sur la rétine en un point focal (formation des images rétinienne); c) les mouvements oculaires. Nous allons voir de quelle manière ces éléments sont utilisés quand nous portons des jugements visuels.

Nous pouvons voir avec un seul œil — *vision monoculaire* —. Mais une vision normale suppose l'usage des deux yeux — *vision binoculaire* —.

« Voir » quelque chose se réduit en dernière analyse aux deux opérations suivantes : 1° il faut juger de la direction dans laquelle se trouvent les objets par rapport à notre corps (jugement à porter sur deux dimensions), et 2° il faut juger de l'éloignement des objets entre eux (jugement à porter sur la troisième dimension).

## VISION BINOCULAIRE.

**I. Champ visuel binoculaire. Points rétinien correspondants.**

**Horoptère.** — Les deux champs visuels monoculaires se couvrent dans leur plus grande étendue; il n'y a qu'une petite zone temporelle de chaque champ monoculaire qui ne fasse pas partie du *champ visuel binoculaire*. Un objet qui forme son image sur la rétine d'un œil forme donc aussi, règle générale, une telle image dans le second œil. Bien que chaque objet forme ainsi deux images rétinienne, nous le voyons cependant simple, mais seulement dans certaines circonstances. — Il est facile de se convaincre que, contrairement à ce qu'on

croit ordinairement, nous voyons doubles la plupart des objets qui remplissent notre champ visuel binoculaire. Mettons le doigt ou un crayon verticalement devant les yeux, et fixons un objet plus éloigné, le mur par exemple. En couvrant et en découvrant de la main alternativement les deux yeux, nous verrons que le crayon se couvre avec deux endroits différents du mur. En accélérant le mouvement de la main, le crayon a l'air de sauter d'une position dans une autre. Finalement, avec quelque attention, nous verrons le crayon réellement double avec les deux yeux (diplopie binoculaire). Inversement, en fixant le crayon (et en couvrant alternativement les deux yeux), les divers points du mur paraîtront doubles.

Le point fixé binoculairement paraît simple : un point qui forme image sur les deux fovea centrales est vu simple.

Soit  $o$  (fig. 253) le point fixé, vu simple. Un point  $o'$ , plus éloigné, formant dans chaque œil son image en dedans de la *macula lutea*, paraît double;

l'œil droit le voit à droite, l'œil gauche le voit à gauche du point fixé, comme on peut se convaincre si on fait disparaître l'image d'un œil en le couvrant de la

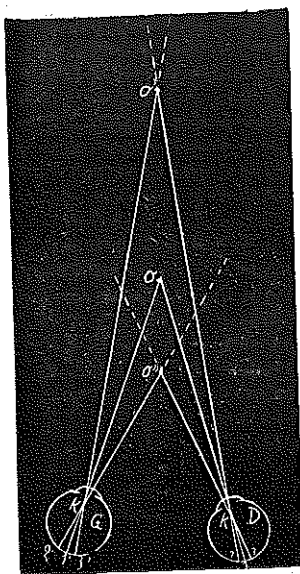


Fig. 253.

main. Un point  $o''$ , plus rapproché que le point de fixation, paraît double également, mais l'œil droit le voit à gauche, l'œil gauche le voit à droite de  $o$  (*diplopie croisée*, en opposition avec la *diplopie homonyme* du cas précédent).

Les deux *foveæ centrales* ne sont pas cependant la seule paire de points rétiniens à l'aide desquels nous voyons simple. Soit fig. 254 les deux yeux dirigés vers le firmament étoilé, par conséquent avec les deux lignes visuelles  $aa$  et  $a'a'$  parallèles, et fixant une étoile, qui forme ses deux images dans les deux *foveæ centrales*, en  $\alpha$  et en  $\alpha'$ . Une étoile voisine envoie dans chaque œil des rayons parallèles  $b\beta$  et  $b'\beta'$ ; son image se formera dans les deux yeux en  $\beta$  et en  $\beta'$ , à égales distances et à droite des *foveæ centrales*. Une étoile à droite de l'étoile fixée formera de même ses images en  $\gamma$  et  $\gamma'$ , à gauche et à des distances ( $\alpha\gamma$  et  $\alpha'\gamma'$ ) égales des fossettes centrales.

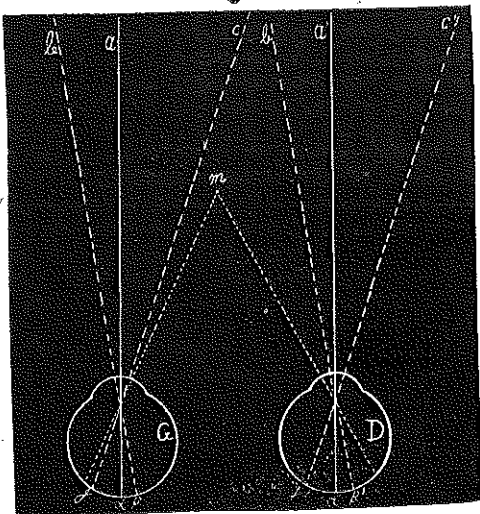


Fig. 254.

Et il en est de même de toutes les étoiles du firmament. Or, toutes les étoiles étant réellement vues simples, nous en concluons que tout point lumineux paraît simple s'il forme ses deux images sur les deux fossettes centrales, ou bien à égales distances (à droite, à gauche, etc.) des deux *foveæ centrales*. On nomme couple de *points rétiniens correspondants* (ou *points identiques*) les deux points, un dans chaque rétine, qui servent à voir simples les points de l'espace. Chaque point rétinien a son correspondant dans l'autre rétine. D'après l'expérience précédente, si on superposait les deux rétines de manière que les deux fossettes centrales (c fig. 255) correspondent, ainsi que les deux méridiens verticaux ( $vv$ ), alors chaque point rétinien serait recouvert par son correspondant.

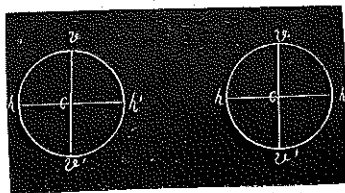


Fig. 255.

Un point de l'espace qui forme ses images sur deux points non correspondants est vu double. Ainsi, pendant que les deux lignes visuelles sont parallèles, une lumière promenée dans l'espace au devant de l'œil sera vue double dans toutes les positions. On n'a qu'à tirer de n'importe quel point  $m$  (fig. 254) les deux lignes de direction, pour voir que ses images ne tombent pas sur deux points correspondants (dans l'exemple choisi, l'une image est située à droite, l'autre à gauche de la *fovea centralis*).

Si les deux yeux convergent (fig. 256) sur un point B, dont les images tom-

beront sur les fossettes centrales, et qui sera donc vu simple, une lumière promenée le long de la circonférence de cercle qui passe par le point de fixation et dont les deux extrémités se rejoignent en passant par les yeux, continuera à être vue simple. Mais qu'on la place en dehors de cette ligne courbe, plus près ou plus loin des deux yeux, et elle sera vue double. Il est facile de voir que le point lumineux A, situé n'importe où sur la ligne courbe, forme ses images sur

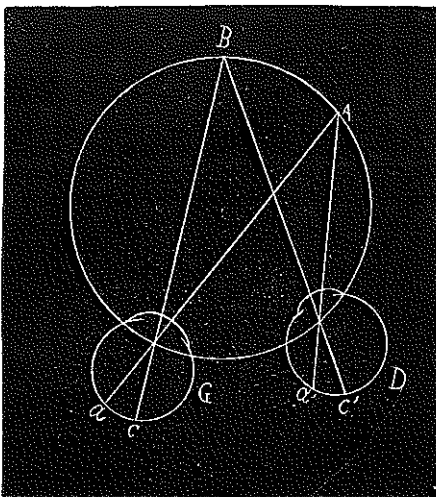


Fig. 256.

deux points correspondants (les angles inscrits dans un cercle et sous-tendus par la même corde, sont égaux), et qu'il n'en est pas ainsi d'un autre point de l'espace.

Étant donnée la convergence des deux yeux, on peut construire « le lieu géométrique » de tous les points qui sont vus simples. On n'a qu'à tirer (à partir de la rétine, et à travers le centre optique de l'œil) les lignes de direction de chaque couple de points correspondants. On a donné le nom d'« horoptère » (J. MUELLER) au lieu géométrique des points de l'espace qui sont vus simples à l'aide des deux yeux. La forme de l'horoptère varie selon la

convergence. Avec les lignes visuelles parallèles, l'horoptère est un plan vertical situé à l'infini (très-loin). Quand les deux yeux convergent vers un objet situé droit devant nous, l'horoptère est une surface cylindrique à peu près verticale, à concavité tournée vers l'observateur, et passant par le point de fixation. La ligne courbe de la fig. 256 est la trace d'un tel horoptère dans le plan du papier.

*Ainsi, tout objet qui se trouve dans l'horoptère est vu simple; il forme ses images sur deux points rétinien correspondants. Tout objet situé en dehors de l'horoptère est vu double; il forme ses images sur des points rétinien non correspondants.*

Le fait que nous voyons simple avec les points correspondants des deux yeux, bien que chaque point lumineux produise deux sensations visuelles, n'est pas plus surprenant que cette autre observation journalière, que nous ne croyons pas nous trouver en présence de deux objets similaires quand nous en tâtons un de chaque main. Cela résulte de ce que nous n'avons guère conscience de nos sensations comme telles, mais que nous les transformons immédiatement en perceptions, c'est-à-dire que nous les reportons au dehors de nous, comme propriétés d'un objet extérieur. Du moment que les deux sensations sont reportées, par un acte psychique, au même endroit de l'espace, il n'y a rien d'étonnant à ce que les deux sensations soient attribuées à la même cause. Du reste, nous reportons au même objet une foule d'autres qualités sensorielles, qui sont du domaine des autres organes des sens; et cependant nous ne croyons pas à la présence d'autant d'objets distincts que nous éprouvons de qualités sensorielles distinctes.

Quant au point de savoir pourquoi nous ne remarquons pas ordinairement les doubles

*images* de la grande majorité des objets situés dans notre champ visuel binoculaire, on n'en connaît aucune explication satisfaisante.

Un point qui paraît avoir son importance en la question est le suivant. — C'est un fait général dans le domaine de nos organes des sens, que nous ne remarquons pas les sensations qui ne nous importent guère; nous en faisons « abstraction », si notre attention n'est pas éveillée à leur égard. Il en est ainsi de beaucoup de phénomènes visuels entoptiques, notamment des mouches volantes, que nous ne remarquons pas, mais qui deviennent persistantes et même gênantes si on s'en occupe beaucoup. Cela est vrai aussi pour les images formées dans le centre physiologique de la rétine, en ce sens que dans la sensation visuelle provoquée dans la *fovea centralis*, nous ne remarquons que les seuls éléments qui ont quelque importance pratique pour nous; une longue expérience nous a appris à faire « abstraction » des autres.

On n'avance en rien la question en relevant que les doubles images étant ordinairement diffuses (on n'accommodé que pour le point de fixation), ou tombant ordinairement sur des parties périphériques de la rétine, sont négligées d'autant plus facilement. Car en fait, nous les remarquons, témoin la connaissance que nous avons de la situation des objets vus indirectement. — Du reste, la vision avec les deux fossettes centrales n'est pas absolument simple non plus. Si on regarde dans le stéréoscope deux vues d'un objet dont l'une est peinte par exemple en rouge, l'autre en vert, la plupart des gens ne voient pas l'objet en blanchâtre, mais tantôt ils le voient en rouge, tantôt en vert (lutte entre les deux champs visuels).

Nous touchons ici à un des points les plus controversés de la physiologie des sens. Si nous allons au fond des choses, nous remarquons qu'il y a même une question préalable à résoudre, celle de savoir pourquoi les excitations des différents points rétinien sont projetées en dehors de nous, et celle de chaque point dans une autre direction. A cette première question s'en rattache une autre, qui de tout temps a occupé les esprits; c'est celle de savoir pourquoi nous voyons droits les objets à l'aide d'images rétinien renversées.

Deux tendances se combattent aujourd'hui sur ce terrain. Tandis que les uns, à la suite de HELMHOLTZ, mettent surtout en avant dans la vision l'intervention de l'intelligence, du jugement, de l'expérience personnelle (tendance « empiristique »), les autres, à leur tête HERING, prétendent qu'il faut une réponse plus physiologique aux questions de « vision », et essayent de ramener ces « jugements » à des propriétés physiologiques innées de l'appareil optique (tendance « nativistique »). — C'est ainsi que le nativisme admet que chaque sensation visuelle comprend de prime abord, par essence, un élément objectif et même corporel; qu'une sensation bleue par exemple serait sentie toujours avec au moins deux dimensions. La théorie empiristique au contraire soutient (et nous nous sommes placés à ce point de vue dans ce qui précède), que rien de corporel ni d'objectif n'est donné primitivement dans la sensation, et que le « jugement », acte psychologique, la rapporte en dehors de nous, à la suite d'expériences souvent répétées.

On trouvera le point de vue empiristique exposé et défendu dans la « Physiologie optique » de HELMHOLTZ, et le point de vue nativistique dans les écrits de HERING<sup>(1)</sup>. Voici, comme exemple de ces discussions, la question de la vision droite avec des images rétinien renversées, envisagée au point de vue empiristique.

## II. Vision droite avec des images rétinien renversées. —

Le fait de l'acuité visuelle suppose que l'excitation d'un cône rétinien soit conduite isolément vers les centres nerveux, où elle est perçue isolément, et distinguée d'une excitation identique d'un autre cône, de même que nous distinguons l'excitation d'un de nos doigts de celle des autres (les yeux étant fermés).

(1) *Beitrag z. Physiol.* 1861-1892. Un résumé des idées de HERING se trouve dans le t. III du *Hdb. d. Physiol.* de HERMANN.

Il faut donc que la sensation produite par l'excitation d'un point rétinien diffère en quelque chose d'une sensation provoquée par l'excitation identique d'un autre point rétinien. Les deux sensations sont identiques au point de vue de la « qualité » et de la « quantité ». Nommons avec HELMHOLTZ « *signe local* » ce caractère de la sensation, inconnu dans sa nature, par lequel nous distinguons deux impressions identiques, faites sur deux endroits rétiens. Le signe local étant admis, les diverses questions de vision peuvent se ramener à une question d'expérience individuelle.

Un point lumineux objectif, dans une situation déterminée par rapport à l'œil, excitera toujours le même élément rétinien, provoquera une sensation toujours la même, mais distincte par son signe local de celle qu'il provoquerait dans une autre position par rapport à l'œil. A l'aide d'autres sens, en portant la main dans le champ visuel (sensation musculaire), nous nous sommes convaincus des centaines de fois qu'à tel signe local correspond toujours un objet situé dans telle partie du champ visuel, par exemple en haut ; qu'à un autre signe local correspond toujours un objet en bas du champ visuel, etc. A force d'interpréter les signes locaux à l'aide de la main notamment, ce contrôle est devenu inutile. — Ainsi s'explique la vision suivant les deux dimensions, sans que nous ayons besoin de savoir que nos cônes et nos bâtonnets sont disposés en mosaïque ; l'image rétinienne est accessoire dans la vision.

Dans cet ordre d'idées, la question de la vision droite à l'aide d'images rétiniennees renversées est résolue, ou plutôt elle ne peut pas même être raisonnablement posée.

Invoquer (au point du vue nativistique) cette espèce d'image des objets extérieurs projetée dans l'écorce cérébrale (voir « centre psycho-optique », p. 464), cela n'avancerait en rien la question; ce serait simplement la déplacer, puisque nous n'avons pas plus conscience de cette image « corticale » que de l'image « rétinienne ».

Expliquer la vision droite par la disposition des cônes et des bâtonnets, dirigés vers le centre de l'œil (ROUGET, à la suite de VOLTAIRE), de manière à ce que l'image rétinienne, projetée hors de l'œil suivant les rayons directeurs, soit redressée, cela n'avance pas non plus la question. Il faudrait en effet supposer que notre sens intime ait connaissance de la direction des bâtonnets, et de la marche des rayons lumineux dans l'œil !

**III. Observations d'aveugles de naissance ayant acquis la vision plus tard, à la suite d'une opération.** — La question traitée précédemment ferait un pas immense si les enfants se souvenaient plus tard de leurs sensations éprouvées lors de leurs premiers essais visuels. Les gens aveugles de naissance, et ayant acquis plus tard la vision à la suite d'une opération, réalisent plus ou moins ce *desideratum*; ils peuvent nous rendre compte de ce qu'ils éprouvent. Les observations faites sur ces individus parlent puissamment dans le sens des idées empiristiques.

Lors de leurs premiers essais de vision, les aveugles de naissance qui ont acquis plus tard la vision, à la suite d'une opération, ne reconnaissent aucun objet, aucune personne qui leur sont bien connus par leurs autres sensations (acoustiques, tactiles, etc.). Ce n'est qu'après avoir tâté à plusieurs reprises un objet familier, tel qu'un couteau, une cuillère, etc., qu'ils parviennent à les reconnaître à la vue, après une éducation de plusieurs jours. Une forme ronde très-simple n'est nullement reconnue comme telle à la vue. Il leur semble que tous les objets visibles sont situés sur leurs yeux; comme les enfants, ils veulent saisir de la main des objets très-éloignés. — Il

paraît toutefois qu'ils *localisent* les objets visibles suivant les deux dimensions dans un plan situé contre leurs yeux; à cela on répond que ces gens n'étaient pas tout à fait aveugles avant l'opération, que tous les gros objets projetaient des ombres sur la rétine avant l'opération, et que par conséquent ils sont déjà en possession d'une certaine expérience pour interpréter leurs sensations visuelles.

#### ÉLÉMENTS SENSORIELS SUR LESQUELS SONT BASÉS NOS JUGEMENTS VISUELS.

On peut distinguer deux degrés dans la complication des jugements visuels : 1° il y a d'abord l'appréciation des deux dimensions, hauteur et largeur, autrement dit la question de la grandeur (apparente et absolue) des objets suivant les deux dimensions; 2° il faut de plus l'appréciation de la troisième dimension, c'est-à-dire du volume des objets.

**IV. Appréciation de deux dimensions.** — La grandeur que nous voyons aux objets (sans le secours d'autres sensations) est une grandeur angulaire, et non pas linéaire : un même angle visuel, autrement dit une même grandeur de l'image rétinienne, correspond à des dimensions très-diverses de l'objet (voir fig. 235, p. 564). Par conséquent, aucun élément de la sensation visuelle ne saurait servir à porter un jugement sur les deux dimensions d'un objet. Nous arrivons à porter un jugement sur la *grandeur réelle* des objets en utilisant des signes fournis par d'autres appareils nerveux, notamment ceux du sens musculaire, et que nous obtenons en déplaçant nos yeux, nos membres ou même notre corps. Étant donné la *grandeur apparente* d'un objet, c'est-à-dire l'angle visuel, nous apprécions la grandeur réelle en tenant compte de la distance à laquelle se trouve l'objet. L'appréciation de la grandeur absolue repose donc sur l'appréciation de la troisième dimension.

**V. Appréciation de la troisième dimension.** — 1° Le principal moyen que nous avons pour juger de la troisième dimension, celui qui donne les résultats les plus nets, consiste dans la connaissance que nous avons de la *convergence* plus ou moins grande qu'il faut pour fixer binoculairement les points situés à des distances différentes, pour en ramener les images sur les deux fossettes centrales. En d'autres mots, nous basons notre jugement sur le degré d'innervation de nos muscles droits internes et externes. Les deux yeux regardant le cône tronqué de la figure 257 doivent, pour voir simple et pour fixer un point *a* du sommet, converger davantage que pour fixer un point *o* de la base. C'est donc un jugement basé sur des

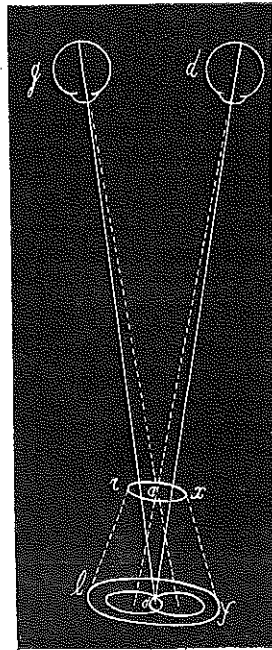


Fig. 257.

sensations qui se suivent dans le temps, pendant que le regard binoculaire erre d'un point de l'objet à l'autre. La distance entre les deux yeux est en quelque sorte la base trigonométrique qui nous sert à juger de l'éloignement d'un point (BRUECKE).

Des expériences très-simples permettent de mettre en évidence l'influence de la convergence dans l'appréciation de la troisième dimension. Pendant que nous fixons un point, mettons au devant de chaque œil un prisme faible, à base interne; on déplace ainsi les deux images rétinienne en dedans des deux *foveae centrales*, c'est-à-dire sur les points rétiens non correspondants, et on voit double. Mais immédiatement nous modifions notre convergence, nous relâchons un peu les muscles droit internes, et le point lumineux paraît simple, mais plus loin qu'il ne se trouve réellement. Des

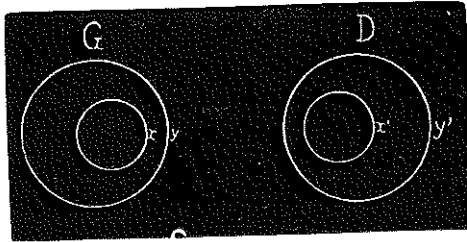


Fig. 258. — Doubles images dans le cas où l'on fixe binoculairement le centre  $a$  du sommet du cône tronqué de la figure 257.

prismes à bases externes feraient de même voir le point lumineux plus près qu'il n'est réellement, comme on peut s'en convaincre en essayant de le saisir à l'aide de la main. — Si (fig. 259) nous regardons le point lumineux  $a'$  à travers deux glaces assez épaisses agencées en angle dièdre, avec le sommet tourné vers les yeux (fig. I), nous devons, pour voir  $a'$  simple converger non pour le point  $a'$ , mais pour  $a$ ; nous le verrons plus éloigné de l'œil qu'il n'est réellement. — Si l'angle dièdre est tourné en sens inverse (fig. II), on verra en  $o'$  le point lumineux  $a$ , c'est-à-dire rapproché; les deux yeux devront converger davantage (ROLLET).

2° Les doubles images d'objets non situés dans l'horoptère, autrement dit *la vision à l'aide de points rétiens non correspondants*, sert également à l'appréciation de la profondeur. Un éclair, une étincelle électrique (PANUM), nous permettent de juger de la profondeur d'un paysage ou de l'arrangement des meubles dans un appartement inconnu; nous tenons compte de ce que les doubles images d'un objet plus rapproché que le point de fixation sont hétéronymes, et homonymes si l'objet est au delà du point de fixation. Dans ce cas, la distance absolue du point de fixation est évaluée grâce à la convergence, et les distances plus ou moins grandes auxquelles les doubles images se trouvent du point de fixation servent à localiser les autres objets plus ou moins exactement, en arrière et au devant, à droite et à gauche etc. du point fixé. — Mais cette appréciation de la troisième dimension à la faveur d'un éclairage instantané est assez défectueuse. Cela tient surtout à ce que nous ne voyons que très-imparfaitement les objets qui forment leurs images sur la périphérie rétinienne. Quant à ceux qui se trouvent dans cette expérience au-devant ou derrière le point de fixation, bien qu'ils forment leurs images sur les fossettes centrales, ils seront vus diffusément, parce que les yeux sont accommodés seulement pour la distance du point de fixation.

Quand les deux yeux fixent le sommet du cône tronqué de la figure 257, la base paraît en doubles images, qui à la rigueur (même à la faveur d'une seule étincelle électrique), suffisent pour voir corporellement, pour localiser tous les points à leur place. Mais pour avoir une impression très-nette du relief, nous devons laisser errer



le regard le long du cône, en modifiant incessamment la convergence. De cette manière nous recevons des impressions nettes de tous les points de l'objet, et chacune de ces impressions est associée avec la sensation (musculaire) d'une autre convergence. Dans la vision binoculaire, notre cerveau combine donc des images successives très-diverses du même objet entre elles, ainsi qu'avec des sensations diverses de l'innervation musculaire. On remarquera que si nous fixons des deux yeux le centre  $a$  du sommet du cône de la figure 257, l'œil droit reçoit du cône une autre image que l'œil gauche (fig. 258). Les deux yeux fixant le centre  $a$  du sommet, le centre coïncide pour l'œil gauche avec une partie droite de la base, tandis que pour l'œil droit  $d$  il coïncide avec une partie gauche de la base (fig. 258,  $a$  et  $d$ ). Et ces deux images varient pour chaque degré de convergence. Si nous laissons errer le regard le long du cône, notre cerveau utilise donc une série non interrompue de sensations visuelles diverses, qui se suivent incessamment et passent l'une dans l'autre comme des images kaléidoscopiques (BRUECKE).

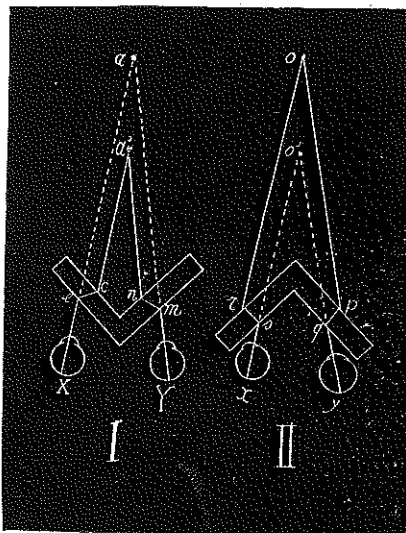


Fig. 259.

Le Stéréoscope est basé sur l'influence que les deux éléments précédents exercent sur notre appréciation de la troisième dimension. Nous venons de voir que si les deux yeux regardent le sommet du cône de la figure 257, chacun le voit d'un autre côté,

l'œil droit voit plus largement la face latérale droite, l'œil gauche voit plus largement la face gauche du cône. Chaque œil reçoit une autre image (fig. 258) du cône. Faisons en sorte que chaque œil fixe un dessin de l'objet semblable à l'image rétinienne obtenue lors de la vision de l'objet lui-même; alors ils auront la même impression que s'ils regardaient le cône lui-même. C'est ce qui est obtenu à l'aide du stéréoscope (fig. 260), instrument dans lequel on place en  $c$  et  $d$  deux dessins du même objet, pris à des points de vue un peu différents, écartés précisément de la distance interoculaire. Chaque œil regardant le dessin qui lui correspond, c'est comme si les deux yeux regardaient réellement l'objet; les deux dessins  $c$  et  $d$  servent à voir stéréoscopiquement. — Comme on éprouverait de la difficulté à diriger les yeux

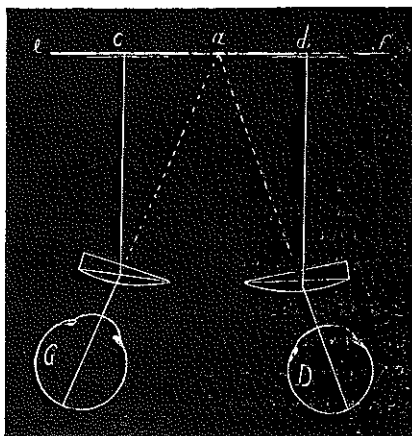


Fig. 260. — Schéma du stéréoscope.

parallèlement (pour que chacun fixe une autre image) alors qu'on veut regarder un objet qu'on sait être situé très-près de nous, on laisse les yeux converger, mais on place au devant de chacun d'eux un prisme à base externe (un prisme dévie les rayons lumineux vers sa base). Dans le cas de la figure 260, les deux rayons provenant de  $c$  et de  $d$

se dévient et pénètrent dans les yeux comme s'ils provenaient tous les deux de  $a$ . De cette manière, on arrive à voir les deux objets  $c$  et  $d$  comme s'ils étaient superposés en  $a$ , dans le point de fixation. On supplée à l'accommodation pour une distance si rapprochée en donnant à chaque prisme une ou deux surfaces convexes. — Par exemple, pour un seul œil regardant du haut en bas une pyramide quadrangulaire tronquée, le petit carré du sommet paraît situé au centre du grand carré de la base. Mais si les deux regardent la pyramide de haut en bas, comme le cône de la figure 257; alors chacun d'eux verra une image différente (I, fig. 261) de la pyramide. Si nous regardons les deux dessins de cette figure dans un stéréoscope, nous voyons une pyramide dont le sommet tronqué est tourné vers nous. Au contraire, si nous regardons dans le stéréoscope les dessins II, nous voyons (par sa base) dans l'intérieur d'une pyramide tronquée et creuse. Si réellement nous regardions dans une telle pyramide, les deux yeux recevraient en effet des images inverses de celles de I.

On peut obtenir l'effet visuel stéréoscopique en regardant dans le stéréoscope à la faveur d'une seule étincelle électrique. C'est un cas rentrant dans la rubrique n° 2. La figure 258 par exemple est un dessin stéréoscopique d'un cône tronqué. Pendant que les deux yeux fixent un couple de points correspondants  $x$  et  $x'$  des deux dessins, les autres points du cône sont vus doubles; ils forment leurs images sur des points rétinien non correspondants. On se convaincra aisément qu'il en est ainsi de toutes les vues stéréoscopiques.

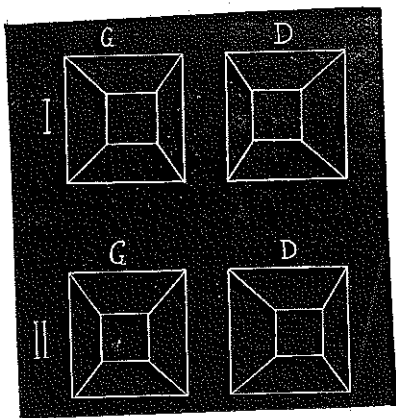


Fig. 261. — Vues stéréoscopiques d'une pyramide tronquée: I, vue par le sommet; II, vue par la base dans l'intérieur d'une pyramide creuse.

de convergence comme si le regard se promenait sur l'objet lui-même. Que les deux yeux fixant d'abord un point  $x$  et  $x'$  (fig. 258) du sommet du cône, se déplacent ensuite pour fixer le point  $y$  et  $y'$  de la base; l'œil droit déplacera son regard de la distance  $x'y'$ , l'œil gauche seulement de la distance  $xy$ ; la convergence a donc diminué. Il en est ainsi pour tous les autres points d'une vue stéréoscopique.

La connaissance que nous avons de l'innervation de nos deux muscles droits internes est donc le facteur principal dans l'appréciation de la troisième dimension. Plusieurs autres facteurs, dont nous allons nous occuper, y interviennent cependant aussi, mais d'une manière plus accessoire. Ils ont ceci de particulier, qu'à l'opposé des deux précédents, ils sortent leurs effets dans la vision monoculaire aussi bien que dans la vision binoculaire. Encore une fois, les notions qu'ils fournissent à eux seuls ne sont pas bien nettes; la vision serait très-défectueuse si nous étions réduits à leur seul secours.

3° La sensation que nous avons de l'effort d'accommodation nécessaire pour voir clairement un objet (le muscle ciliaire devant se contracter plus fortement pour qu'on voie clairement un objet rapproché), sert à juger de la profondeur.

Si on supplée à l'accommodation par des verres convexes, qui permettent de relâcher le muscle ciliaire, on croira pendant quelques jours les objets plus loin qu'ils ne sont en réalité; inversement, des verres négatifs, dont l'effet doit être surmonté par l'accommodation, font voir tous les objets plus près qu'ils ne sont en réalité. — Et comme néanmoins l'angle visuel sous lequel un objet se présente ne varie guère si nous le regardons à travers une lentille, nous jugeons l'objet plus grand en regardant à travers des verres positifs, nous le jugeons plus petit (micropsie) en regardant à travers des verres négatifs. Toutefois, une expérience de quelques jours suffit pour redresser totalement ces jugements fautifs.

4° *L'angle visuel* sous lequel se présentent des objets de dimensions connues sert à porter un jugement sur la distance : à un angle visuel plus petit (du même objet) correspond une distance plus grande.

5° Les *déplacements parallactiques* des objets situés à des distances différentes. Si nous déplaçons latéralement notre corps, ou simplement la tête, les objets plus rapprochés semblent se déplacer en sens inverse de notre mouvement, sur le fond constitué par les objets plus éloignés; ils semblent se mouvoir (à rebours de notre mouvement) au devant des derniers.

6° *La perspective linéaire*. De deux objets situés dans la même direction, le plus proche recouvre plus ou moins celui qui est plus éloigné.

7° *La perspective aérienne*. Des objets plus éloignés dans un paysage paraissent plus obscurs, parce que la lumière qu'ils réfléchissent devant traverser des couches plus profondes d'air (qui n'est jamais d'une transparence absolue), sera absorbée en plus grande quantité avant d'arriver à notre œil. Ils semblent aussi être bleuâtres, parce que l'air absorbe surtout les grandes longueurs d'onde de la lumière.

8° Les *ombres projetées*. Nous connaissons ordinairement la situation de la source lumineuse, et partant la direction des rayons lumineux incidents; un corps opaque projette une ombre du côté opposé à la lumière. L'influence que les ombres projetées exercent sur nos jugements de la 3<sup>me</sup> dimension est mise en évidence si on regarde une matrice de médaille à travers une forte lentille convexe, de manière qu'on la voie renversée. Les détails gravés dans la matrice seront vus renversés, mais aussi les ombres projetées. Or, pour que de telles ombres projetées soient possibles avec l'incidence connue de la lumière, il faut un relief là où dans la matrice est un creux. Effectivement, nous voyons en relief l'image renversée de la matrice, avec autant d'évidence que si nous avions devant les yeux la médaille elle-même.

Notre jugement sur la troisième dimension se base ordinairement sur plusieurs des facteurs indiqués. On comprend aussi que pour des objets éloignés, la perspective aérienne doive l'emporter sur l'accommodation, et même sur la convergence; l'inverse est vraie dans la vision de près.

**VI. Vision monoculaire.** — Dans la vision à l'aide d'un seul œil, les deux éléments principaux sur lesquels se base l'appréciation binoculaire de la troisième dimension, la convergence et les deux images rétinienne non congruentes, font défaut. Un seul œil suffit cependant à juger — mais très imparfaitement — de la troisième dimension. Pour cela on utilise les moyens énumérés

plus haut sous les titres 3 à 8 : la grandeur de l'angle visuel en rapport avec le degré d'accommodation nécessaire pour voir clairement, les déplacements parallaxiques (mouvements latéraux de la tête et de tout le corps), les perspectives linéaire et aérienne, les ombres projetées. — L'imperfection de ce mode de vision ressort d'une expérience très simple. On dit à une personne de fermer un œil, de s'avancer vers un petit objet et d'y poser sans hésitation l'extrémité d'un doigt (ce à quoi on réussit toujours à l'aide de deux yeux) : presque chaque fois l'individu guidé par un seul œil va au delà ou reste en deçà du but.

### MOUVEMENTS DE L'IRIS.

Le rôle principal de l'iris est de compléter l'œil en chambre obscure ; il écarte les rayons lumineux qui passeraient par la périphérie du cristallin et de la cornée, où ils seraient réfractés plus irrégulièrement, et diminueraient la netteté des images rétinienne. — Toutefois, la membrane est aussi le siège de mouvements : elle se contracte (la pupille se dilate) et se dilate (la pupille se rétrécit). Ces mouvements sont dus à la présence de deux muscles, le sphincter de la pupille (innervé par le n. oculo-moteur commun) et le dilatateur de la pupille (innervé par le cordon sympathique du cou, par les fibres « pupillo dilatatrices » sortant de la moelle humaine par la première paire dorsale).

L'hypothèse d'un muscle dilatateur de la pupille, à fibres radiales, repose surtout sur les effets pupillaires de la section et de l'excitation du grand sympathique au cou : la section resserre, l'excitation du bout périphérique dilate la pupille. Toutefois, un muscle iridien à fibres radiales n'a pas encore pu être démontrée avec la même évidence que le sphincter de la pupille. Encore aujourd'hui, on invoque surtout des raisons physiologiques pour défendre ou combattre l'existence du dilatateur. Suivant les opposants (GRUENHAGEN, etc.), l'excitation du grand cervical exercerait une influence d'arrêt sur le sphincter pupillaire. — Aujourd'hui, les probabilités sont de nouveau en faveur du m. dilatateur, grâce surtout aux expériences de LANGLEY, qui chez le chat vivant a produit des contractions partielles de la périphérie iridienne en l'excitant électriquement.

1° La pupille se resserre lorsque la rétine est éclairée, ou lorsque l'éclairage de la rétine augmente simplement. C'est là un réflexe sur le sphincter de la pupille ; la voie centripète en est le nerf optique, ou plutôt des fibres spéciales du nerf optique (voir page 452), la voie centrifuge le n. oculo-moteur commun — *réflexe rétino-pupillaire*. — Le mouvement réflexe est bilatéral, c'est-à-dire se produit sur les deux yeux, même si un œil est seul éclairé (contraction synergique de deux pupilles). Il persiste lorsque les hémisphères cérébraux sont paralysés ou enlevés. Son centre se trouve au niveau des tubercules jumeaux antérieurs.

2° Bien que les mouvements de l'iris n'interviennent pas dans l'accommodation (celle-ci s'est trouvée intacte dans l'absence de l'iris), ils ont cependant une connexion intime avec les contractions du muscle ciliaire, ou avec la convergence. Le sphincter pupillaire se contracte, la pupille se resserre, quand nous regardons de près (quand nous accommodons) ; elle se dilate lorsque nous regardons de loin. Ce mouvement aussi a lieu simultanément dans les deux iris. Cette contraction pupillaire a pour effet d'augmenter la netteté des images réti-

niennes dans la vision de près, à l'instar des diaphragmes de certains instruments d'optique.

3° Dans les deux cas précédents, c'est le muscle sphincter qui est actif. Il y a une troisième catégorie de mouvements iridiens, où le muscle dilatateur est actif. La pupille se dilate activement lorsque n'importe quelle partie du système nerveux est fortement excitée. L'excitation de n'importe quel nerf périphérique produit cet effet. Il en est de même de tout ébranlement cérébral : la frayeur notamment dilate fortement la pupille. — Ces différentes influences agissent par l'intermédiaire du centre cilio-spinal, situé à la limite inférieure de la moelle cervicale, qui de son côté innerve les fibres pupillo-dilatatrices contenues dans le grand sympathique au cou (la section du gr. sympathique cervical resserre la pupille, l'excitation de son bout périphérique la dilate). Ces fibres gagnent l'orbite en passant par le nerf vertébral et le ganglion de Gasser (FR. FRANK).

Un certain degré de tonus du dilatateur pupillaire, entretenu par l'activité de diverses parties du système nerveux, paraît exister toujours à l'état de veille; il en résulte un degré sensible de dilatation de la pupille. — Pendant le sommeil, la pupille est très resserrée (suppression des innervations exercées sur le centre cilio-spinal par l'activité cérébrale). Si on pince le dormeur, la pupille se dilate, même sans qu'il y ait réveil. Au moment du réveil réel, il y a toujours une dilatation notable de la pupille (influence du réveil cérébral sur le centre cilio-spinal).

Dans les affections irritatives du cerveau, la pupille est dilatée; elle se rétrécit fortement dans la paralysie du cerveau (signification mauvaise d'un resserrement pupillaire dans les affections cérébrales).

Les trois espèces d'influences énumérées dans ce qui précède varient incessamment, et chacune de son côté, à l'état de veille, on conçoit que chez l'homme actif, le diamètre pupillaire ne reste pas un instant le même.

La partie antérieure du noyau d'origine de l'oculo-moteur, située dans le 3<sup>me</sup> ventricule, donne naissance aux fibres nerveuses pupillo-constrictrices du nerf oculo-moteur commun. Cette même tête du noyau de l'oculo-moteur commun semble être le centre réflexe pour le réflexe rétino-pupillaire (HENSEN et VOELKERS).

Les excitations directes de l'écorce cérébrale dite motrice et tactile dilatent la pupille. Les variations du calibre des vaisseaux iridiens modifient aussi le diamètre pupillaire. Quand ils se congestionnent, leur volume augmente et ils distendent la membrane (la pupille se resserre); quand ils se vident, leur volume diminue, et la pupille se dilate. La pupille est resserrée après une ponction de la chambre antérieure (écoulement de l'humeur aqueuse et hyperémie iridienne *ex vacuo*).

La pupille d'un œil excisé d'anguille et de grenouille réagit encore sous l'influence de la lumière, probablement par une action que la lumière exerce directement sur les fibres musculaires de l'iris (voir page 310).

*Mydriatiques et miotiques.* — Une quantité extrêmement petite d'atropine, introduite dans l'œil, par exemple absorbée après instillation dans le sac conjonctival, dilate la pupille au maximum pour plusieurs jours (mydriase, effet mydriatique); en même temps, l'accommodation est abolie (paralysie du muscle sphincter de la pupille et du muscle ciliaire). — Une petite quantité d'ésérine (alcaloïde de la fève de calabar) ou de pilocarpine, introduite de même dans l'œil, contracte la pupille au maximum (miose, effet miotique); en même temps l'œil reste adapté pour son *punctum proximum* (graspe du muscle sphincter de la pupille et du muscle ciliaire). L'action de l'un de

ces alcaloïdes peut être neutralisée par celle de l'autre (antagonisme physiologique). Les deux effets persistent après section ou paralysie des fibres nerveuses pupillo-dilatatrices et pupillo-constrictives, et même du ganglion ophtalmique. Le point attaqué par les mydriatiques et par les miotiques est donc certainement périphérique, et situé dans l'œil lui-même (les fibres musculaire de l'iris et du muscle ciliaire, ou bien les cellules nerveuses du plexus nerveux ciliaire).

### NUTRITION DE L'ŒIL. PRESSION INTRA-OCULAIRE.

**Pression intra-oculaire.** — Les organes intra-oculaires se trouvent normalement sous une pression assez élevée, qui se tient avec une constance remarquable à la valeur de 20 à 30 mm. mercure. On a bien découvert quelques influences capables de modifier passagèrement cette tension, soit en plus, soit en moins; mais les causes prochaines de son existence et de sa constance ne sont nullement connues. — L'humeur aqueuse paraît, en vertu de sa facile reproduction, intervenir dans la régulation de cette pression.

#### Particularités de la circulation et de la nutrition intra-oculaire. —

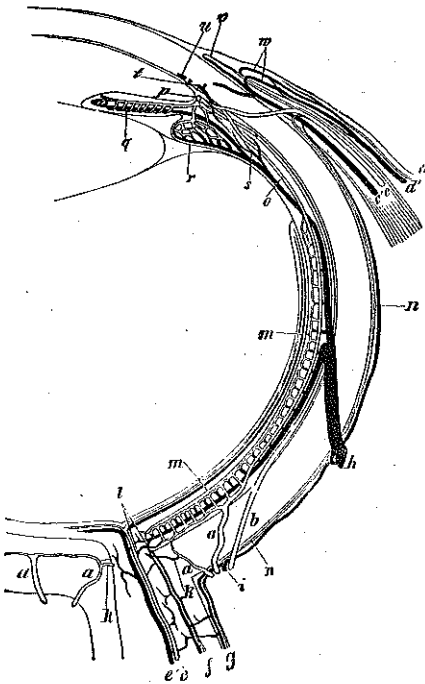


Fig. 262. — Schéma de la circulation sanguine intra-oculaire (d'après TH. LEBER)(1).

La transparence si parfaite de certaines parties de l'œil, nécessaire à la marche régulière des rayons lumineux, est assurée par l'absence de vaisseaux et de sang dans ces parties, qui sont : la cornée transparente, l'humeur aqueuse, le cristallin, le corps vitré et la rétine. Ces organes doivent donc soutirer leurs matériaux nutritifs à des parties avoisinantes. Il en résulte que certaines de ces parties ont une richesse vasculaire qui n'est nullement en rapport avec leurs propres besoins.

C'est ainsi que la cornée transparente est nourrie par le riche réseau de vaisseaux péricornéens *v* (fig. 262), situés sous la conjonctive, au pourtour de la cornée, et fournis par les artères ciliaires antérieures (subdivisions des artères musculaires *c*).

Les milieux transparents proprement dits (humeur aqueuse, cristallin et corps vitré) sont complètement dépourvus de vaisseaux sanguins. La rétine, un dernier milieu transparent, en est dépourvue également chez la

(1) Coupe horizontale de l'œil. Les veines sont noires, les artères claires. Les courtes artères ciliaires postérieures (*a*), au nombre de 15 à 20, pénètrent dans l'œil autour

plupart des animaux, même de fortes dimensions; elle n'en renferme chez l'homme que dans ses couches internes, et en quantité insuffisante pour subvenir à ses besoins nutritifs, qui sont considérables. La matrice nutritive de tous ces organes intra-oculaires est la tunique moyenne de l'œil, dite aussi tunique vasculaire, composée de la choroïde, du corps ciliaire et de l'iris. La choroïde (fournie de sang par les artères ciliaires postérieures courtes *a*) est une des parties les plus vascularisées du corps. Son réseau capillaire est à peu près aussi développé que celui des alvéoles pulmonaires. Et cependant, il n'y a dans la choroïde ni fibres musculaires, ni aucun élément dont le fonctionnement nécessite une nutrition intense. Le fait est que les vaisseaux choroïdiens sont destinés à la nutrition des couches rétinienne externes, notamment des cônes et des bâtonnets (NUEL).

Cela ressort déjà du fait que les capillaires choroïdiens sont tous relégués dans une couche interne (chorio-capillaire) de la membrane, en contact intime avec la rétine; nous savons que les échanges nutritifs ont lieu surtout dans les capillaires. La région de la macula lutea et surtout de la fovea, où la fonction visuelle est la plus intense, se distinguent par un plus grand développement des capillaires choroïdiens (NUEL). Les vaisseaux plus gros occupent les couches choroïdiennes externes. Nous savons aussi que l'érythrospine, une des substances photo-chimiques des bâtonnets, se reforme exclusivement aux dépens de l'épithélium pigmenté, c'est-à-dire du côté de la choroïde. Du reste, les maladies de la choroïde altèrent la sensibilité de la rétine à la lumière beaucoup plus que les maladies de la rétine qui siègent dans les plans rétinien internes, dans le domaine des vaisseaux rétinien. La richesse extrême des capillaires choroïdiens démontre même que les échanges nutritifs doivent être particulièrement intenses dans les cônes et dans les bâtonnets. — Le muscle ciliaire a ses capillaires à lui. La vascularisation si riche des procès ciliaires, dépourvus également d'éléments exigeant une nutrition intense, est destinée à la nutrition du corps vitré, du cristallin (ces deux organes se désorganisent dans les maladies du corps ciliaire) et de l'humeur aqueuse.

*L'humeur aqueuse* est fournie par les procès ciliaires (et peut-être un peu par la face postérieure de l'iris); elle est une véritable sécrétion de l'épithélium

du nerf optique, et se résolvent immédiatement dans le réseau choroïdien. *Deux longues artères ciliaires postérieures b* pénètrent dans l'œil avec les précédentes, se placent entre la choroïde et la sclérotique, et courent en avant jusque dans le corps ciliaire, où elles forment le grand cercle artériel de l'iris. Elles ne fournissent donc pas à la choroïde. Dans celle-ci, les capillaires *m* (représentés par des anses) se localisent dans une couche interne. — Les artères des muscles droits fournissent 4 à 6 *artères ciliaires antérieures*, qui courent en avant, sous la conjonctive, émettent chacune un *rameau perforant p*, qui perfore la sclérotique pour se rendre dans le grand cercle artériel de l'iris, tandis que les branches terminales vont se résoudre dans le réseau péri-cornéen *v*. Le sang artériel du corps ciliaire et de l'iris provient des deux longues artères ciliaires postérieures et des rameaux perforants. — Le sang veineux de toute la tunique vasculaire est repris par les veines vorticineuses *h*, qui au nombre de 4 à 6 sortent de l'œil à son équateur. Elles ramènent le sang de la choroïde, du corps ciliaire et de l'iris; les veinules provenant de l'iris et des procès ciliaires se placent à la face interne du muscle ciliaire, — *ee'* veine et artère centrales de la rétine. Leur système capillaire ne communique ni avec celui de la choroïde, ni avec celui du corps ciliaire, mais bien avec celui du nerf optique. Ce dernier communique aussi avec celui de la choroïde, et surtout avec des vaisseaux de la sclérotique.

cylindroïde qui recouvre les procès (NICATI). Versée dans la chambre postérieure, elle passe d'ici dans la chambre antérieure, à travers la fente capillaire existant entre le cristallin et le bord libre de l'iris (peut-être aussi à travers la partie ciliaire de l'iris); elle est éliminée à l'angle compris entre l'iris et la cornée, dans le ligament pectiné de l'iris. D'après SCHWALBE, il y aurait ici des communications béantes entre la chambre antérieure et les veines ciliaires antérieures. En très petite partie, elle passe dans le corps vitré, dont elle constitue la grande masse, puis elle est éliminée aux environs du nerf optique (PRIESTLEY SMITH, LEPLAT, etc).

Il se confirme de plus en plus que l'iris lui-même absorbe l'humeur aqueuse par sa face antérieure (NUEL). Il y a même des stomates à la face antérieure de l'iris qui conduisent l'humeur aqueuse jusqu'aux veines iridiennes.

### ORGANES DE PROTECTION DE L'ŒIL.

La surface libre de l'œil est recouverte périodiquement par les paupières, dont le mouvement a pour effet d'écarter les agents nuisibles (surtout à la transparence de la cornée) et d'humecter continuellement de larmes la surface cornéenne. Lorsqu'à la suite de cicatrices de la peau, par exemple après des brûlures, les mouvements des paupières sont entravés, la cornée, continuellement à nu, se dessèche, et les poussières de l'air n'en sont plus enlevées. Dans ces circonstances, l'épithélium cornéen se trouble, s'exfolie; la transparence de la cornée se perd, et même la membrane devient le siège d'une suppuration. Le même effet se produit à la suite de la paralysie du nerf trijumeau, qui supprime le clignotement réflexe. (voir page 510).

Les *mouvements des paupières* sont volontaires; mais la plupart du temps ce sont des actes réflexes purs, provoqués par l'excitation des fibres centripètes du trijumeau. Ce dernier, qui donne la sensibilité générale au globe oculaire et à ses annexes, constitue le « gardien de l'œil ». L'occlusion de la fente palpébrale se fait par les contractions du muscle orbiculaire des paupières, un véritable sphincter de la fente palpébrale, innervé par le nerf facial. — L'acte d'ouvrir la fente palpébrale est passif de la part de la paupière inférieure, qui retombe un peu en vertu de la pesanteur et de l'élasticité des parties; la paupière supérieure au contraire est tirée en haut par son muscle releveur.

D'après LOR, lors du clignement réflexe et synergique (mais qui dépend aussi de la volonté), c'est la portion dite orbitaire du muscle orbiculaire qui se contracte, pendant que le m. releveur se relâche (influence d'arrêt sur ce muscle). — Le « clin d'œil », mouvement volontaire, est dû à une contraction du m. orbiculaire dans sa totalité, qui surmonte la tonicité du m. releveur non relâché. — L'occlusion forcée, spasmodique, de la fente palpébrale, est l'effet d'une contraction du m. orbiculaire en totalité (de la portion orbitaire et de la portion palpébrale); tous les muscles de la face peuvent y contribuer. Si elle est unilatérale, le m. releveur ne se relâche pas. — L'ouverture normale de la fente palpébrale est obtenue par une contraction du m. releveur et le relâchement de l'orbiculaire. — Pendant le sommeil, l'occlusion de la fente palpébrale est le résultat de la tonicité de l'orbiculaire, plus forte que celle du releveur.

On n'oubliera pas que le muscle releveur de la paupière est innervé par le nerf oculo-moteur commun, et le m. orbiculaire par le n. facial.



Les *larmes* — liquide aqueux renfermant des sels, surtout NaCl et de la mucine — s'écoulent par l'appareil lacrymal (papilles lacrymales, canalicules lacrymaux, sac lacrymal et canal nasal) dans le nez. Cet appareil constitue une véritable pompe aspirante et foulante; il est muni de replis muqueux faisant office de valvules et ne permettant le passage des larmes que vers le nez. Au moment de la contraction du muscle orbiculaire des paupières, les fibres contractiles insérées sur la face antérieure du sac lacrymal le dilatent, et les larmes sont aspirées. Le muscle se relâche ensuite, et l'élasticité des parties chasse le trop-plein vers le seul côté où il y a une issue, c'est-à-dire vers le nez. Des fibres musculaires circulaires contenues dans les papilles lacrymales paraissent empêcher, par leur contraction, le reflux des larmes dans le sac conjonctival, concurremment avec la disposition des valvules. — Quant on veut « chasser des yeux une larme importune », amenée par une émotion trop vive, on clignote pour faire fonctionner la pompe lacrymale; mais de plus on aspire à plusieurs reprises l'air à travers les narines, pour accélérer l'écoulement des larmes. Une forte contraction du muscle orbiculaire paraît comprimer le sac lacrymal et le vider vers le bas. — L'évaporation des larmes à l'orifice nasal des voies lacrymales produit une aspiration du liquide vers le bas, ce qui contribue également à faire écouler les larmes du sac conjonctival.

Les *sourcils* ont pour effet très-utile d'empêcher la sueur du front de couler dans les yeux (et de les irriter).

## ORGANE AUDITIF.

Les sensations fournies par les excitations de l'appareil nerveux auditif sont appelées acoustiques. Elles sont provoquées chaque fois qu'une partie déterminée de l'écorce cérébrale du lobe temporal (l'aboutissant des fibres du nerf acoustique) est excitée. L'excitant spécial, *adéquat*, de l'appareil nerveux acoustique, est constitué par les vibrations sonores, qui sont transmises à l'endolymphe, puis à la terminaison périphérique du nerf acoustique. Celle-ci est facilement excitée par les vibrations sonores, alors que le nerf lui-même y est insensible. De plus, cette terminaison délicate est entourée de parties compliquées qui la préservent du contact avec les autres influences extérieures, et qui par contre livrent un accès facile aux ondes sonores. — L'appareil nerveux auditif est cependant souvent excité par d'autres influences que les ondes sonores, quelquefois par des processus pathologiques. Quand nous relevons la tête après nous être baissés, nous avons souvent des sensations auditives « subjectives », des tintements très-aigus. En s'observant dans le silence le plus absolu, on remarquera que nous ne sommes jamais sans sensations auditives : nous entendons toujours quelque chose, de même que nous voyons toujours au moins le chaos lumineux. Dans les maladies de l'oreille qui affectent plus ou moins le labyrinthe, les malades sont souvent molestés par des bourdonnements d'oreilles, des tintements etc. Dans les affections des centres nerveux, les hallucinations auditives (voix parlantes etc.) sont très-fréquentes.

### RAPPEL DE QUELQUES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU SON.

**Réflexion du son.** — A la suite d'un déplacement très-brusque d'un corps, il se produit dans l'air ambiant une condensation, un rapprochement des molécules, qui se propage dans toutes les directions, sous forme d'onde sphérique dont le centre est le point primitivement ébranlé. Cette condensation des molécules est suivie en chaque endroit d'une dilatation; puis l'équilibre se rétablit, si de nouvelles secousses ne renouvellent pas le même phénomène. Si l'onde en question frappe notre oreille, elle y provoque dans certaines circonstances une sensation acoustique, un son. — Comme pour l'œil, nous reportons à l'agent extérieur la qualité de notre sensation acoustique; nous désignons la vibration de l'air par le nom d'onde sonore, de son. — Les vibrations sonores se propagent dans l'air suivant les mêmes lois qui régissent la propagation des vibrations de l'éther (lumière), avec une vitesse de 333 mètres à la seconde. Nous pouvons distinguer un « rayon » sonore, qui est la ligne suivant laquelle le son arrive à notre oreille. Le son subit la réflexion à la surface des corps (l'angle d'incidence étant égal à l'angle de réflexion). La vibration sonore qui frappe un corps solide n'est cependant pas réfléchiée en totalité; une partie de la force vive est transmise au corps solide, et y subit une véritable réfraction.

La réflexion des ondes sonores a trouvé quelques applications à signaler. Supposons un rayon sonore — on dit ordinairement une onde sonore — pénétrant dans un cylindre creux, ou dans un cône creux, et suivant son axe. L'onde tend à s'épanouir de la manière indiquée plus haut; mais chaque rayon qui touche la paroi le fait sous une incidence oblique; il est renvoyé vers l'intérieur une première, une seconde etc. fois; la force vive arrive à l'autre extrémité du tube, non pas diminuée en raison du carré du chemin parcouru (comme dans la propagation à l'air libre), mais suivant une proportion beaucoup plus faible (une petite partie s'est communiquée à la paroi, qui l'a cédée à l'air ambiant). Tel est le cas des porte-voix, des cornets et tubes acoustiques, de l'otoscope et des tubes parlants, tous instruments qui ne renforcent donc pas la voix, mais l'empêchent plus ou moins de se perdre. — Le stéthoscope, bien que souvent construit d'après le principe du cornet acoustique, doit son utilité à une autre circonstance, à la transmission des vibrations sonores à travers la substance solide dont l'instrument est confectionné. — Le microphone renforce réellement les sons; l'origine de la force vive renforçante est dans un élément de pile.

**Transmission du son à travers les solides.** — Les vibrations dont sont animées les molécules de l'air se communiquent aux molécules des corps solides, qui sont ébranlées également et transmettent leur force vive aux molécules voisines. Une onde de condensation des molécules, suivie d'une onde de dilatation, parcourt également le solide, avec une vitesse plus grande que dans l'air. Le corps solide reste immobile, bien que ses molécules se déplacent. — La vibration sonore peut aussi déplacer le solide dans son ensemble, donner naissance à un mouvement des masses. Ce cas se présente si le corps a un volume trop petit pour pouvoir admettre dans son étendue une longueur d'onde entière; tel est le cas d'une corde de violon ou d'une membrane. La longueur d'onde dépassant de beaucoup l'épaisseur de la membrane, les molécules de cette dernière se déplacent toutes (à un moment donné) dans le même sens: toute la membrane se déplace. Lorsqu'une onde sonore frappe une membrane, la surface frappée est relativement grande par rapport à la masse, celle-ci est ébranlée par une quantité relativement grande de force vive: circonstance favorable à la communication du mouvement de l'air à un solide. — Le cas de la membrane se présente pour la membrane du tympan.

**Représentation graphique des ondes sonores.** — Le méthode graphique peut servir à rendre visible le chemin parcouru par les molécules d'un corps vibrant, ainsi que les déplacements des corps vibrants dans leur ensemble, et cela de la manière suivante. Nous venons de dire que l'onde de condensation de l'air peut pro-

voquer, notamment dans une membrane, un mouvement de masse, un déplacement réel. La vitesse dont est animée la membrane reflétera la condensation ou le degré de rapprochement des molécules de l'air qui ébranle la membrane. Si donc la membrane

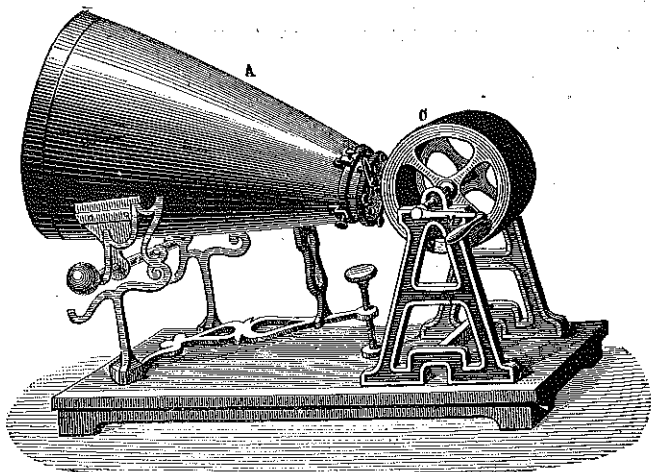


Fig. 263. — Phonautographe de Scorr.

est munie d'un style ou d'un plume écrivante, celle-ci pourra inscrire sur un kymographe p. ex. une courbe qui sera une image fidèle de la manière dont se succèdent dans le temps les condensations et les écartements des molécules de l'air; la courbe représente les vitesses dont sont animées ces molécules. Un tel instrument (fig. 263) nous est donné dans le *phonautographe* (de Scorr). Le cône A est en quelque sorte un cornet acoustique; il retient les ondes sonores qui y pénètrent, et les conduit presque intégralement sur une membrane qui en ferme l'extrémité. La membrane porte un style inscripteur, qui écrit une trace sur le cylindre horizontal C, mû à la main (ou par un mouvement d'horlogerie), et recouvert d'un papier enduit de noir de fumée.

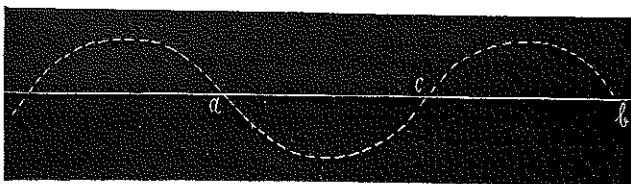


Fig. 264.

Si nous tenons dans l'ouverture du phonautographe un diapason vibrant, nous obtenons une courbe très-régulière, analogue à celle représentée dans la fig. 264, et qui est connue sous le nom de sinusoïde. Le diapason produit donc des vibrations très-régulières, tout comme un pendule; ce dernier inscrirait directement sur un cylindre enregistreur une sinusoïde.

Si deux sources sonores agissent simultanément (devant le phonautographe), une molécule de l'air reçoit deux chocs distincts; sa trajectoire est modifiée; elle est la résultante des deux impulsions. Trois, quatre etc. sources sonores modifieront chacune la trajectoire, et la courbe obtenue au phonautographe s'en ressentira; elle deviendra plus ou moins irrégulière.

La figure 265 représente des graphiques obtenus de cette manière. La courbe supérieure (sinusoïde) de chacun des quatre couples de tracés provient des vibrations d'un diapason exécutant 521 vibrations à la seconde, et qui, à l'aide d'un style dont est munie une de ses branches, inscrit directement sa vibration sur le cylindre.

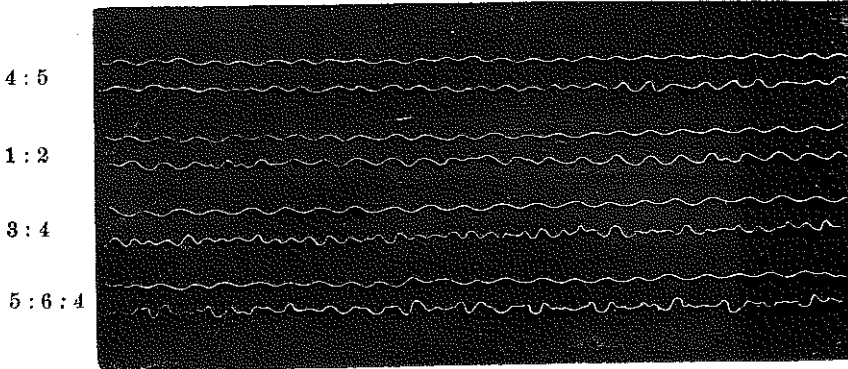


Fig. 265. — Tracés graphiques de vibrations sonores obtenus à l'aide du phonautographe.

La courbe inférieure du couple 1 : 2 a été obtenue en tenant devant le phonautographe deux diapasons dont les nombres des vibrations étaient dans le rapport de 1 : 2 (512 et 1024) ; pour la courbe inférieure 4 : on a employé des vibrations dans le rapport des 4 : 5 ; pour la courbe 5 : 6 : 4, on a employé trois diapasons dont les vibrations étaient dans le rapport de 5 : 6 : 4.

Les ondes sonores produites par l'ébranlement de la plupart des corps sonores sont plus ou moins composées. Une corde ébranlée vibre d'abord dans sa totalité ; puis ses deux moitiés vibrent chacune de son côté, et ces vibrations partielles sont deux fois plus rapides que celles de la corde en totalité. Mais les tiers, les quarts etc. de la corde peuvent vibrer aussi, et un nombre de fois 3, 4 etc. plus grand que la corde dans son ensemble. Chacune de ces vibrations émet une onde pendulaire à part, de longueur différente, et ces diverses impulsions agissant simultanément sur la molécule d'air, le mouvement de celle-ci ne sera plus un simple mouvement de pendule ; la courbe inscrite sur le phonautographe différera beaucoup d'une sinusoïde. La grande majorité des corps sonores, les membranes vibrantes, même nos instruments musicaux, sont dans le cas de la corde vibrante. Le diapason est un des rares exemples de corps qui vibrent à la manière d'un pendule. Le son émis par une flûte est également assez simple.

Les effets de deux ou plusieurs vibrations émises simultanément ressortent des figures 266, 267 et 268. Si deux vibrations pendulaires identiques 1 et 2 (fig. 266) sont communiquées à l'air, de manière que les phases des deux impulsions coïncident, le son résultant est simplement renforcé, la courbe résultante (3) offrira le même nombre d'ondulations que les deux premières, mais ses ondulations seront plus grandes ; la force vive des molécules vibrantes est simplement renforcée, le rythme de la vibration n'est pas altéré ; le son sera le même au point de vue de sa hauteur, mais plus intense. Si les deux sinusoïdes représentant les vibrations 1 et 2 (fig. 267) de deux diapasons identiques se superposent avec un déplacement d'une demi-longueur d'onde, si les phases de deux vibrations sonores identiques, émises simultanément, diffèrent d'une demi-longueur d'onde, l'une impulsion tend à mouvoir la molécule dans un sens, l'autre dans le sens opposé ; la molécule restera en place, sa trajectoire inscrite sera une ligne droite 3 : le son est annulé. — Deux ou plusieurs vibrations émises simultanément (fig. 268, lignes pointillées), peuvent différer par leur durée ; la

courbe résultante (ligne pleine) s'en ressentira. — Cette courbe résultante deviendra très-irrégulière, si un grand nombre de sons, très différents dans leurs phases, sont émis simultanément.

Lorsqu'une succession de vibrations sonores frappe notre appareil auditif assez rapidement pour que l'effet de la première dure encore quand arrive la seconde, nous avons une sensation auditive continue. Ces ondes arrivent-elles périodiquement, à des intervalles égaux, alors le son est désigné sous le nom de *ton* (son musical). Si les secousses se suivent irrégulièrement, sans aucune périodicité (fig. 269), alors nous éprouvons la sensation du *bruit*.

Fig. 266.

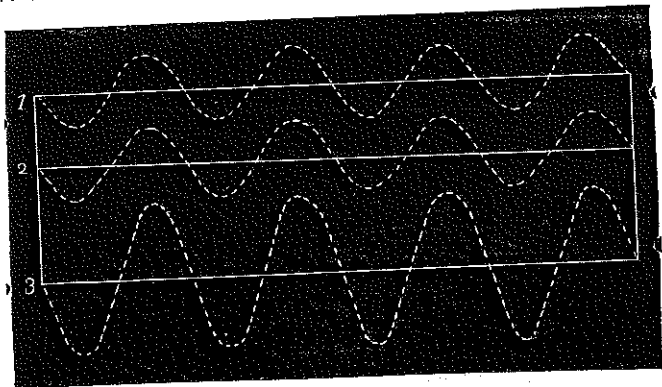


Fig. 267.

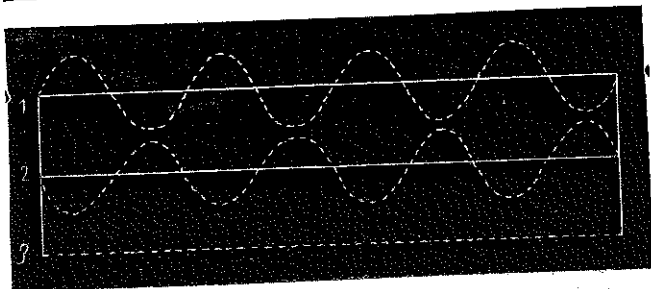


Fig. 268.

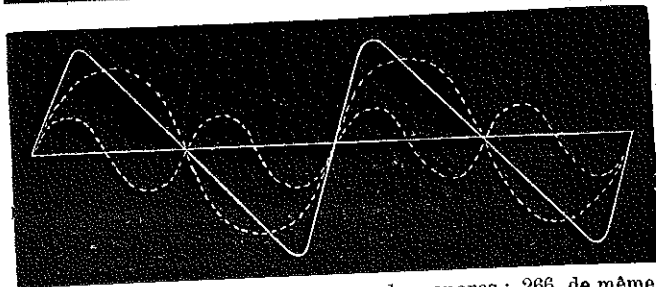


Fig. 266, 267, 268. — Interférences de deux ondes sonores : 266, de même période et à phases concordantes; 267, de même période, mais les phases différant d'une demi-longueur d'onde; 268, dont l'une est l'octave de l'autre.

On parle généralement de « *consonance* » quand deux ou plusieurs sons musicaux (tons), composés de vibrations sonores rythmiques, émis simultanément, se renforcent (fig. 266). Le cas représenté dans la figure 268, où deux vibrations, quoique de rythmes différents, se renforcent, constitue encore un fait de consonance. Tous les

sons dont le nombre de vibrations dans l'unité de temps sont dans les rapports des nombres entiers 1, 2, 3, 4, 5 etc., sont dits consonnants.

Le nom d'« interférence », employé par les physiiciens pour désigner la combinaison de deux ou de plusieurs tons quelconques, émis simultanément, s'applique dans un sens plus restreint aux cas dans lesquels deux ou plusieurs vibrations s'annulent (fig. 267), ou même s'affaiblissent, se contrarient seulement. Un exemple de ce dernier

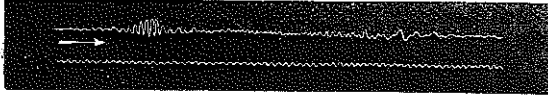


Fig. 269. — Graphique d'un bruit, obtenu en prononçant dans le phonographe le mot *choc*, la membrane de l'instrument étant relâchée. La sinusoïde provient d'un tuyau d'orgue de 200 vibrations à la seconde (HENSEN).

genre nous est donné dans le *battement* de deux ou plusieurs tons. Considérons en deux très-réguliers, dont les courbes sont des sinusoïdes p. ex., différant d'une seule vibration à la seconde. Alors, pendant une demi-seconde, le son résultant ira en se renforçant, puis pendant une demi-seconde en diminuant, pour devenir nul pendant un instant; il reprend et augmente, etc. Il y aura un battement par seconde. Au phonographe, le phénomène se traduira par un renforcement et une diminution périodiques du graphique, la diminution allant jusqu'à l'annulation de toute sinuosité (fig. 270). Si les deux sons diffèrent de deux vibrations à la seconde, la résultante offre deux battements à la seconde, et ainsi de suite.

Si la différence entre les nombres de vibrations augmente trop, les battements se succèdent très-rapidement, et notre oreille ne les distingue plus guère; mais il naît

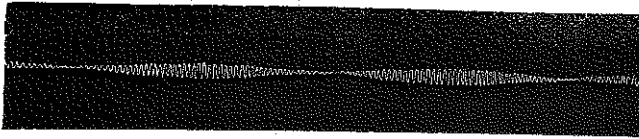


Fig. 270.

une sensation désagréable que nous nommons « *dissonance* » (quand il y a 30 battements à la seconde et plus). — La « consonnance » et la « dissonance » sont donc en réalité des qualités de nos sensations, et à ce titre nous y reviendrons plus loin. Mais de même que les désignations de « son », de « bruit », nous appliquons ces noms, surtout celui de « consonnance », aux processus physiques qui leur donnent naissance dans notre appareil nerveux acoustique; et pour ce motif nous avons dû les employer ici, par anticipation.

Les *flammes manométriques* sont un second moyen de rendre visibles des différences entre les diverses vibrations sonores (voyez page 392).

**Résonance.** — Lorsqu'une onde sonore frappe un corps solide (lorsque le rayon sonore passe d'un milieu dans un autre), elle est partiellement réfléchie, et partiellement elle se communique au corps solide. Si ce dernier est assez peu volumineux, il vibre dans son ensemble, et à son tour communique ses vibrations à l'air ambiant. — En règle générale cependant, l'équilibre moléculaire du corps solide est tel que ses molécules vibrent plus facilement d'après tel rythme que d'après tel autre. Une cloche suspendue et trop lourde pour être ébranlée sensiblement par l'effort d'un seul homme, constitue un pendule qui peut osciller d'après un rythme bien déterminé. Si un homme lui imprime une première impulsion, elle exécutera un certain nombre de très petites oscillations; et si à chaque élongation, le même homme donne une nouvelle impulsion, l'effet de la seconde, de la troisième etc. impulsion s'ajoute à celui de la

précédente, et les oscillations de la cloche finiront par devenir très-excursives. — Les molécules des corps solides sont comparables à des pendules très-lourds, différents de longueur selon des divers corps (selon les dimensions du corps, selon qu'on tend plus ou moins fortement une corde); elle sont plus facilement mises en mouvement par des impulsions sonores du même rythme que celui qu'elles exécutent de préférence. Telle corde ou telle membrane vibrera plus aisément si elle est frappée par un son déterminé, pour lequel elle est *accordée*; on dit aussi qu'elle vibre à *l'unisson de ce son*. — Si le corps qui est à l'unisson avec un son déterminé a une large surface, il pourra communiquer à l'air la force vive des vibrations plus facilement que le corps qui produit le son. Surtout si on met les deux corps en communication, les vibrations de la source sonore se communiquent plus facilement au second corps solide qu'à l'air ambiant (pour cela il suffit de les relier directement, le son se propageant plus facilement à travers un solide qu'à travers l'air). Dans ces circonstances, le son arrive avec une plus grande intensité à notre oreille, par transmission à travers le second corps; la sensation est plus intense. On donne le nom de *résonateurs* aux corps qui renforcent ainsi (en réalité la force vive n'est pas renforcée) un son musical émis. On donne aux résonateurs les formes les plus diverses : de caisses en bois, de globes en verre ou en cuivre creux (fig. 271) etc. ; l'air confiné qui y est renfermé se comporte alors comme un corps solide, il fait corps avec son enveloppe solide. Si dans le voisinage d'un résonateur, on produit une série de sons, celui-là seul sera renforcé pour lequel le résonateur est accordé. En faisant varier les dimensions des résonateurs, on peut en construire qui (selon les dimensions) sont à l'unisson des sons les plus divers; mais chacun sera à l'unisson d'un son déterminé.

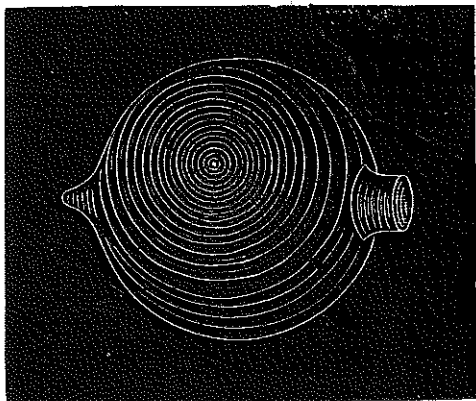


Fig. 271. — Résonateur de HELMHOLTZ.

On peut aussi faire en sorte d'éliminer plus ou moins la résonance, par exemple en relâchant une membrane de telle façon qu'elle ne soit accordée pour aucun son, ou au moins pour aucun des sons habituellement émis. Et comme la grande surface de la membrane l'exposera au choc d'un grand nombre de molécules de l'air, elle sera ébranlée assez facilement, et cela à peu près avec une égale facilité pour les différents sons. La membrane du phonautographe et celle du phonographe (d'EDISON) sont dans ce cas.

Nous rencontrerons des applications de ces principes dans l'oreille : la membrane du tympan n'est accordée par aucun des sons habituels, elle les transmet donc tous avec leurs intensités relatives. Dans l'oreille interne, au contraire, il y a des corps accordés chacun pour un son déterminé.

**Analyse des sons.** — Si nous regardons comme simples les vibrations sonores pendulaires, dont les courbes inscrites au phonautographe sont des sinusoides, tous les autres sons seront composés, et les courbes qui les représentent également. La physique expérimentale (de même que les mathématiques) est parvenue à analyser des mouvements sonores très-complicés, à l'aide des résonateurs, à réduire une vibration complexe en ses composantes sinusoides. Disposons en présence d'une source sonore complexe une série de résonateurs de HELMHOLTZ, accordés pour les sons les plus divers. Chaque résonateur renforcera (en apparence) la vibration élémentaire avec laquelle il est à l'unisson, ce qu'on pourra constater en y mettant l'oreille. Les

résonnateurs qui ne trouvent pas dans le mélange sonore de vibration pour laquelle ils sont accordés, resteront silencieux, ou plutôt transmettent très-faiblement tout le mélange sonore.

On peut aussi, par la méthode des *flames manométriques* rendre visible la réalité de cette analyse physique opérée par les résonnateurs. Quand un résonnateur vibre, l'air qui y est renfermé subit des condensations et des raréfactions alternatives, de sorte qu'il est alternativement chassé et aspiré par le résonnateur. Si donc on amène le son par une ouverture d'un résonnateur, dont l'autre ouverture est bouchée par une membrane vibrante faisant partie de la paroi du tube qui amène le gaz, la flamme oscillera chaque fois que le résonnateur est ébranlé, elle brûlera tranquillement si le résonnateur est sourd. KOENIG a disposé au devant d'un miroir tournant une série de résonnateurs accordés chacun pour un son différent, et dont chacun est en rapport avec une autre flamme. Au devant des flammes, on fait tourner rapidement un miroir, dans lequel on voit alors une traînée lumineuse uniforme correspondant à chaque flamme au repos, et une traînée dentée correspondant à chaque flamme qui oscille (voyez les fig. 176 et 177 pages 391 et 392).

### MARCHE DES ONDES SONORES DANS L'APPAREIL ACOUSTIQUE. TRANSMISSION DU SON A LA TERMINAISON DU NERF ACOUSTIQUE.

Les organes de transmission des ondes sonores dans l'oreille sont : l'oreille externe, le conduit auditif externe, la membrane du tympan, la chaîne des osselets dans l'oreille moyenne, et enfin la périlymphe et l'endolymphe dans le labyrinthe.

**Le pavillon de l'oreille** paraît jouer le rôle de cornet acoustique, et réfléchir vers le conduit auditif externe les ondes sonores qui le frappent. Ce rôle, certainement important chez certains animaux, n'est pas bien évident chez l'homme. En l'absence du pavillon, ou bien quand ses creux sont comblés, ou encore quand on en supprime l'influence par un tube enfoncé dans le conduit auditif, mais faisant saillie à l'extérieur, dans toutes ces circonstances l'ouïe n'est pas altérée d'une manière bien sensible.

**Le Conduit auditif externe** agit comme un tube acoustique. De plus, sa présence permet aux parties essentielles d'être situées profondément, à l'abri de toutes sortes d'influences nuisibles ou perturbantes.

**La membrane du tympan** joue un rôle important dans la transmission des ondes sonores de l'air. C'est elle qui par sa faible masse et sa grande surface, rend possible la communication des ondes de condensation de l'air à des parties solides; elle transforme le mouvement ondulatoire de l'air en un mouvement de masses. Contrairement à ce qui existe pour les membranes tendues, elle n'est accordée pour aucun son, elle n'a aucun son propre. Aussi transmet-elle toutes les secousses proportionnellement à leur intensité, sans en renforcer une plus particulièrement. L'absence de résonance particulière dans le tympan ressort déjà du fait que nous entendons également bien tous les sons. On en a au surplus fourni la preuve expérimentale.

Une membrane tendue a toujours un son propre; la dépression centrale de la



membrane du tympan vers l'oreille moyenne n'est donc pas due à une traction exercée sur elle par le manche du marteau, contrairement à ce qu'on serait tenté d'admettre. Du reste, elle conserve cette forme même après qu'on en a détaché le marteau. — La résonnance de la membrane est encore diminuée par le contact des osselets de l'ouïe, qui jouent à son égard le rôle d'étouffoir.

HELMHOLTZ a fait observer que la dépression centrale de la membrane du tympan a la signification physiologique suivante. Les mouvements qu'une force donnée communique à une membrane déprimée comme la membrane du tympan, sont moins excursifs que si elle était plane; par contre, la force du mouvement est augmentée. Et c'est là précisément ce qu'il faut: faible amplitude des mouvements, mais d'une énergie suffisante pour mettre en mouvement la masse du liquide endolympatique.

Il paraîtrait que la membrane du tympan n'est pas tout à fait exempte de son propre. Seulement, grâce à l'absence de tension, ce son serait plus bas que ceux pour lesquels l'oreille interne est sensible.

#### **Transmission des ondes sonores à travers les osselets de l'ouïe. —**

Le manche du marteau descend en bas et en avant; il adhère dans toute sa longueur à la membrane du tympan (fig. 272), dont l'ombilic correspond à l'extrémité du manche. La tête du marteau est reçue dans une espèce de cavité articulaire de l'enclume; celle-ci adhère au périoste (de la caisse du tympan) par le ligament de sa petite apophyse, tandis que sa longue apophyse va s'articuler avec l'étrier (par l'intermédiaire de l'os lenticulaire). Enfin, la base de l'étrier est reçue dans la fenêtre ovale du rocher, qu'elle ne remplit pas tout à fait; mais elle est reliée à l'os (du rocher) par un ligament circulaire, une espèce de membrane, qui permet un certain jeu à l'étrier. Au delà de l'étrier, nous avons la périlymphe du labyrinthe.

Les diverses articulations sont assurées par des ligaments, et de plus, les divers osselets ont de petites saillies qui rendent impossible tout chevauchement des os l'un sur l'autre, quand ils sont comprimés de dehors en dedans. Il en résulte que si on déprime la membrane du tympan, la chaîne des osselets se meut dans son ensemble, comme une seule tige, et le mouvement est transmis directement à la périlymphe. Mais quand le marteau est attiré en dehors, par la membrane du tympan, il peut quitter le contact avec l'enclume, dans la mesure permise par la longueur des ligaments articulaires.

On a prouvé, par un levier inscripteur placé sur les osselets, que les vibrations sonores ne se transmettent pas moléculairement à travers la chaîne des osselets, mais que chaque fois qu'un son frappe la membrane du tympan, les osselets se meuvent dans leur ensemble (POLITZER, 1861; BUCK, 1870), et que l'étrier est enfoncé un peu dans la fenêtre ovale. — Les dimensions de toute la chaîne sont trop petites pour admettre même une demi-longueur de vibration sonore; les diverses molécules osseuses sont, à un moment donné, animées du même mouvement; de là un déplacement de toute leur masse.

De nombreux ligaments, reliant les osselets au périoste de la caisse du tympan, ne permettent à la chaîne qu'un mouvement de rotation autour d'un axe passant par la courte apophyse de l'enclume. Dans la figure 272, cet axe  $ax'$ , perpendiculaire au plan du papier, passe par la courte apophyse de l'enclume. Lors donc qu'on déprime le manche du marteau, les parties supérieures de l'enclume et du marteau se déplacent en dehors (dans le sens de la flèche  $a$ ), et les autres parties (manche du marteau,

longue apophyse de l'enclume et étrier) en dedans, dans le sens de la flèche *ss*. C'est donc en réalité un jeu de levier du 2<sup>me</sup> genre, dont le point d'appui est dans la courte apophyse de l'enclume. Et comme le bras de levier de la résistance, composé de la longue apophyse de l'enclume et de l'étrier, est plus court que le bras de levier de la

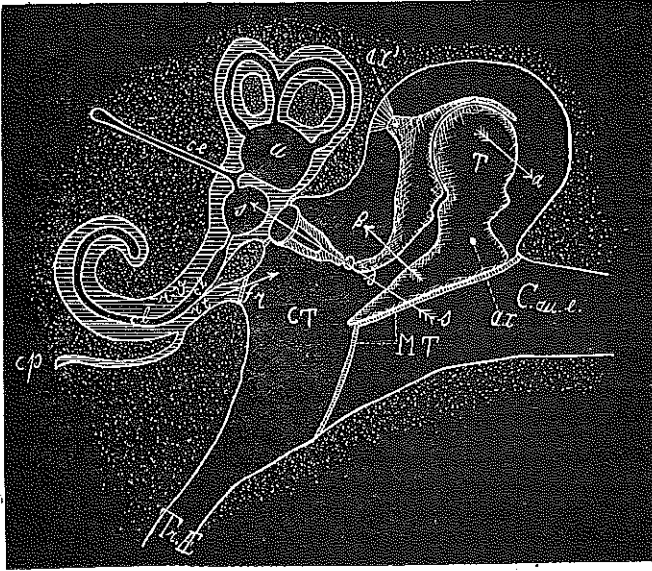


Fig. 272. — Schéma de l'oreille. *C. au. c.* conduit auditif externe; *MT*, membrane du tympan; *CT*, caisse du tympan; *Tr. E.* trompe d'Eustache; *T*, tête du marteau, appuyant dans une concavité de l'enclume, qui à son tour est en rapport avec l'étrier; *u*, utricule, dans lequel débouchent les canaux semi-circulaires membranés, et communiquant avec le sacculle *s* par l'intermédiaire du canal endolymphatique *ce*. Le sacculle se prolonge dans le canal limacien *c. l.*, contourné en spirale; *r. v.*, rampe vestibulaire, communiquant avec les espaces périlymphatiques du vestibule (et des canaux semi-circulaires) qui aboutissent dans la fenêtre ovale à la plaque de l'étrier; *r. l.*, rampe tympanique, aboutissant à la fenêtre ronde *f. r.*, et qui se prolonge dans le canal périlymphatique *c. p.*; *β*, flèche indiquant la direction suivant laquelle agit le muscle tenseur du tympan; *s. s.*, direction suivant laquelle agit le muscle et les vibrations de la membrane du tympan déplacent le manche du marteau, la longue apophyse de l'enclume et l'étrier; *a*, flèche indiquant la direction suivant laquelle se déplacent les parties supérieures du marteau et de l'enclume, quand on deprime le tympan; *ax'*, axe perpendiculaire au plan du papier, passant par l'enclume dans le voisinage du ligament qui fixe cet osselet au périoste (de la cavité du tympan), et autour duquel se déplace l'ensemble des osselets de l'ouïe.

puissance, constitué par le manche du marteau, le mouvement se transmettra à la périlymphe diminué dans son excursion, mais augmenté dans sa force. Cet effet est déjà préparé par la concavité de la membrane du tympan. Le contenu liquide du labyrinthe, enfermé dans une capsule rigide, ne saurait en effet se déplacer beaucoup; de plus, il faut une certaine force pour l'ébranler.

**Muscle du marteau et muscle de l'étrier.** — Les rôles de ces deux muscles (dont le premier est innervé par le trijumeau, le second par le facial) est à peu près totalement inconnu. A en juger d'après leur disposition anatomo-

mique, celui du marteau, dont l'action s'exerce dans la direction de la flèche  $\beta$  (fig. 272); pourrait tendre la membrane du tympan, le second pourrait empêcher la base de l'étrier d'être enfoncée trop dans la fenêtre ovale. De là le nom de tenseur du tympan qu'on a donné au muscle du marteau.

On a cru longtemps que le muscle du marteau était une espèce de muscle accommodateur pour l'oreille. En tendant plus ou moins fortement la membrane du tympan, il modifierait le son propre de celle-ci, la rendrait plus apte à être ébranlée par tel ou tel son. — Mais d'abord, la membrane du tympan n'est jamais à l'unisson d'aucun des sons que nous entendons, notre expérience de tous les jours en fait foi. Ensuite, une telle accommodation ne pourrait être que très-désavantageuse dans l'audition. En effet, notre appareil acoustique sert surtout à la perception de vibrations très-complexes, c'est-à-dire de bruits : la voix humaine, surtout les consonnes, ainsi que la plupart des sons de la nature, sont des bruits bien plus que des sons musicaux. Et en fait nous apprécions les moindres modifications des bruits : il faut donc que la membrane du tympan les transmette intégralement, ce qui ne serait pas possible si elle était mise toujours à l'unisson de telle ou de telle vibration simple. Enfin, une membrane qui a un son propre, une fois ébranlée dans son rythme, garde longtemps ce mouvement : ce qui est en opposition avec le fait que nous entendons des variations très-rapides, même des bruits. Au contraire, une membrane non tendue, analogue au tympan, n'a pas de son propre, et arrive très rapidement au repos.

Les contractions de ce petit muscle sont de nature réflexe. Sur un chien dont on a ouvert la cavité du tympan, on y provoque des secousses en produisant des sons dans le voisinage de l'animal. D'après des expériences faites par HENSEN sur des chiens et des chats, chaque son, chaque syllabe prononcée provoque une secousse du muscle tenseur du tympan. Un son prolongé ne donne pas lieu à un tétanos.

Certaines personnes peuvent contracter volontairement le muscle tenseur du tympan.

#### **Transmission des ondes sonores à travers les os de la tête. —**

On admet souvent que les ondes sonores sont en grande partie transmises à l'oreille interne par les os de la tête. — Lorsqu'on tient une montre contre les incisives supérieures, ou bien si on place un diapason vibrant sur la tête, on les entend plus clairement qu'en les tenant au devant de l'oreille externe. Il paraît toutefois que même dans ce cas, le son est transmis à l'oreille interne non directement par l'os temporal, mais à travers le tympan et les osselets. En effet, si on répète la même expérience sur le cadavre, en auscultant à l'ouverture intracrânienne du canal auditif interne, on entend le son bien plus distinctement si les osselets sont intacts que si on a enlevé par exemple l'étrier (POLITZER). — LUCAS a du reste démontré à l'aide de la méthode graphique que dans cette expérience, la membrane du tympan et les osselets de l'ouïe vibrent réellement.

Les sons pénétrés dans l'oreille interne en ressortent aussi à travers les osselets et la membrane du tympan : en écoutant contre l'oreille d'un individu qui porte sur la tête un diapason vibrant, on entend le son du diapason sortir comme renforcé de l'oreille. — Lorsqu'on bouche un conduit auditif externe à l'aide du doigt, et qu'on place sur la tête un diapason vibrant, on l'entendra très fortement dans l'oreille bouchée, parce que l'obstacle renvoie plusieurs fois vers l'intérieur de l'oreille les mêmes ondes qui tendent à en sortir.

La conduction du son à travers l'air de la caisse du tympan jusqu'à l'oreille interne, à côté des osselets, ne saurait être bien importante, à cause de la difficulté avec laquelle le son est transmis de l'air aux corps solides, et vice versa. — On entend cependant, mais imparfaitement, sans osselets et sans membrane du tympan.

**Trompe d'Eustache.** — La trompe d'EUSTACHE sert à maintenir un équilibre de pression aux deux faces de la membrane du tympan, entre l'air qui remplit la caisse du tympan et l'air extérieur, qui pèse sur la membrane avec la pression d'une atmosphère. De plus, elle livre passage vers le pharynx à la sécrétion — peu copieuse, si tant est qu'elle existe — de la cavité du tympan. La membrane du tympan ne vibre facilement que si la pression est égale à ses deux surfaces.

La trompe d'EUSTACHE est ordinairement fermée du côté du pharynx, mais elle s'ouvre au moment de la déglutition et lors du bâillement. Il faut même une pression assez forte pour pousser de l'air dans la cavité du tympan, à travers la trompe fermée, par exemple quand on fait une expiration forcée pendant qu'on ferme la bouche et les narines (expérience de VALSALVA). Quand nous faisons un mouvement de déglutition, ou quand nous baillons, l'air se raréfie dans le pharynx, et est aspiré de la cavité du tympan : nous entendons un craquement sec, produit par la dépression de la membrane du tympan à la suite de la diminution de pression dans la cavité du tympan. Si nous fermons le nez pendant l'acte de déglutition, la raréfaction de l'air est encore plus forte dans la cavité du tympan, la membrane est déprimée davantage : nous sentons une pression dans l'oreille, et l'ouïe reste dure aussi longtemps que le rétablissement de la pression aérienne n'a pas relevé la membrane du tympan (expérience de MUELLER).

Les ondes sonores ne sont pas conduites à l'oreille moyenne par la trompe, habituellement fermée. Si on enfonce un corps vibrant dans la bouche, on l'entend de moins en moins, à mesure qu'il se rapproche de l'orifice pharyngien de la trompe. Si néanmoins nous ouvrons la bouche pour entendre très-bien (une attitude très-caractéristique pour les sourds), c'est en partie pour faciliter la transmission de la pression atmosphérique à la cavité du tympan (ce qui facilite les vibrations de la membrane du tympan), en partie aussi pour obtenir une résonance de l'air contenu dans la bouche, dont les vibrations sont transmises à l'oreille à travers les os de la tête. — En temps ordinaire, notre propre voix arrive à notre oreille interne par la voie de l'oreille externe. Mais si nous parlons en bâillant (alors la trompe est ouverte), notre voix résonne dans l'oreille; elle y pénètre à travers la trompe d'EUSTACHE.

On peut voir, sur le vivant, à l'aide d'un petit miroir introduit dans la gorge, la partie supérieure du pharynx, l'ouverture de la trompe d'EUSTACHE, et l'ouverture postérieure des narines (rhinoscopie, voir page 382).

Pour voir le fond du conduit auditif externe, il faut évidemment placer son œil au devant de l'oreille externe, sans intercepter les rayons lumineux; ce qui est impossible à l'inspection directe, puisque la tête de l'examineur intercepte l'accès de la lumière. Il faut ici recourir à l'artifice employé en ophtalmoscopie. Après avoir élargi et redressé le conduit auditif à l'aide d'un petit tube en forme d'entonnoir, on regarde au fond de l'oreille à travers l'ouverture centrale d'un miroir qui sert à réfléchir dans l'oreille les rayons d'une source lumineuse convenablement placée. — On parvient ainsi à voir le tympan, et de plus, on voit par transparence le manche du marteau.

**Oreille interne, Anatomie.** — L'oreille interne consiste essentiellement en une cavité creusée dans le rocher, remplie d'un liquide clair dans lequel flotte un sac membraneux, renfermant lui aussi un liquide aqueux, et portant à sa face interne un épithélium qui en des endroits particuliers constitue la terminaison périphérique du nerf acoustique. Cette forme de l'oreille interne, qu'on trouve au bas de l'échelle des vertébrés, existe aussi chez l'homme à un stade primitif du développement embryonnaire. Le liquide qui remplit le sac membraneux est « l'endolymphe », et celui qui l'entoure est la « périlymphe ». Chez la plupart des vertébrés, les choses se compliquent; le sac unique se divise en deux, « *utricule* » *u* et « *sacculé* » *s* (fig. 272); le premier

se ramifie encore davantage, et donne naissance aux « canaux semi-circulaires membranueux »; le second émet un long tube qui se recourbe en spirale, « le canal limacien » *cl*.

Toutes ces parties continuent à être entourées de périlympe, c'est-à-dire que la masse osseuse du rocher se moule sur les parties, tout en laissant entre elles et l'os un espace pour la périlympe. Le canal limacien seul ne reste pas au centre des espaces périlymphatiques; il est réjeté sur un côté, contre la paroi osseuse. De plus, de ce canal limacien part un prolongement osseux qui va jusqu'à la paroi opposée de l'espace périlymphatique; ce dernier est ainsi subdivisé en deux tubes étendus dans toute la longueur du limaçon : ce sont les deux rampes du limaçon (fig. 273). Il y a donc

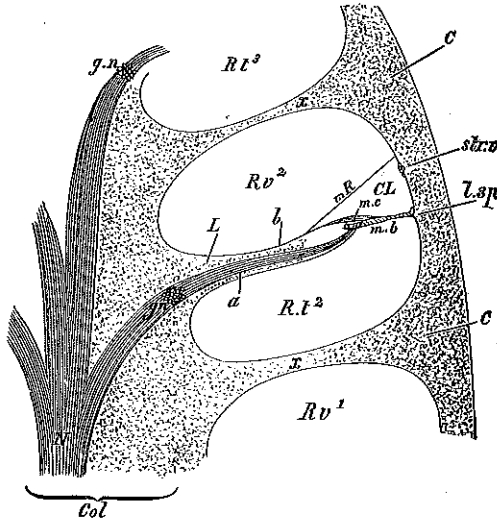


Fig. 273. — Un fragment de coupe du limaçon, suivant son axe ou columelle (*col*). *N*, nerf limacien logé dans l'axe de la columelle, et émettant à droite et à gauche des rameaux qui passent par le ganglion spiral (*gn*), et se logent dans la lame spirale osseuse (*Lb*), qui est reliée au périoste par la lame spirale membraneuse *m. b*. *Rv<sup>2</sup>*, rampe vestibulaire; *Rt<sup>2</sup>*, rampe tympanique; *CL*, canal limacien, séparé de la rampe vestibulaire par la membrane de REISSNER (*mR*), et de la rampe tympanique par la lame spirale membraneuse.

trois tubes parallèles dans le limaçon, les deux rampes et le canal limacien. — Les deux rampes communiquent ensemble au sommet du limaçon. A la base, une rampe s'ouvre dans l'espace périlymphatique qui entoure le saccule — rampe vestibulaire *r. v.* —; l'autre va aboutir à la membrane de la fenêtre ronde — rampe tympanique *r. t.*

Quant aux terminaisons du nerf acoustique, il faut considérer *a*) celle de la branche vestibulaire du nerf acoustique, dans les crêtes acoustiques de l'utricule et du saccule, ainsi que dans les ampoules des canaux semi-circulaires, et *b*) celle de la branche limacienne. En ces divers endroits, on a poursuivi les fibres nerveuses jusque entre les cellules épithéliales qui tapissent la face interne des divers canaux constituant le labyrinthe de l'oreille interne.

La branche limacienne du nerf acoustique est logée dans l'axe de la columelle (fig. 273); elle émet dans toute la longueur du limaçon une couche non interrompue de fibres logées dans la lame spirale, le prolongement osseux qui sépare les deux rampes, et relie le canal limacien à l'axe de la columelle. Arrivées contre le canal limacien, les fibres nerveuses perforent la lame spirale et pénètrent (fig. 274, *l*) au sein d'une formation épithéliale connue sous le nom d'organe de Corti, qui a comme support une membrane très mince, d'origine mésoblastique (de tissu conjonctif?), composée (chez

l'homme) d'environ 60.000 fibres (NUEL) élastiques, capables de vibrer isolément, et dont la longueur augmente progressivement depuis la base du limaçon vers le sommet.

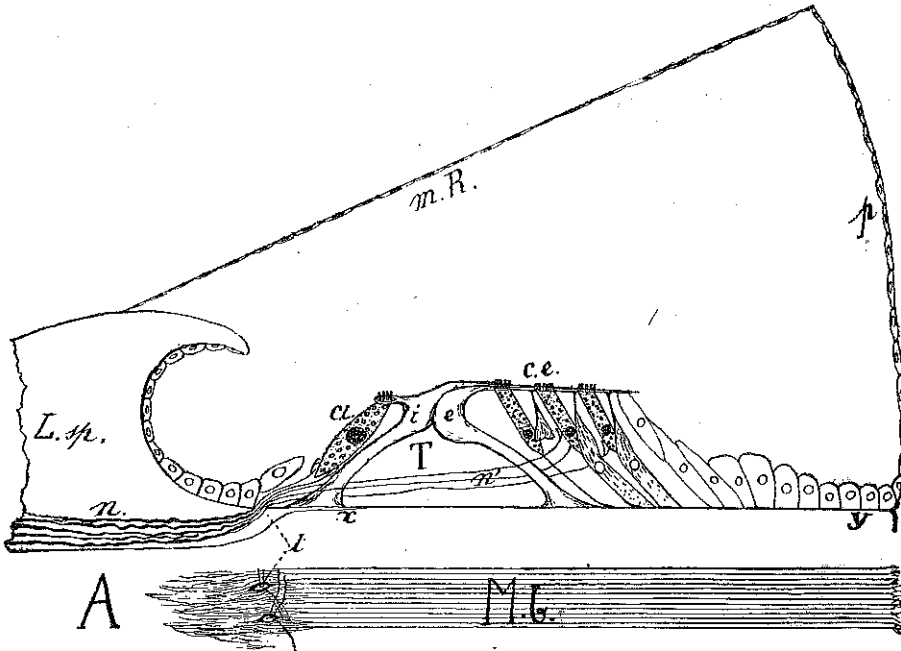


Fig. 274. — Organe de Corti. La figure représente une coupe transversale à travers le canal limacien. *n.* fibres du nerf limacien logées dans la lame spirale. En *i.*, elles pénètrent au sein de cette partie de l'épithélium du canal limacien connue sous le nom d'organe de Corti. Ce dernier est supporté par la partie de la lame spirale qui a reçu le nom de membrane basilaire, et dont un fragment est dessiné de champ en A. T, tunnel de Corti *ci*, cellules acoustiques internes. *ce*, cellules acoustiques externes. *i.*, pilier de Corti interne. *e.*, pilier de Corti externe. Les fibres nerveuses (dépeuillées de leur moelle) traversent le tunnel de Corti et arrivent entre les cellules acoustiques externes.

Les cellules acoustiques de l'organe de Corti (surtout les externes), sont insérées sur les fibres de cette *membrane basilaire*. — La membrane basilaire sépare le canal limacien de la rampe tympanique.

**Marche des ondes sonores dans l'oreille interne.** — Nous avons conduit les ondes sonores à travers les osselets de l'ouïe et la fenêtre ovale jusque dans la périlymphe. Les divers cavités (sacs et canaux) du labyrinthe étant remplis d'eau, l'ensemble représente une petite capsule rigide remplie d'un liquide aqueux, dont le volume est beaucoup trop petit pour admettre une seule onde sonore dans toute sa longueur, même en supposant le limaçon déroulé. Il se présente donc ici le même phénomène que pour les osselets de l'ouïe : à un moment donné, toutes les molécules liquides recevront à peu près simultanément la même impulsion; la masse liquide incompressible (y compris les formations membraneuses qui y plongent) tend à se déplacer dans son ensemble, comme un corps solide; mais elle ne le pourra guère, enfermée

qu'elle est dans une capsule rigide. En fait, les déplacements sont très petits, virtuels en quelque sorte; et ils doivent être tels pour ne pas froisser les organes délicats qui y flottent et qui ne pourraient sans se déchirer exécuter des mouvements excursifs.

La masse liquide peut cependant céder en deux ou trois endroits déterminés : à la fenêtre ronde, au canal endolympatique *c e* (fig. 272) ou aqueduc du vestibule, et au canal périlymphatique *c p* ou aqueduc du limaçon.

Selon toutes les apparences, les ondes sonores ne suivent donc pas un chemin particulier dans le labyrinthe (p. ex. aller par la rampe vestibulaire et revenir par la rampe tympanique); elles sont transmises simultanément dans toutes les directions à travers le labyrinthe membraneux, et arrivent ainsi aux terminaisons du nerf acoustique.

On croyait longtemps que la membrane qui ferme la fenêtre ronde conduirait au limaçon des ondes sonores venues à travers l'air de la caisse du tympan; elle serait donc une espèce de seconde membrane du tympan. L'expérimentation a prouvé qu'il n'en est rien; qu'au contraire cette membrane bombe vers la cavité du tympan chaque fois qu'un son frappe l'oreille (MACH et KESSEL). La périlymphe, poussée par la base de l'étrier, tend donc à s'échapper par la fenêtre ronde, et se déplace réellement un peu, dans la mesure permise par la membrane de la fenêtre ronde.

L'aqueduc du limaçon *c. p.* (fig. 272) est un tube étroit, ouvert dans la rampe tympanique près de la fenêtre ronde, et qui débouche dans les espaces sous-arachnoïdiens du cerveau, tout près de la fosse jugulaire. De même que la périlymphe comprimée se déplace un peu dans la fenêtre ronde, de même aussi elle se déversera un peu dans le crâne, à travers l'aqueduc en question. — Le canal de réunion entre le canal limacien et le saccule émet un mince tube, l'aqueduc du vestibule *ce*, dont l'extrémité fermée arrive aussi jusque dans le crâne. Le tube étant fermé du côté du crâne, il ne permettra pas un déplacement notable de l'endolymphe dans cette direction.

On ne sait toujours pas si le vestibule joue un rôle dans l'audition. Les oiseaux ont dans la lagena un limaçon. Les poissons n'ont que le vestibule, et d'après les dernières recherches (KREIDL), ils ne semblent pas entendre; ils sentent les ondes sonores par la peau. Plus loin nous verrons que les terminaisons nerveuses des ampoules, et peut-être celles dans le saccule et l'utricule, constituent un organe périphérique du sens de l'équilibre.

Dans le limaçon, les 60.000 fibres de la membrane basilaire, capables de vibrer isolément, paraissent, grâce à leur longueur grandissante depuis la base jusqu'au sommet du limaçon, être accordées chacune pour un son de hauteur différente. Il se peut donc qu'un son de hauteur déterminée ébranle et fasse vibrer une seule fibre de la membrane basilaire, celle qui est accordée pour ce son. Les fibres de la membrane basilaire à leur tour ébranleront les cellules acoustiques, et celles-ci les fillets nerveux. De cette manière serait réalisé le desideratum du principe des énergies spécifiques, qui veut qu'une vibration de l'air d'un rythme déterminé excite une fibre nerveuse déterminée, à l'exclusion des autres. Il faut seulement supposer de plus que chaque cellule acoustique ou chaque fibre nerveuse provoque dans le centre psycho-acoustique une sensation auditive de hauteur déterminée.

*L. J. J. J.*

## SENSATIONS ACOUSTIQUES.

L'excitant qui agit le plus facilement et habituellement sur la terminaison périphérique du nerf acoustique, l'excitant *adéquat* de l'appareil nerveux acoustique, est donné dans certaines vibrations des corps dits sonores. Généralement, nous considérons ces vibrations dans l'air; mais pour agir sur l'organe de Corti, elles doivent être transmises par la membrane du tympan et les osselets de l'ouïe à la périlymphe et à l'endolymphe. Ce sont donc en dernière analyse les vibrations d'un liquide qui agissent sur l'appareil nerveux acoustique. — Ces vibrations provoquent dans notre appareil acoustique des sensations dites « sonores »; de là aussi les noms de vibrations sonores, sons, ondes sonores, qu'on a donnés à l'agent physique qui provoque ces sensations.

Les vibrations de l'éther n'excitent l'appareil optique qu'entre certaines limites du nombre de leurs vibrations à la seconde. De même aussi l'appareil acoustique n'est excité qu'entre certaines limites du nombre des vibrations à la seconde. Des vibrations simples moins nombreuses que 30 à la seconde, c'est-à-dire d'une grande amplitude, peuvent bien être perçues par la peau comme sensation de contact, mais pas comme sensation acoustique par l'appareil auditif. Il y a aussi une limite supérieure à la perceptibilité des vibrations, estimée de quinze à vingt mille vibrations à la seconde.

On a bien annoncé que cette dernière limite était reculée jusqu'à trente et quarante mille vibrations; il est possible que dans ces circonstances ce ne soient pas ces vibrations qui excitent l'appareil acoustique, mais bien des sons concomitants dont le nombre de vibrations est beaucoup moindre. Une cause d'erreur analogue existe à la limite inférieure, car des vibrations très-lentes s'accompagnent ordinairement d'autres vibrations plus nombreuses.

La raison de cette différence ne réside évidemment pas dans les vibrations elles-mêmes, mais dans la construction de l'oreille: celle-ci est conformée de manière à n'être excitée que par des vibrations d'une certaine amplitude.

L'excitant extérieur de l'appareil acoustique est de sa nature intermittent et périodique, et néanmoins il produit une sensation continue, une espèce de tétanos parfait. — Une vibration unique ne donne pas lieu à une sensation acoustique. Il paraît que pour en produire une, il faut qu'au moins de 10-15 vibrations (se succédant suivant un rythme compris entre les limites indiquées plus haut) viennent frapper l'oreille.

**Qualités des sensations acoustiques.** — Nous faisons trois distinctions principales entre nos sensations acoustiques; nous en apprécions *l'intensité*, la *hauteur* et le *timbre*. A cela il faut peut-être en ajouter une quatrième, le degré plus ou moins grand de plaisir qu'ils nous procurent: *dissonance* et *consonance*. Aucune de ces qualités n'est susceptible d'une définition; elles sont données par le sens intime, et ne peuvent être en elles-mêmes l'objet de considérations physiologiques, pas plus que la qualité du rouge, du bleu etc. Mais nous pouvons rechercher quelles particularités dans l'agent physique, et quelles différences du processus physiologique correspondent à ces différences dans la sensation.

*L'intensité du son* est due, du côté de l'agent physique, à la force vive des molécules vibrantes, à l'amplitude de la vibration. Du côté physiologique, nous



devons admettre qu'une force vive plus grande provoque dans l'oreille un processus plus intense, une vibration plus excursive d'une fibre de la membrane basilaire, et par suite une excitation plus forte d'une fibre nerveuse, dans l'organe de CORTI. Nous entendons un même son d'autant plus fortement, avec une intensité d'autant plus grande, que nous sommes plus près de la source sonore; et l'intensité de la force vive qui anime une molécule vibrante de l'air est d'autant plus grande que nous nous rapprochons davantage de la source sonore. L'intensité ne dépend donc que de l'amplitude de la vibration, et nullement de la forme de la courbe inscrite par la vibration, ni du nombre des vibrations.

La hauteur du son dépend, pour ce qui regarde l'agent physique, du nombre de vibrations dans l'unité de temps. De deux diapasons, celui-là émet le son le plus élevé, qui vibre le plus rapidement. — Physiologiquement, nous admettons que des sons de hauteurs différentes excitent des fibres nerveuses différentes, reliées à des cellules corticales du cerveau dont les états fonctionnels sont perçus comme sons de hauteurs déterminées (HELMHOLTZ). C'est là une simple extension du principe des énergies spécifiques. Les fibres de la membrane basilaire, de longueurs différentes, paraissent être les intermédiaires entre le monde physique et le monde physiologique. Chacune d'elles (ou un petit nombre de voisines) étant supposée accordée pour un son d'une hauteur différente, il faut encore admettre que chacune excite une fibre nerveuse à l'exclusion des autres. Les conditions anatomiques sont éminemment favorables à une telle hypothèse. Le nombre des fibres de la membrane basilaire (60,000) suffit amplement pour les besoins. En effet, une oreille musicale distingue deux sons qui diffèrent d'une vibration par seconde, mais seulement s'ils sont compris eux-mêmes entre 128-1024 vibrations à la seconde. Nous ne distinguons pas deux sons dont l'un a 10,000 et l'autre 10,100 vibrations à la seconde. Avec deux sons compris entre 20 et 100 vibrations, la distinction se fait encore pour différence de 2 à 3 vibrations à la seconde. — Somme toute, d'après HELMHOLTZ, il suffirait de 4500 résonateurs dans l'oreille interne pour expliquer les différences des hauteurs de sons réellement observés.

La loi psycho-physique (page 519) s'est trouvée vérifiée pour la sensibilité de l'oreille à apprécier des différences d'intensité entre les sons (naturellement entre certaines limites de l'intensité absolue); mais c'est par erreur qu'on avait cru pouvoir appliquer la loi psycho-physique à la distinction de sons de hauteurs différentes. Cette loi exprime le rapport qui existe entre l'intensité de l'excitant et l'intensité de la sensation, mais seulement quand il s'agit de deux excitations du même appareil nerveux. Dans le cas de deux sons de hauteurs différentes, nous avons affaire à deux appareils nerveux.

Le timbre d'un son, ce qui fait que nous distinguons par exemple si deux sons de même hauteur et de même intensité sont produits par deux organes vocaux différents, ou émanent de deux instruments spéciaux, a été longtemps une énigme, tant physique que physiologique. HELMHOLTZ a démontré qu'à une différence de timbre de la sensation acoustique correspond ordinairement une différence dans la forme de la courbe graphique qui représente la vibration, et qu'à une même courbe correspond toujours le même timbre. Une vibration

simple (pendulaire, à courbe sinusoïde), telle que les produisent les diapasons, a un timbre à part. Les sensations acoustiques qui s'en rapprochent le plus sont provoquées par des vibrations qui ressemblent le plus à la vibration pendulaire : la flûte, certains tuyaux d'orgue sont dans ce cas. Les autres instruments de musique provoquent tous des sensations acoustiques à timbres bien caractérisés et différents de celui du diapason ; les courbes de leurs vibrations diffèrent beaucoup de la sinusoïde, et cela d'autant plus que le timbre est plus particulier. Et si la vibration est composée, si la courbe n'est pas une sinusoïde — cas dans lequel se trouvent à peu près toutes les ondes sonores que nous entendons —, notre oreille l'analyse dans ses éléments, perçoit isolément chaque vibration simple, et non pas la forme générale de la courbe.

Bien qu'on soit tenté de regarder comme simple la sensation fournie par une corde de violon, de guitare etc., on apercevra, en s'y exerçant un peu, plusieurs sons chaque fois que le violon résonne. L'expérience est facile à faire avec une guitare. On en pince une corde, puis pendant qu'elle vibre, on la touche légèrement pour un instant au quart ou au cinquième de sa longueur : le son de tout à l'heure sera éteint, mais il persistera un autre beaucoup plus élevé et plus faible. Si l'on répète l'expérience, on finira par entendre cette note élevée, simultanément avec le son fondamental, qui est plus bas. — Que se passe-t-il quand on touche la corde vibrante ? On éteint toutes les vibrations qui n'ont pas un nœud à l'endroit touché, c'est-à-dire les vibrations de longues portions de la corde, et notamment celles de toute la corde. On ne laisse persister que les vibrations de petites portions, qui sont plus rapides, et provoquent donc des sons relativement élevés. Ces vibrations plus rapides préexistaient ; l'attouchement du doigt ne les a pas créées. Une oreille exercée parvient à saisir beaucoup de ces sons partiels dans le son des instruments de musique. Et c'est à la perception de ces sons partiels qu'est due la production du timbre.

Les sons partiels sont ordinairement en grand nombre ; ils varient d'un instrument à l'autre. L'éclat particulier du timbre des instruments en cuivre est dû à l'existence de beaucoup de sons particuliers aigus et intenses dans le mélange sonore qu'ils produisent. Un corps qui émet des ondes sonores vibre d'abord en totalité, puis des fractions de plus en plus petites du corps vibrent isolément, chacune à la manière d'un pendule, et d'après un rythme beaucoup plus rapide. Ce sont les *sons partiels* qui constituent le timbre d'un son ou d'une source sonore. Dans un mélange sonore, ordinairement l'une ou l'autre vibration simple prédomine de loin toutes les autres par sa force vive ; nous attribuons au mélange la hauteur de ce son *fondamental* ; d'où le nom de *sons partiels* qu'on donne aux autres. Dans les instruments de musique, surtout à cordes, les nombres des vibrations des sons partiels les plus importants sont des multiples entiers et simples du nombre des vibrations du son fondamental, qui lui est le moins élevé de tous ; la courbe résultante conserve donc sa périodicité. Les sons partiels de ce genre ont aussi reçu le nom de *sons harmoniques*, bien qu'ordinairement leur effet soit tout le contraire de l'« harmonie ».

L'oreille se comporte donc tout autrement à l'égard des mélanges sonores que l'œil à l'égard des mélanges lumineux. L'appareil acoustique perçoit isolément chaque vibration simple ; l'appareil optique procure une sensation simple, dans laquelle nous ne découvrons plus rien des composantes élémentaires. Deux mélanges de vibrations de l'éther, l'un composé des longueurs d'onde que nous

nommons rouges et de celles que nous nommons vertes, l'autre d'une infinité de vibrations diverses, produisent absolument la même sensation blanche. L'oreille fait l'analyse des mélanges sonores, et l'œil perçoit l'ensemble d'un mélange de vibrations lumineuses.

La sensation de bruit, provoquée par des vibrations composées qui n'ont plus rien de périodique, se rattache plus ou moins au timbre des sons musicaux. Elle consiste dans la perception simultanée d'une foule de sons élémentaires, variant d'intensité, de manière à ce que la courbe résultante n'offre plus rien de périodique (fig. 269). Souvent l'on ne saurait indiquer aucune hauteur à ce bruit; cela vient de ce qu'aucun des sons partiels ne prédomine comme intensité, ou bien s'il domine un moment, il aura trop diminué l'instant d'après. On comprend du reste qu'il n'y ait aucune limite nette entre les sons musicaux composés et les bruits. Ainsi, on parvient à assigner une hauteur déterminée à beaucoup de bruits, par exemple à celui que produit le vent dans le feuillage d'un arbre, à celui d'un tambour. Tel bruit d'aujourd'hui sera considéré plus tard comme son musical, selon les idées esthétiques régnantes.

La sensation auditive provoquée par un orchestre est comparable à celle produite par des vibrations périodiques composées. La courbe représentant les sons d'un orchestre serait composée également. L'oreille y distingue aussi une note fondamentale, et puis beaucoup de notes accessoires, d'accompagnement, dont toutefois plusieurs se font remarquer beaucoup plus que les autres. BRUECKEN fait observer que la différence entre personnes à dispositions musicales et celles qui n'en ont pas, tient en grande partie à ce que l'attention des premières suit surtout la note fondamentale, tandis que les secondes portent leur attention surtout sur le timbre, ou bien sur tel ou tel son partiel. Pour ces dernières personnes, la même hauteur de ton est quelque chose de nouveau chaque fois que le timbre vient à changer.

Bien que notre appareil auditif puisse percevoir isolément les sons harmoniques d'un ton composé, ainsi que les tons particuliers d'un orchestre, il n'en est pas moins vrai que le mélange sonore produit une espèce de sensation d'ensemble, comparable plus ou moins à ce qui existe dans l'œil: nous concevons comme une unité le timbre d'un instrument; nous suivons la note fondamentale d'un orchestre, en négligeant plus ou moins le reste. Les centres nerveux produisent donc une espèce de synthèse, très imparfaite il est vrai, de tous les sons particuliers avec la (ou les) note fondamentale. Suivant HENSKN, cette synthèse ne serait pas une propriété sensorielle directe, mais elle demanderait à être apprise par l'enfant, tout aussi bien qu'il lui faut apprendre à porter les jugements (de distance par exemple) basés sur ses sensations acoustiques. Le timbre ne serait donc pas une propriété élémentaire des sensations acoustiques, au même titre que l'intensité et la hauteur.

Un fait du même genre nous est fourni par la CONSONNANCE et la DISSONNANCE avec laquelle nous percevons deux ou plusieurs sons émis simultanément; et peut-être ce caractère de consonnance est-il une quatrième qualité des sensations auditives complexes, au même titre que le timbre. On sait qu'il y a des couples (ou des assemblages plus complexes) de notes consonnantes, donnant une résultante agréable, et qu'il y en a de dissonnantes, donnant une résultante sensorielle désagréable. Depuis longtemps aussi on sait que les tons dont les nombres de vibrations sont dans un rapport simple (comme 2 : 3, 3 : 4, 4 : 5, 1 : 2), sont consonnantes; et que la dissonnance s'observe chaque fois que les sons émis simultanément n'ont pas ce rapport simple de leurs nombres de vibrations (par exemple 10 : 11, 15 : 16). HELMHOLTZ a découvert une raison physiologique à ces caractères de dissonnance et de consonnance: dissonnance se trouve être synonyme « d'excitation intermittente » de

l'appareil acoustique, et la consonnance a lieu quand il y a « excitation continue ». L'excitation périodique de l'appareil acoustique, si elle se répète assez souvent (à partir de 30-40 vibrations à la seconde), produit une impression continue, une espèce de tétanisation complète de l'appareil acoustique. Deux tons différant d'une seule vibration à chaque seconde donnent un battement à la seconde : la vibration résultante (et par suite le processus physiologique dans l'organe de Corti et le processus central, sensoriel), diminue d'intensité, s'annule même, puis reprend en s'accroissant. Une différence de 2, 3, 6 etc. vibrations occasionne 2, 3, 6 etc. battements à la seconde. Les battements n'ont généralement rien de musical, ils nous affectent désagréablement, surtout s'ils se répètent un grand nombre de fois. 33 battements environ à la seconde sont particulièrement désagréables, jouissent du caractère de dissonance à un très-haut degré; cela donne un caractère de dureté à la sensation acoustique. Plus de 33 battements à la seconde commencent à confluer, et la sensation devient tout à fait continue si ce nombre dépasse 100 à la seconde. HELMHOLTZ a trouvé que les intervalles musicaux (= association des deux tons) les plus purs, les plus agréables à l'oreille, et les intervalles dissonnants relevés depuis longtemps par les musiciens, satisfont à cette règle physiologique. Seulement, il faut dans cette recherche envisager également les battements des sons harmoniques. — Dans le domaine des sensations visuelles, un fait du même genre nous est donné dans la sensation désagréable qu'occasionne une lumière rapidement intermittente (par exemple quand on longe une grille ou une palissade à travers laquelle passent les rayons du soleil); le papillotement des disques rotatifs rentre également ici.

Pour plus de détails sur la « théorie physiologique de la musique », nous renvoyons au travail classique de HELMHOLTZ (*Theorie der Tonempfindungen*, traduit aussi en français). On trouvera dans ce livre tout ce qui regarde la composition des gammes musicales usitées, sujet qui n'est plus guère du domaine de la physiologie, mais qui repose uniquement sur le sentiment esthétique de la génération humaine momentanée, sentiment variable comme le prouve le fait que les anciens composaient leurs gammes d'une autre succession de tons, avec des intervalles autres (généralement plus grands). L'éducation musicale, les besoins musicaux des générations futures exigeront des gammes encore plus compliquées que celles usitées de nos jours, et utiliseront des sons qui pour nous ont encore trop les caractères du bruit.

Après ce qui a été dit de la théorie physiologique de la hauteur des sons, nous avons à peine à ajouter un mot touchant la théorie physiologique du timbre et de la perception des mélanges sonores plus complexes, bruits et harmonies. Les deux théories n'en forment qu'une seule. Il est prouvé que l'oreille perçoit isolément les vibrations simples, pendulaires, comprises dans le mélange sonore le plus complexe. Dans l'oreille interne, il n'y a guère que les fibres de la membrane basilaire qui puissent jouer le rôle de résonnateurs, d'analyseurs des mélanges sonores.

*La théorie des voyelles de Hermann* (voyez page 393) ne se concilie guère avec la théorie acoustique de HELMHOLTZ, que nous avons adoptée dans notre exposé. D'après HELMHOLTZ, l'oreille perçoit seulement les sons partiels d'un mélange sonore, qu'elle analyse à la manière des résonnateurs. Or, d'après HERMANN, notre oreille percevrait les variations d'intensité du son buccal des voyelles. — HERMANN invoque l'opinion de KOENIG, d'après lequel l'oreille pourrait être excitée par toute espèce de mouvement périodique, y compris le battement d'une intensité sonore (variant périodiquement). Or, les variations de l'intensité d'un son ne font pas parler un résonnateur accordé pour le rythme de ces variations (par conséquent n'ébranlent pas les fibres de la membrane basilaire).

Il convient d'attendre de plus amples informations dans cette question,

## JUGEMENTS ACOUSTIQUES.

A l'aide de nos sensations acoustiques, nous formons des jugements sur l'arrangement des causes sonores dans le temps et dans l'espace : nous apprécions le temps écoulé entre l'action de deux sources sonores, nous reconnaissons la présence de telle ou de telle source sonore, et nous apprécions la direction et la distance à laquelle se trouve un corps sonore.

Le caractère subjectif des sensations acoustiques est plus accusé que celui des sensations visuelles : nous sommes moins portés à rattacher à une cause extérieure les caractères de nos sensations acoustiques. Certaines sensations acoustiques dites subjectives (tintement spontané ou provoqué) sont toujours localisées dans l'oreille même, contrairement à ce qui se passe dans l'appareil optique, dont toutes les sensations dites subjectives sont reportées en dehors de nous. On signale encore à ce propos que si des ondes sonores sont amenées à l'oreille interne par les os de la tête, par conduction osseuse, surtout après que le conduit auditif externe a été bouché, nous localisons la source sonore en nous-mêmes, nous entendons le son dans cette moitié de la tête. — La localisation des sons en dehors de nous, dit-on souvent, n'a lieu que si les ondes sonores traversent la membrane du tympan. Mais d'après des expériences concluantes, la conduction osseuse n'atteint le labyrinthe que par la voie détournée à travers la membrane du tympan et les osselets de l'ouïe. Probablement que dans cette expérience les nerfs tactiles de l'oreille sont également excités par les ondes sonores, et servent eux aussi à localiser le son. Nous portons nos jugements sur un agent extérieur quelconque d'après l'ensemble des qualités sensorielles qu'il nous fournit.

**Les jugements sur le temps** sont plus précis à l'aide de l'oreille que par n'importe quel autre de nos sens. — Ainsi, lorsqu'on bat la mesure, si celle-ci ne descend pas en dessous de 0,3 secondes, nous apprécions des différences de 3 à 4 % de ce temps de 0,3 secondes; nous remarquons si on la bat trop vite ou trop lentement de 3 à 4 % de sa durée totale. Le jugement devient plus incertain pour des périodes plus longues ou plus courtes.

**Jugements sur l'espace, sur la direction et la distance.** — Un jugement préalable à celui de la direction et de la distance est celui de *la nature*, de *l'intensité du corps sonore*. Pour ce dernier jugement, il n'y a pas de doute que l'expérience y est pour tout, étant donnée la propriété de notre système nerveux central de reporter aux causes externes les quantités de ses sensations acoustiques. Nous ne reconnaissons pas par l'oreille un agent extérieur qui nous procure pour la première fois une ou plusieurs sensations sonores; mais nous le reconnaissons une seconde ou une troisième fois (si la première fois il nous a procuré encore d'autres qualités sensorielles : tactiles, visuelles, etc.).

*La direction* suivant laquelle nous arrivent les sensations sonores, nous l'apprécions déjà à l'aide d'une seule oreille : selon que la sensation acoustique est plus ou moins forte dans telle ou dans telle orientation de cette oreille, de la tête, ou du corps entier (BÉCLARD). Dans cette appréciation, la sensibilité de la peau du pavillon (KÜSS et DUVAL), celle de toutes les parties latérales de la tête, et surtout celle de la membrane du tympan (GELLÉ) intervient dans une très large

mesure. Le jugement porté à l'aide de deux oreilles repose sur les mêmes données sensorielles.

Notre jugement sur *la distance* de l'objet sonore est très-borné. Il est basé sur l'intensité avec laquelle nous entendons un son émis par un corps sonore connu déjà comme tel. En fermant les yeux, nous dirons si un diapason vibrant se rapproche ou s'éloigne de l'oreille. Mais si une seconde personne tourne le diapason autour de son axe longitudinal, et toujours à la même distance de l'oreille, de manière que le son diminue et s'éteigne dans une position diagonale (les vibrations interfèrent), nous croirons qu'on éloigne ou qu'on rapproche le diapason.

Quand il s'agit de bruits, tels que la voix etc., nous jugeons plus exactement de la direction et surtout de la distance que s'il s'agit de sons musicaux. Notre jugement est basé alors sur l'affaiblissement inégal des différents sons partiels, à mesure que nous nous éloignons du bruit; tel son partiel s'éteint complètement pour l'oreille, alors que les autres continuent à être perçus : le timbre et l'intensité changent pour la même raison. Les sons musicaux complexes sont localisés aussi plus exactement que les sons simples d'un diapason ou d'une flûte par exemple. Notre appareil acoustique a une virtuosité très-grande à constater de légers changements de timbre, c'est-à-dire la présence ou l'absence dans un mélange sonore de tels ou de tels sons partiels relativement faibles. Cela s'explique à un point de vue évolutionniste : l'homme aussi bien que l'animal ayant, dans la lutte pour l'existence, plus d'intérêt à distinguer les bruits de la nature, les voix des animaux et de ses semblables (qui sont également des bruits), que les sons musicaux et les accords les plus purs.

## ORGANE OLEFACTIF.

Les sensations olfactives constituent l'énergie spécifique de l'appareil nerveux de l'odorat, dont la terminaison dans l'écorce cérébrale n'est pas encore bien connue. L'excitant *atéquat* de l'appareil olfactif est constitué par certaines substances gazeuses ou finement divisées et suspendues dans l'air. On suppose que ces « *substances odorantes* » provoquent des réactions chimiques dans la muqueuse nasale. — Aucun autre appareil nerveux ne fournit des sensations olfactives. Toutefois, on n'est guère parvenu à en provoquer par des excitants autres que les « *corps odorants* », portés sur la muqueuse pituitaire. On admet néanmoins que le principe des énergies spécifiques est applicable à l'organe olfactif, et que les différences de qualité dans la sensation olfactive sont dues à l'excitation d'appareils nerveux ou de fibres nerveuses spéciales.

Notre sens intime perçoit les différentes sensations olfactives d'une manière peu caractérisée. Aussi ne possédons-nous aucune classification de ces sensations qui puisse servir de point de départ à des considérations physiologiques.

On remarquera que les sensations olfactives offrent encore moins que les sensations acoustiques le caractère objectif, si prononcé dans les sensations visuelles.

**Anatomie.** — Les fibres du nerf olfactif, sans moelle, se répandent dans la portion olfactive de la muqueuse nasale, qui comprend la partie supérieure de la cloison du nez, ainsi que le cornet supérieur et une partie du cornet moyen. Cette muqueuse se distingue déjà à l'œil nu de celle de la région respiratoire, par une épaisseur et une

succulence plus grandes, ainsi que par sa coloration rougeâtre. Son épithélium non vibratile (celui de la région respiratoire l'est) est composé de deux espèces de cellules, les unes cylindroïdes, les autres fusiformes : « *cellules olfactives* ». L'extrémité libre des dernières supporte un bâtonnet qui arrive à la surface épithéliale (et supporte chez la grenouille des cils longs et raides); l'extrémité interne se prolonge en un filet très-mince, qu'on suppose (MAX SCHULTZE) être une fibrille du nerf olfactif. D'après les recherches récentes (fig. 173, p. 398) les cellules olfactives seraient les homologues des cellules des ganglions inter-vertébraux.

Pour que nous ayons des sensations olfactives, il faut que certaines substances gazeuses ou finement divisées et suspendues en l'air, dites « substances odorantes », arrivent en contact avec la muqueuse olfactive. Ordinairement ces substances sont aspirées. Le courant aérien se brisant sur le cornet inférieur, une partie en arrive dans les creux supérieurs des fosses nasales. Les solutions aqueuses de substances odorantes, versées dans le nez, la tête penchée en bas ne donnent pas lieu à des sensations odorantes. Ceci paraît tenir à ce que l'eau, imbibant les cellules olfactives, les rend inaptes à fonctionner normalement, car la même expérience essayée avec de l'eau distillée abolit l'odorat pour quelque temps. — Le premier contact de la substance odorante avec l'épithélium olfactif paraît être surtout actif: nous reniflons pour bien sentir; et dans une atmosphère saturée d'odeurs, nous finissons par ne plus rien sentir du tout (fatigue).

Il est probable que l'effet physiologique provoqué dans les cellules olfactives est de nature chimique. L'organe nerveux olfactif serait donc le réactif chimique de l'ou le plus sensible que nous connaissons. Il est en effet étonnant de constater quelle quantité en quelque sorte infiniment petite d'une substance odorante suffit pour provoquer une sensation olfactive. Une seule violette parfume un appartement; un milligramme de musc répandu dans une armoire reste sensible à l'odorat pour des mois et des années (on a calculé qu'on sent encore la deux-millionième partie d'un milligramme).

— Un organe olfactif « fatigué » ainsi pour une odeur, est encore capable de réagir sous l'influence d'autres substances odorantes. D'un autre côté certaines personnes sont insensibles pour telles odeurs, alors qu'elles sentent bien les autres. Ces deux observations semblent démontrer qu'une odeur donnée est produite par l'excitation d'une espèce particulière de fibres nerveuses.

— Un mélange de différentes substances odorantes peut ne pas produire de sensation olfactive, même si les deux substances qui se compensent ainsi sont amenées chacune à une autre narine (ZWAARDEMAKER). D'autres fois les substances odorantes mélangées produisent une sensation odorante nouvelle, dite de mélange.

L'odorat de la plupart des mammifères est beaucoup plus exquis que celui de l'homme. On a constaté que le développement des saillies et des anfractuosités du nez, c'est-à-dire le développement de la surface de la muqueuse nasale (olfactive), est en raison directe de la perfection de l'odorat.

## ORGANE DU GOUT.

On n'est pas tout à fait d'accord sur l'étendue de la surface buccale qui reçoit des fibres nerveuses gustatives. La base de la langue, au niveau des papilles circonvallées, est certainement le siège du goût; il en est de même d'une zone étroite qui contourne horizontalement le bord libre de la langue. Les probabi-

lités sont encore très grandes en faveur du palais membraneux et de la muqueuse de l'entrée de la glotte, où l'on a découvert des bourgeons gustatifs, ces formations qui paraissent être l'organe périphérique du goût. Le milieu de la partie antérieure de la langue ne sert pas à la gustation.

Quant au nerf gustatif, il ne peut y avoir de doute que c'est le nerf glosso-pharyngien; il se distribue en effet surtout aux endroits qui sont le siège périphérique de la gustation. Le nerf lingual amène chez l'homme des fibres gustatives aux bords de la partie antérieure de la langue — où l'on a constaté l'absence du goût dans les paralysies du nerf lingual —; ces fibres paraissent être contenues dans la corde du tympan, qui probablement les emprunte au glosso-pharyngien à la base du crâne.

Les fibres gustatives de la corde du tympan proviennent, d'après SCHIFF, du trijumeau, d'après LUSSANA et VULPIAN du facial, et d'après MATHIAS DUVAL du glosso-pharyngien.

L'appareil terminal des fibres nerveuses gustatives semble être constitué par les *bourgeons gustatifs* (LOVÉN, SCHWALBE, 1867), formations épithéliales qu'on rencontre (fig. 275, I) surtout dans les deux parois du fossé circulaire entourant chaque papille circonvallée. On en trouve aussi d'isolés dans l'épithélium des papilles fungiformes de la langue (pas dans les papilles filiformes), dans la muqueuse du palais membra-

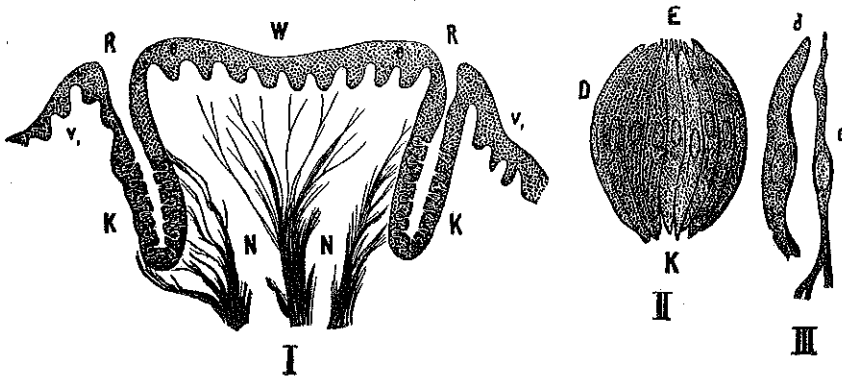


Fig. 275. — I, coupe verticale à travers une papille circonvallée W; v, rebord et R fossé circulaires entourant la papille; K bourgeons gustatifs *in situ*; N fibres nerveuses. — II, bourgeon gustatif isolé, dont l'extrémité profonde est en K, et l'extrémité libre en E. — III, une cellule gustative e et une cellule épithéliale d du bourgeon isolées (figure extraite de la physiologie de LANDOIS).

neux, et dans celle de l'entrée de la glotte. Chacune de ces formations (II) ressemble à un bourgeon de plante; elle est composée (III) de deux espèces d'éléments cellulaires: au centre il y a les *cellules gustatives* (III, e), terminées vers la surface libre par de petits bâtonnets faisant un peu saillie (E, II). Les fibres nerveuses (du nerf glosso-pharyngien) s'insinuent entre ces cellules (RETZIUS etc.). — Le bourgeon traverse l'épithélium de la muqueuse dans toute son épaisseur.

L'excitant *adéquat* de l'organe gustatif consiste dans certaines substances chimiques dissoutes. Pour bien déguster, on étend le corps sapide sur le dos de la langue, qu'on comprime ensuite contre le palais, probablement pour faire pénétrer la substance dans l'épithélium, en contact avec les bourgeons gustatifs.



Cette compression cependant n'est pas indispensable — Selon toutes les apparences, le phénomène physiologique dans les bourgeons gustatifs est de nature chimique.

On n'a pas encore déterminé avec exactitude le centre psycho-gustatif (page 476), dont les troubles nutritifs provoquent probablement les hallucinations gustatives qu'on observe dans certaines affections cérébrales.

On suppose que les différentes *qualités* de la *sensation gustative* sont produites par l'excitation d'autant de fibres nerveuses distinctes. — On distingue communément quatre qualités gustatives : celles du doux, de l'amer, de l'acide (aigre) et du salin. Peut-être faudrait-il en admettre encore d'autres. Les autres sensations gustatives semblent être compliquées, non seulement en ce sens que différentes qualités gustatives élémentaires y sont contenues, mais encore on reconnaît dans la plupart un élément sensoriel soit olfactif, soit tactile, soit même visuel. C'est ainsi que les sensations gustatives rafraîchissantes, astringentes, etc. sont en partie au moins des sensations tactiles. — Mais ce sont surtout les sensations olfactives que nous confondons souvent avec les sensations gustatives; ces deux ordres de sensations sont très-peu spécifiées dans notre sens intime. Le goût est très-obtus chez les personnes à odorat peu développé; il en est de même chez toute personne qui ferme les narines. — Il n'y a pas jusqu'à l'organe visuel qui n'intervienne ici : une personne dégustant des vins blancs et rouges, les yeux fermés, ne distinguera que 3 à 4 fois les blancs des rouges. — Lorsqu'on corrige par l'addition de sucre un goût trop aigre, ce dernier n'est pas détruit; on ne peut pas même dire que la sensation aigre est diminuée; le sucre n'a pas non plus une action chimique sur l'acide. On dirait que l'art culinaire repose sur une espèce d'élaboration à laquelle nos centres nerveux soumettraient les sensations gustatives, olfactives et tactiles, que nous éprouvons simultanément.

Certaines personnes sont dépourvues de l'une ou de l'autre qualité sensorielle gustative, ou bien l'ont moins développée que la généralité des hommes (v. WINTSCHGAU). — La même substance appliquée en différents endroits de la langue produit une sensation gustative différente (HOWELL et CASTLE). — OERWALL appliqua à l'aide d'un pinceau du sucre, de la quinine et de l'acide tartrique à différentes papilles fungiformes. Il se trouva que de 125 papilles de la partie antérieure de la langue, 27 ne réagissaient à aucune de ces substances, 12 à l'acide tartrique, 3 seulement au sucre, 12 au sucre et à l'acide tartrique, 7 seulement à la quinine et à l'acide tartrique, et enfin 4 seulement au sucre et à la quinine. — De tout cela il semble résulter que les différentes qualités gustatives sont liées à des fibres nerveuses différentes, conformément au principe des énergies spécifiques des organes des sens.

Pendant qu'un courant électrique constant passe à travers la langue, nous éprouvons comme effet de l'électrolyse, une sensation acide au pôle positif, une sensation alcaline au pôle négatif.

CH. RICHER, CORIN, ont fait des expériences sur le rapport existant entre la nature chimique des corps sapides et les sensations gustatives. D'après CORIN (1887), il y aurait une relation entre le goût acide et le poids moléculaire et la basicité des acides.

## SENS DU TOUCHER.

Au sens du toucher on rapportait assez généralement (à l'exemple de E. H. WEBER), jusque tout récemment, *a*) les sensations de contact, de pression, ou sensations tactiles proprement dites, *b*) les sensations de température (de froid et de chaud), et *c*) voire même les sensations douloureuses.

Les sensations de douleur sont déjà depuis quelque temps rangées dans une rubrique à part. Nous verrons à leur propos les raisons qu'on a fait valoir, soit pour les mettre sur le compte d'une excitation des nerfs tactiles, soit pour en faire la réaction spécifique de fibres nerveuses à part.

Quant aux sensations de température, il faut avouer que devant notre sens intime, il y a très peu d'analogie entre elles et les sensations de contact, peut-être moins qu'entre les sensations olfactives et les gustatives. Mais comme les terminaisons nerveuses périphériques donnant lieu à ces diverses sensations sont intimement mélangées dans le tégument externe, on continuait à en faire l'apanage d'un seul et même appareil nerveux. Cependant, E. H. WEBER lui-même avait fait remarquer que le développement des sensations de température est loin d'être, aux divers endroits de la peau, en raison directe de celui des sensations de contact. HERZEN était même allé jusqu'à supposer pour les sensations froides des fibres nerveuses distinctes de celles pour les sensations chaudes, en constatant (confirmé depuis par VINTSCHGAU et GOLDSCHIEDER) que pour devenir conscientes, les impressions chaudes mettent un temps plus long que les froides.

Blix (1885) a réussi à démontrer, et il a été pleinement confirmé par GOLDSCHIEDER, que les sensations de contact et de température, bien qu'elles nous semblent étendues d'une manière continue en surface, sont néanmoins provoquées par l'excitation de points déterminés de la peau, séparés par des zones ne donnant pas lieu à ces sensations. De plus, des points spéciaux donnent lieu aux seules sensations de contact, d'autres points donnent naissance aux sensations de froid, et d'autres enfin aux sensations de chaud. On peut exciter mécaniquement (à l'aide d'une mince pointe) ou électriquement ces trois espèces de points, on provoque toujours la sensation correspondant à chacun d'eux. Entre deux points voisins, il y a généralement une bande à sensation générale, de douleur notamment, mais où l'on ne sait provoquer ni celle de contact, ni celle du chaud, ni enfin celle de froid. Ces trois espèces de sensations sont donc le fait de trois appareils nerveux périphériques distincts.

Nous connaissons du reste dans le tégument externe assez de terminaisons diverses des fibres nerveuses pour qu'à chacune de ces qualités sensorielles puisse en correspondre une à part. Il y a d'abord les corpuscules du tact, situés dans les papilles du derme, en grand nombre à la face palmaire de la main et du pied, surtout des doigts, et à la pointe de la langue, organes où les sensations de contact sont très développées. Il y a ensuite les corpuscules de contact qui sont très développés dans celles de la bouche et du gland du pénis. Les recherches récentes ont montré que dans tous ces corpuscules, il s'agit de la terminaison d'une fibre nerveuse par une extrémité libre (ramifiée ou non) entre des cellules épithéliales qui constituent la masse du corpuscule. Enfin nous avons à signaler les nombreuses fibres sans moelle qui

arrivent dans les couches les plus superficielles du derme, et même, analogues à celle de la cornée, dans l'épiderme lui-même (LANGERHANS), et surtout dans la gaine externe des poils (RANVIER, IZQUIERDO).

GOLDSCHIEDER a examiné au microscope les endroits de sa propre peau caractérisés par les points de contact, de chaud et de froid. Il n'a trouvé ni dans les uns ni dans les autres des corpuscules du tact, mais bien dans tous un faisceau de fibrilles nerveuses sans moelle montant vers la surface, et peut-être dans l'épiderme. Aux seuls points de température, ces pinceaux semblent affecter un rapport intime avec des anses capillaires.

**A. Sensations de contact, de pression, ou sensations tactiles proprement dites.** — Les sensations de contact nous renseignent sur la présence d'un corps étranger et sur le degré de pression qui pèse sur un endroit de la peau. — Cette sensibilité est très-inégalement développée aux différents endroits du tégument externe. Elle est la plus exquise sur la peau du front, de la tempe et de l'avant-bras; nous sentons ici une pression qui n'est que de 0,002 grs. Les pulpes des doigts n'en sentent une que si elle est de 0,10 grs; les ongles seulement de 1 gr.

Bien que la sensation de contact semble avoir une étendue continue, elle est produite par l'excitation de points déterminés et bien délimités (BLIX), entre lesquels il y a des bandes ne produisant pas de telles sensations. Ces points tactiles sont très nombreux aux endroits que nous venons de signaler comme privilégiés au point de vue des sensations tactiles. A la pulpe des doigts notamment, ils sont tellement rapprochés qu'il n'y a plus entre deux voisins de bande insensible. Aux endroits garnis de poils, ils se groupent et s'amassent autour de l'insertion des poils; les follicules de ces derniers semblent renfermer un ou plusieurs points pareils. La sensibilité tactile exquise du front, de la tempe et du nez (qui sert à percevoir une pression de 0,002 grs.), semble être due surtout à la présence des poils. Rappelons aussi les poils tactiles, si répandus chez les mammifères. Les chauves-souris aveuglées volent dans un appartement en évitant des obstacles, mêmes des fils tendus (SPALLANZANI); elles ne le peuvent que grâce aux poils tactiles des ailes. On remarquera du reste que chez l'homme, le tact est surtout développé aux parties habituellement découvertes.

Les sensations tactiles proprement dites ne sont provoquées que par l'excitation de la peau, c'est-à-dire de l'extrémité périphérique des fibres nerveuses tactiles. L'excitation d'un tronc nerveux, du n. cubital p. ex. donne lieu à un fourmillement, et même à de la douleur, qu'on localise bien dans la périphérie du nerf, mais elle n'occasionne pas une sensation de contact proprement dite.

Une pression très-étendue et uniforme, exercée sur une large surface, n'est pas sentie comme telle. La main plongée dans un bain de mercure ne produit une telle sensation qu'au niveau de l'anneau correspondant à la surface du mercure. Il faut un certain tiraillement des tissus pour que nous éprouvions le contact.

Les sensations de pression laissent après elles une impression durable, qu'on pourrait comparer aux images consécutives positives dans l'œil. On connaît le petit tour consistant à comprimer pendant quelque temps la peau du front à l'aide d'une pièce de monnaie; la personne croit que la pièce y est encore lorsqu'on l'a enlevée.

On a inventé des instruments divers pour évaluer la sensibilité pour le contact. De ce nombre sont le hæræsthésiomètre (EULENBURG) et l'aiguille æsthésiométrique (BEAUNIS).

La loi psychophysique a été vérifiée en premier lieu (par E. H. WEBER) pour les sensations de pression. A la pulpe des doigts, nous apprécions une différence de deux poids qui sont entre eux comme 27 : 30.

On sent les impulsions isolées d'une roue dentée tournant contre la pulpe du doigt, jusqu'à la limite de 1500 impulsions à la seconde.

**B. Jugements tactiles ou sensations de localisation.** — Les sensations de pression ne servent pas seulement à juger du poids d'un corps qui pèse sur la peau ; elles servent aussi à distinguer deux impressions tactiles voisines. En combinant les impressions tactiles simultanées et successives, produites par le même objet, nous nous formons une idée sur la grandeur de l'objet, la nature de sa surface (rugueuse, lisse, etc.). C'est là en somme une fonction analogue à l'acuité visuelle, tandis que la sensibilité tactile est l'homologue de la sensibilité rétinienne à la lumière en général. Pour les auteurs qui considèrent cette appréciation de l'étendue à l'aide de notre toucher comme étant donnée dans la sensation elle-même, et non comme étant un résultat d'un jugement, d'un acte psychologique, la peau renferme une espèce de sens de l'espace, de la localisation.

D'après les dernières recherches, ce ne sont pas seulement les points dits de contact qui servent à apprécier les distances ; les points de chaud et de froid, donnant lieu aux sensations de chaud et de froid, servent au même usage, bien que dans une moindre mesure. D'après GOLDSCHNEIDER, les points de contact pourraient servir à apprécier des distances de 0,1 mm., les points de froid de 1 mm., et les points de chaud seulement des distances un peu plus grandes. Cette particularité des points de température tend donc à les faire rentrer avec les points de contact en un seul et même sens, alors qu'au point de vue de la sensation pure, nous avons dû les séparer.

L'instrument qui sert à explorer le degré d'acuité qu'ont les différentes régions de la peau à juger de l'étendue est le *compas de Weber*. Il consiste essentiellement en deux pointes qu'on peut rapprocher plus ou moins. On recherche le minimum d'écart des deux pointes en deçà duquel les deux impressions sur la peau sont perçues comme une seule. Les deux pointes sont encore perçues comme distinctes aux différents endroits avec les écartements suivants (WEBER) :

Millimètres	Millimètres.
Pointe de la langue . . . . .	1,1
Face palmaire de la 3 <sup>me</sup> phalange des doigts . . . . .	2,2
Bord rouge des lèvres . . . . .	4,5
Face palmaire de la 2 <sup>me</sup> phalange des doigts . . . . .	4,5
Bout du nez . . . . .	6,7
Ligne médiane du dos et bord cu- tané des lèvres . . . . .	9
Dos de la 2 <sup>me</sup> phalange des doigts, face plantaire de la 2 <sup>me</sup> phalange du gros orteil, joue et paupières. . . . .	11,2
Face dorsale de la tête du métacarpe et face dorsale des doigts . . . . .	15,7
Face interne des lèvres . . . . .	20,3
Partie inférieure du front et talon (face postérieure) . . . . .	22,5
Dos de la main . . . . .	31
Cou, sous le menton . . . . .	33,7
Genou . . . . .	36
Jambe, bas du pied, sacrum, fesses et avant-bras . . . . .	40,5
Sternum . . . . .	45,4
Nuque et dos . . . . .	54,1
Cuisse et bras . . . . .	67,6

La faculté de distinguer deux impressions simultanées (elle est en raison

inverse du minimum d'écart entre les deux pointes du compas) est donc la plus grande aux parties les plus mobiles. Dans les membres, elle diminue de l'extrémité vers la racine. — *L'exercice* l'augmente considérablement.

## SENSATIONS DE TEMPÉRATURE.

Les sensations de température, de chaud et de froid ne sont produites que par notre tégument externe et par les muqueuses de nos orifices naturels. Elles nous renseignent sur les variations de température de notre peau.

Il y a une grande différence sous le rapport de la facilité avec laquelle les différents endroits du corps perçoivent le chaud et le froid. Dans l'ordre de la sensibilité thermique décroissante, on a la série suivante : le mamelon, la poitrine, les ailes du nez, face antérieure du bras, paupières, ventre, (face antérieure de l'avant-bras etc. La main et les doigts sont relativement peu fournis de sensibilité thermique. Les muqueuses (y compris la surface cornéenne) en sont dépourvues, à l'exception de la pointe de la langue, qui en est bien fournie. Les organes viscéraux, y compris la cornée transparente, ne nous donnent pas de telles sensations.

L'exercice augmente cette sensibilité. Elle est plus prononcée si de grandes surfaces sont en contact avec le corps exploré.

L'énumération des divers endroits de la peau suivant l'ordre de leur sensibilité aux différences de température est donc loin de se couvrir avec celle qu'on fait pour la sensibilité tactile.

Effectivement, BLIX et GOLDSCHIEDER ont montré que dans la peau il y a des points très bien délimités, distincts des points de contact, dont l'excitation (thermique, mécanique, électrique) donne des sensations chaudes — *points chauds*, — et d'autres, plus nombreux, mélangés à ceux-là, dont l'excitation donne toujours la sensation froide — *points froids*. — Ces points, nombreux surtout aux endroits signalés par leur sensibilité aux différences de température, paraissent s'accumuler là où des nerfs pénètrent dans la peau, en rangées tendant comme des rayons vers les points d'implantation des poils.

Une conclusion à tirer de là, c'est que la sensation froide est produite par l'excitation d'autres fibres nerveuses que la sensation chaude; ce sont là deux énergies spécifiques nerveuses.

D'après ALRUTZ, la sensation de brûlure, bien à distinguer de celle du chaud, semble produite par une violente excitation, et des points de chaud, et des points de froid (par une température élevée, une température très froide, ou une excitation mécanique p. ex.)

Un fait digne de remarque, c'est que les points de température servent à juger de l'espace, à peu près au même titre que les points de contact.

Lorsqu'un corps en contact avec la peau cède à celle-ci du calorique, nous éprouvons la sensation de chaud; lorsqu'il enlève du calorique, nous éprouvons la sensation de froid. La sensation est d'autant plus intense que ce corps conduit plus facilement la chaleur, c'est-à-dire qu'il enlève ou cède plus facilement du calorique. A températures égales, un morceau de fer paraît plus chaud ou plus

froid qu'un morceau de bois. Il semble donc que la sensation chaude est produite par la variation positive de calorique de notre peau, et la sensation froide par la variation négative (E. II. WEBER), et surtout par la rapidité de cette variation.

D'après HERING, la sensation de chaud ou de froid ne dépend pas de la température absolue de la peau ; mais à un moment donné, la peau possède un point zéro de la température, qui ne donne aucune sensation de ce genre ; une sensation de chaud naît chaque fois que la température de la peau dépasse ce point ; une sensation de froid chaque fois que la température de la peau tombe en dessous de cette limite. Le point zéro correspond à des températures effectives très-variables, selon que nous avons séjourné quelque temps dans un milieu plus ou moins chaud. Naturellement, ce point zéro se meut dans les limites physiologiques de la température. En deçà et au delà de ces limites, c'est-à-dire sous l'influence d'un froid intense aussi bien que d'une chaleur excessive, nous éprouvons une sensation identique, qui n'est ni celle du chaud ni celle du froid ; elle est douloureuse (brûlure). Si la main p. ex. plonge longtemps dans un milieu, son point zéro peut changer : la main *s'accorde* en quelque sorte, s'adapte pour une autre température. Alors le milieu qui au début occasionnait une sensation chaude ou une froide, peut en produire une plus faible, ou bien même n'en produire pas du tout, voire même la sensation opposée.

Ces idées de HERING ont été conçues dans l'hypothèse d'un seul appareil nerveux pour les sensations de température. Elles ne sont pas irréconciliables avec la dualité de cet appareil.

Enfin l'excitation des nerfs de la température est, tantôt d'une manière inconsciente, réflexe (par la régulation des combustions organiques et de l'apport sanguin aux différents organes), tantôt d'une manière consciente (habillement etc.), de la plus haute importance pour la régulation de la température des animaux à sang chaud (voyez page 202 et suivantes).

## SENSATION DE DOULEUR. — SENSIBILITÉ GÉNÉRALE.

**Douleur.** — La sensation de douleur naît chaque fois qu'un nerf sensible est fortement excité ; et sous le nom de nerfs sensibles, il faut comprendre, outre les nerfs de la peau, tous les nerfs centripètes des organes viscéraux, même les nerfs des organes des sens supérieurs, au moins le nerf optique et le nerf acoustique et les nerfs de température. Tandis que pour beaucoup de nerfs sensibles, la douleur est la sensation provoquée par une excitation excessive (nerfs tactiles, nerfs de température, nerf optique, nerf acoustique, etc.), pour d'autres elle est la sensation unique (nerfs viscéraux).

L'utilité des sensations douloureuses est très grande. Elles appellent notre attention sur toutes sortes de circonstances nuisibles, destructives de nos organes. Il n'y en a pas de plus utiles pour la conservation de l'intégrité des organes, et même pour la conservation de l'individu en général.

De toutes les sensations traitées jusqu'ici, les douloureuses ont au plus haut point, devant notre sens intime, le caractère de la subjectivité : « nous avons mal » ; le corps vulnérant n'est pas douloureux, alors que nous disons un corps rouge, blanc, sonore etc. — De même aussi les sensations douloureuses dépen-

dent à un degré très prononcé de nous-mêmes. Une blessure inopinée est moins douloureuse que celle à laquelle nous nous attendons d'avance. Nous pouvons volontairement diminuer et même supprimer la douleur. — La sensibilité douloureuse est inégalement développée chez les différents individus.

La question de savoir si, même dans la peau, il faut admettre ou non des nerfs de la douleur, indépendants des nerfs tactiles, est toujours encore discutée. Les auteurs assez nombreux qui admettent que les sensations douloureuses sont produites par l'excitation d'autres fibres nerveuses que les sensations tactiles, fibres terminées aussi dans une autre partie des centres psychiques, se basent surtout sur les points suivants. *a)* Tous nos organes jouissent de la sensation douloureuse, tandis que les sensations de contact, celles de température, ne sont produites que par le tégument externe et les parties attenantes des muqueuses. *b)* Les nerfs des organes des sens semblent ne jamais donner lieu à des sensations douloureuses. *c)* Dans certaines circonstances pathologiques (narcose chloroformique), les sensations douloureuses sont abolies, alors que les sensations tactiles sont conservées. *d)* D'après les recherches de SCHIFF, les sensations douloureuses suivraient dans la moelle épinière d'autres voies conductrices que les sensations tactiles. *e)* D'après v. FREY, l'excitation mécanique punctiforme de la peau provoque en certains endroits d'emblée une sensation douloureuse, sans sensation tactile ou thermique préalable.

Pour ce qui est du premier argument nous le retorquons en disant avec autant de raison que tous les nerfs ont la réaction douloureuse, mais que les nerfs viscéraux n'ont que cette réaction consciente, et toujours lors de leur excitation excessive. Le fait que les caractères de la douleur diffèrent selon les points sensibles (tactiles, thermiques etc.) qu'on excite s'explique si on admet que dans chaque cas isolé, la douleur est accompagnée d'une autre sensation spécifique (tactile, thermique etc.). En temps ordinaire, leur excitation se borne à provoquer des actes réflexes (voir page 429). Pour ce qui est du *n° b*, les excitations excessives du nerf acoustique et du nerf optique peuvent devenir douloureuses, témoin notamment la « clarté douloureuse » dont se plaignent les malades dans la luxation de l'œil au devant de l'orbite et lors de la section d'un nerf optique normal. Les nerfs gustatif et olfactif ne semblent pas donner lieu à des sensations douloureuses; mais il faut se souvenir que se sont là des organes des sens qui semblent plus ou moins atrophiés chez l'homme. Les rubriques *c* et *d* s'accordent parfaitement avec l'hypothèse que nous défendons. A notre point de vue s'explique aisément le fait qu'une forte pression, le froid ou le chaud intenses, appliqués à un tronc nerveux (nerf cubital au coude), ne produisent pas de sensations de contact ou de température, mais des sensations douloureuses. — Enfin, les recherches récentes sur l'anatomie du système nerveux, montrant la riche subdivision des fibres nerveuses dans les centres, nous mettent dans un réel embarras pour choisir entre une profusion de voies distinctes, branchées sur la fibre périphérique, et dont l'une ou l'autre peut procurer les sensations douloureuses. — L'irradiation des sensations douloureuses s'accorde avec l'hypothèse qui veut qu'elle ait lieu à travers la substance grise.

Nous localisons nos sensations douloureuses dans l'organe excité, mêmes celles de nos organes viscéraux, quoique imparfaitement. — A l'opposé des sensations tactiles, la douleur peut être provoquée par une excitation forte portée n'importe où sur le trajet d'un nerf sensible. Cette sensation est reportée à l'extrémité périphérique du nerf.

Les sensations douloureuses sont amoindries et abolies par les narcotiques (morphine) et par les anesthésiques (éther, chloroforme), et cela, paraît-il, à la suite d'une paralysie des centres psychiques surtout.

**Sensibilité générale.** — Sous ce nom nous comprenons une foule de sensations, toutes assez peu spécifiées (dans notre sens intime), et qui ont des analogies plus ou moins marquées avec les sensations douloureuses surtout, mais aussi avec les sensations du toucher. Peut-être que pour certaines d'entre elles, il faut supposer des fibres nerveuses spéciales. D'autre semblent ne pas être produites par des nerfs centripètes, mais par une influence agissant directement sur les centres nerveux, par exemple une composition anormale du sang. De ce nombre sont : *la faim, la soif, le dégoût, la fatigue, l'horripilation, le vertige, le chatouillement, la volupté, le bien-être* etc. etc. — La douleur est ordinairement rangée dans la même catégorie. — Toutes ces sensations ont à un haut degré le caractère de la subjectivité, et pour ce motif elles sont souvent nommées SENSATIONS INTERNES.

## SENS MUSCULAIRE. SENS DE L'ÉQUILIBRE. SENSATIONS DES INNERVATIONS MOTRICES.

On admet assez généralement l'existence de trois autres sensations, très peu caractérisées devant notre sens intime, celles du *sens musculaire*, celles du *sens de l'équilibre*, et enfin les *sensations des innervations motrices*.

Elles ont ceci de commun qu'elles sont peu ou pas du tout conscientes, et que dans les centres nerveux elles règlent, plus ou moins à la manière des réflexes purs, les contractions musculaires nécessitées pour l'équilibration de notre corps dans son ensemble ou de certaines de ses parties, et pour l'exécution convenable de tout mouvement dit volontaire. Les sensations de l'innervation motrice (du reste très contestées) ne seraient pas même provoquées par des innervations centripètes. Aux deux autres correspondent des innervations centripètes, mais celles du sens musculaire sont très obtusément conscientes, et celles du sens de l'équilibre ne le sont pas du tout. Les innervations centripètes de la dernière espèce se bornent à modifier, d'une manière inconsciente, réflexe, des mouvements volontaires à l'origine. On serait tenté ici de parler de « sensations inconscientes ».

**A. SENS MUSCULAIRE.** — Sous le nom de sensations musculaires, on comprend les innervations centripètes provoquées dans la profondeur de nos membres (en opposition avec les sensations superficielles : tactiles et de température). Elles sont produites pour une part par les nerfs sensibles des muscles, pour une autre part par les nerfs sensibles terminés dans les tendons, dans les capsules et les ligaments articulaires, voire même dans les parties articulaires des os. Des tiraillements, des compressions de ces parties produisent des innervations centripètes, qui ne deviennent que très peu conscientes, assez cependant pour renseigner constamment sur le degré de raccourcissement des muscles, et sur la position de l'organe en question, en l'absence des sensations visuelles p. ex. Ces innervations centripètes restent donc toujours très obtuses devant notre sens intime ; mais elles interviennent incessamment pour régler et graduer les inner-



vations centrales des mouvements voulus, en vue d'un but déterminé, même pendant que ces mouvements sont en voie d'exécution (voir page 379).

Les innervations en question semblent remonter par les cordons postérieurs de la moelle et gagner notamment le cervelet par son bras inférieur. C'est par leur suppression qu'on interprète en grande partie l'ataxie cérébelleuse (résultant de l'enlèvement du cervelet), et l'ataxie locomotrice due à la dégénérescence des cordons postérieurs de la moelle. D'autre part, elles semblent gagner la région des tubercules quadrijumeaux et la couche optique, et même l'écorce cérébrale. Certains symptômes dus à l'extirpation de l'écorce cérébrale sont expliqués par la suppression des sensations profondes des membres.

A certain égard, le sens musculaire surpasse le tact : en *soupesant* (à l'aide des muscles de l'avant-bras) des corps placés sur la main, nous distinguons deux poids qui sont dans le rapport de 39 : 40 ; en plaçant simplement le poids sur la main (appuyée), nous ne les distinguons (par le tact) que s'ils sont dans le rapport de 29 : 30 (E. H. WÉBER). L'action de *soupeser* repose sur la conscience que nous avons des sensations musculaires.

**SENS DE L'ÉQUILIBRE DU CORPS.** — De même que le sens musculaire renseigne le système nerveux central sur la position des membres par rapport au corps, sur le degré de contraction des muscles, de même aussi le sens de l'équilibre renseigne sur l'orientation de notre tête et secondairement de notre corps dans l'espace ; il régularise incessamment, et par acte réflexe, les contractions musculaires nécessaires pour maintenir une certaine orientation de la tête et de tout le corps dans l'espace. L'organe périphérique de ces innervations centripètes est donné dans le vestibule de l'oreille, surtout dans les ampoules des canaux semi-circulaires, dans les crêtes acoustiques et probablement aussi dans le saccule et dans l'utricule. Les poissons, dépourvus de limaçon, n'entendent pas, mais sentent les ondes sonores (KREIDL) à l'aide de la peau. — Le nerf des sensations de l'équilibre est la branche vestibulaire du nerf acoustique. L'organe central réflexe est surtout le cervelet, et puis la région des tubercules quadrijumeaux (en tant que les muscles oculaires y interviennent). Les innervations en question semblent même ne pas devenir conscientes de tout ; elles innervent par acte réflexe pur les innervations motrices nécessaires à maintenir l'équilibre du corps.

Au moment où la tête se déplace, s'incline dans l'une ou l'autre direction, ou même subit un simple mouvement de translation, l'endolymphe se déplace ; elle comprime et froisse les cils qui surmontent l'épithélium des crêtes dites acoustiques, d'où excitation nerveuse. Les trois canaux semi-circulaires, orientés suivant les trois dimensions de l'espace, comme les trois coordonnées de la géométrie descriptive, sont disposés de manière à ce que l'endolymphe ne se déplace dans un de ces canaux que lors d'un mouvement déterminé de la tête. L'excitation de certaines fibres du nerf vestibulaire résulte donc toujours d'un mouvement de la tête (ou de tout le corps) dans le même sens. — Telle est la conclusion qui se dégage de toutes les expériences tentées sur les canaux semi-circulaires, depuis FLOURENS qui a ouvert ici la voie. Quelques contradictions entre les auteurs sont dues à ce qu'ils n'ont pas toujours su distinguer entre

les symptômes d'irritation de l'organe périphérique et ceux de paralysie. Si on opère sans précautions, des phénomènes dus à l'excitation (hémorragies surtout) peuvent être attribués à la paralysie (EXNER).

C'est sur le pigeon qu'on opère ordinairement, les canaux y étant très accessibles. En les incisant, des mouvements forcés ne se produisent qu'au moment où il y a écoulement d'endolymphe. Il s'en produit aussi (en sens opposé à ce qu'il paraît) lorsqu'on injecte du liquide dans un canalicule, ou encore lorsqu'on les excite électriquement, chimiquement. L'incision du canal vertical, à direction frontale, donne lieu à une rotation de la tête (et un peu du corps) autour de l'axe longitudinal du bec — axe perpendiculaire sur le canalicule. — En opérant sur le canal vertical antéro-postérieur, il se produit des rotations (de la tête, etc.) autour d'un axe transversal de la tête, perpendiculaire sur le canalicule; l'animal peut même faire la culbute. — Enfin, les lésions du canal horizontal produisent des rotations autour d'un axe vertical. — Si dans ces expériences on fixe la tête, on observe des rotations des yeux bien déterminées pour chaque canalicule. Enfin, l'excitation (électrique) des canaux produit en somme les mêmes mouvements que l'écoulement de l'endolymphe. Lorsque l'écoulement de l'endolymphe a cessé, on n'observe rien d'anormal sur le pigeon, pourvu que la lésion se borne à un côté : le second labyrinthe suffit à la fonction. Si la lésion est bilatérale, la marche, la préhension des aliments, sont absolument déséquilibrées, désorientées. L'animal privé des innervations qui règlent les mouvements du corps et de la tête, ne sait plus prendre sa nourriture, etc.

Cette déséquilibration, due à l'absence des innervations provenant du vestibule, s'amende dans la suite et disparaît à peu près complètement, parce que d'autres innervations centripètes, les visuelles surtout, finissent par y suppléer. Cependant, l'absence de ces innervations ressort des faits suivants. Un pigeon saisi entre les mains et auquel on imprime des rotations exécute en qualité de réflexes, des rotations très excursives de la tête en sens opposé, même si on lui ferme les yeux. Mais un pigeon privé de ses deux labyrinthes ne les exécute plus si on lui ferme les yeux.

La signification de ces rotations réflexes de la tête, provoquées par les innervations centripètes procédant du vestibule, est de maintenir l'orientation de la tête dans l'espace, de compenser les inclinaisons de la tête. Leur analogue nous est donné chez les mammifères et chez l'homme par les rotations réflexes de l'œil qui accompagnent les inclinaisons latérales actives ou passives de la tête, et qui tendent à maintenir dans sa position le méridien vertical de l'œil (p. 584). Chez l'homme on peut les sentir au doigt à travers les paupières. Ces rotations compensatrices des yeux ne se produisent plus chez les sourds-muets dont le labyrinthe est détruit. Par contre, ces hommes ne sont guère exposés à éprouver du vertige (JAMES, KREIDL). Un homme emporté dans un carroussel ou dans une courbe de chemin de fer voit les objets verticaux s'incliner par leur extrémité supérieure dans le sens de l'action centrifuge. Cette force agit sur le vestibule comme si la tête était inclinée dans le sens de la force centrifuge. On redresse (par acte réflexe) son corps, c'est-à-dire on l'incline en sens opposé, et on croit se trouver droit : les objets réellement droits paraissent alors inclinés. — Dans ces circonstances, et à l'opposé du sourd-muet, un homme

bien portant se trompe toujours sur la direction de la verticale (KREIDL). — Un sourd-muet bon nageur perd cette faculté s'il ferme les yeux. Des animaux aquatiques, grenouilles, requins, auxquels on détruit les deux labyrinthes, ne savent plus nager régulièrement, surtout si on les aveugle (LÖB). Ils se tournent sur le dos, etc. Dans l'eau sont supprimés diverses sensations tactiles résultant de la pesanteur, et qui interviennent pour maintenir l'équilibre du corps au même titre que les sensations visuelles.

La section des deux nerfs acoustiques (c'est-à-dire du nerf vestibulaire) donne lieu en somme à la même déséquilibration que la destruction des labyrinthes (SCHIFF).

À diverses reprises, on a essayé d'expliquer les troubles de l'équilibre consécutifs aux lésions du labyrinthe par des lésions concomitantes du cervelet ou des corps restiformes (les lésions de ces parties produisent réellement ces mouvements forcés, voir pages 446 et suivantes). Le fait est qu'avec le labyrinthe, on détruit l'organe périphérique du sens de l'équilibre ; avec le cervelet on enlève des voies centrales de ces innervations. De même aussi les vertiges qui chez l'homme surviennent dans les affections aiguës du labyrinthe (maladie de MENIÈRE) peuvent s'observer sans maladie de l'oreille.

Des animaux inférieurs possèdent des otocystes munis de prétendus otolithes, alors qu'ils semblent dépourvus de sensations acoustiques. Ailleurs il y a de ces otocystes qui n'ont certainement rien à voir dans l'audition (Crustacés, Céphalopodes, Cténophores). Or, l'enlèvement de ces organes trouble profondément l'équilibration de tout le corps (YVES DELAGE, BAGINSKY). On peut donc se demander si chez les mammifères les appareils à otolithes (sacculé, utricule) n'appartiennent pas tous au sens de l'équilibre, tout comme les ampoules des canaux semi-circulaires.

D'après BREUER, les otolithes nous renseigneraient sur la progression de notre corps, les canaux semi-circulaires sur les rotations de la tête.

L'organe nerveux central des rotations compensatrices réflexes des yeux et de la tête est le cervelet et la région des tubercules quadrijumeaux, deux aboutissants du nerf acoustique (vestibulaire).

D'après EWALD, l'extirpation du labyrinthe produirait une diminution du tonus musculaire, surtout de ceux du côté opposé, quelque chose comme l'atonie cérébelleuse (voir page 447).

La disparition ultérieure des troubles dus à l'extirpation bilatérale du labyrinthe est due à une suppléance, à une compensation provenant d'autres parties (sensorielles?) du système nerveux central, surtout de l'écorce cérébrale dite motrice et tactile. Chez un tel chien, cette compensation disparaît après extirpation de l'écorce en question (EWALD).

**Sensations d'innervation.** — Pour expliquer certaines particularités de nos mouvements, et surtout de nos innervations centrales, on admet souvent que l'écorce cérébrale est renseignée, a conscience des processus d'innervation motrice dans lesquels la volonté n'intervient guère, qui se passent mêmes dans les centres réflexes souscorticaux. C'est en ce sens que MEYNERT admet, avec quelque apparence de probabilité, ce genre de sensations, très obtuses quant à leur spécificité dans notre sens intime, et fournies sans impulsion centripète venue de nos organes périphériques. Nous en parlons ici — bien que leur place soit dans le chapitre « cerveau » — parce qu'elles interviendraient, concurremment avec les sens musculaire et le sens de l'équilibre, dans la coordination des mouvements du corps et de ses parties.

D'autres auteurs sont allés trop loin, en attribuant (avec LOTZE) aux sensations d'innervation les renseignements que le sens musculaire surtout nous fournit. Entendues de cette manière, les sensations d'innervation ne sont plus admises.

## CHAPITRE XV.

### FONCTIONS DE GÉNÉRATION OU DE REPRODUCTION.

Tout être organisé est (de nos jours) une partie détachée d'un autre être organisé; la génération équivoque n'est plus guère défendue actuellement. Les exemples qui de tous temps étaient cités comme preuves de la naissance d'êtres organisés aux dépens de la nature inanimée, ont été successivement reconnus comme rentrant dans la loi générale énoncée à l'instant. Ne connaissons-nous pas aujourd'hui les semences des schizomycètes, ces organismes qui tout d'un coup pullulent en des endroits que longtemps on croyait à tort à l'abri de tout germe vivant?

**I. Différents modes de reproduction.** — 1° La reproduction la plus simple est celle *par division*. On la trouve chez les êtres unicellulaires (plantes et animaux). On doit y ranger la division de beaucoup d'êtres unicellulaires qui a lieu après conjugaison préalable de deux individus. Elle est aussi très-répondue chez les êtres unicellulaires qui composent un animal supérieur; la division cellulaire dans nos tissus est un véritable acte de génération, dont dépendent notamment la guérison des plaies, la consolidation des os fracturés etc. etc., et la reproduction, chez quelques vertébrés inférieurs (larves de tritons, salamandre etc.) de membres entiers qu'on a enlevés.

2° *Reproduction par bourgeons*. L'organisme maternel pluricellulaire produit quelque part une proéminence dans laquelle on reconnaît (en raccourci) un nouvel individu, avec toutes les parties constituantes de celui qui lui a donné naissance. Le bourgeon peut se détacher de l'organisme maternel, et mener une vie indépendante. Ce mode de reproduction, très-répondue dans le règne végétal, se trouve notamment chez les polypes et chez quelques vers.

3° *Reproduction par des œufs ou ovules*. Un œuf est un organisme élémentaire, une cellule, formé (par division) dans un autre organisme, dont il se détache. Placé dans des conditions favorables (de température, d'humidité, etc.), il finit par donner naissance à un individu semblable à l'individu maternel. Ce dernier est-il pluricellulaire, alors l'œuf doit se diviser, et les cellules résultantes subissent ordinairement des différences plus ou moins prononcées (qui sont du ressort de l'*embryologie*).

Les œufs peuvent se développer sans fécondation par la semence mâle ou sperme — *parthénogénèse* (chez les abeilles et d'autres insectes) — ; dans ce cas l'œuf s'appelle aussi corps germinatif. Ordinairement le développement de l'œuf suppose une fécondation préalable, au moins pour donner naissance à un individu complet — *reproduction sexuelle* — (un commencement de développement sans fécondation est possible pour la plupart des œufs). La *génération alternante* de beaucoup d'invertébrés consiste

en ce que pendant une période de l'existence la génération est asexuelle, et sexuelle pendant une autre. La semence mâle (sperme) et la semence femelle (œuf) peuvent se développer sur le même individu — *hermaphroditisme* — (chez certains poissons, beaucoup de vers, les limaces etc.), ou bien chacune se développe chez un autre individu, la semence femelle ou œuf chez la femelle, et la semence mâle ou sperme chez le mâle — *diœcie*.

Chez beaucoup d'animaux qui vivent sous des formes différentes, on rencontre la reproduction sexuelle dans un stade, et la reproduction par bourgeons dans un autre — *génération alternante* (chez les méduses, les taenias etc.). Les deux modes de reproduction se rencontrent simultanément (sur le même individu) chez des polypes, de même que chez la plupart des plantes.

Chez les vertébrés, la reproduction de l'individu complet est toujours sexuelle et dioïque.

**II. Puberté.** — Pour que l'individu (vertébré) soit apte à se reproduire — pour que chez le mâle se développe le sperme, et l'œuf chez la femelle —, il faut qu'il ait acquis un certain développement. A l'approche de ce terme de la croissance, vers *l'époque de la puberté* (plus précoce dans les climats chauds), il survient chez le mâle et chez la femelle, indépendamment de la maturation des œufs et du sperme, des changements profonds dans des systèmes autres que le système génital. Dans l'espèce humaine, les phénomènes les plus saillants sont, chez la femme, la menstruation et le développement des glandes sexuelles, ovaire et glandes mammaires; chez l'homme, les modifications sont peut-être moins profondes, bien que très étendues. Cette époque est de plus caractérisée par l'éveil de l'instinct sexuel. — Chez la femme, plus que chez l'homme, la faculté de reproduction cesse brusquement à une époque déterminée de la vie — ménopause (chez la femme).

**III. Puberté chez l'homme.** — L'homme devient pubère en moyenne une année plus tard que la femme, dans notre climat en moyenne de la 13<sup>me</sup> à la 15<sup>me</sup> année. — Au moment où les glandes sexuelles, les testicules, prennent leur entier développement, les changements extérieurs les plus marquants sont, le développement des poils aux parties sexuelles (la barbe apparaît plus tard), et la mue de la voix. La larynx augmente rapidement de dimensions, les cordes vocales s'allongent, et la hauteur de la voix s'abaisse, en moyenne d'une octave (ce changement de la voix est moindre chez les personnes châtrées avant la puberté). En même temps, le pénis se développe, et surtout il devient plus érectile. — La sécrétion du sperme continue jusqu'à un âge avancé, et cesse insensiblement, en moyenne vers 70 ans. 48 % d'un certain nombre d'hommes âgés de 80 à 90 ans étaient encore aptes à la reproduction (HENSEN).

**IV. Sperme.** — Le sperme éjaculé est un liquide visqueux, grisâtre, de réaction neutre ou légèrement alcaline, à odeur particulière (*Aura seminalis* des anciens). Au sein d'un liquide se meuvent, en nombre immense, les *spermatozoïdes* (*spermatozoaires* ou *zoospermes*), composés d'une tête allongée et aplatie, d'un corps cylindroïde, et d'une queue qui va s'amincissant vers la pointe. La longueur totale du spermatozoaire est de 0,05 mm. Ces spermatozoïdes se meuvent dans le liquide, en le battant de la queue, à la manière des anguilles. Le mouvement de la queue a été de tous temps comparé à celui d'un fouet

vibratile. — La tête comprend une portion du noyau de la cellule mère (spermatocyte) qui lui a donné naissance; la queue semble provenir, au moins en partie, du protoplasme de la même cellule.

Le spermatozoïde est destiné à pénétrer dans l'ovule; cette pénétration constitue la copulation des éléments sexuels (ED. VAN BENEDEN), non la fécondation proprement dite. La copulation est préalable à la fécondation. Celle-ci consiste essentiellement dans la genèse de la première cellule de l'embryon aux dépens de l'œuf et du spermatozoïde. — Le véhicule liquide semble être accessoire dans la fécondation. Le sperme est apte à féconder aussi longtemps que les spermatozoïdes se meuvent. — Le mouvement des spermatozoaires persiste très longtemps au contact de la sécrétion normale, légèrement alcaline, de la matrice (8 jours et plus). Il cesse au contact de l'eau, de l'alcool, de l'éther, des acides et des sels des métaux, etc. La sécrétion acide du vagin les tue.

Le véhicule mucilagineux et blanc-jaunâtre des spermatozoaires est fourni principalement par des glandes des canaux d'excrétion (vésicules séminales, prostate, glandes de COWPER, etc.). La sécrétion des canalicules séminifères est plus liquide que le sperme éjaculé. — Du sperme on a extrait des substances albuminoïdes, de la nucléine (contenue surtout dans les têtes des spermatozoaires, dérivés de noyaux cellulaires), de la lécithine, une graisse phosphorée, des sels, surtout des phosphates; enfin, une base organique cristallisable (CHARCOT et ROBIN).

L'origine des spermatozoïdes est toujours controversée. On est à peu près d'accord aujourd'hui pour admettre que les canalicules séminifères sont tapissés à leur intérieur par deux espèces d'éléments (de même que le follicule de DE GRAAF, chez la femme), et que les spermatozoïdes naissent aux dépens d'une seule espèce (v. EBNER), probablement à la suite d'une prolifération nucléaire très-prononcée. La tête du spermatozoaire provient du noyau cellulaire, la queue de protoplasme (au moins en partie). — L'épithélium en question recouvrait primitivement le testicule primordial, sous le nom d'épithélium germinatif, composé déjà de deux espèces d'éléments. L'espèce de cellules qui se transforme chez le mâle en spermatozoaires, donnent naissance chez la femme aux ovules. On ne sait pas distinguer un testicule primordial d'un ovaire primordial, bien que certainement il doit y avoir une différence entre les deux.

Les spermatozoïdes desséchés dans une tache, sur le linge par exemple, conservent leur forme, et après les avoir humectés, on peut les isoler et les reconnaître sous le microscope (détail important en médecine légale).

**V. Puberté chez la femme.** — Chez la femme, la puberté arrive dans notre climat de la 12<sup>me</sup> à la 14<sup>me</sup> année, environ une année plus tôt que chez l'homme. Les cas ne sont pas rares où elle tarde jusqu'à l'âge de 18 ans et plus (chez les personnes lymphatiques). Dans les climats plus froids, la puberté est plus tardive; elle est plus précoce (à 10 et même à 8 ans) dans les climats chauds. Ces différences, primitivement dues au climat, sont devenues héréditaires dans les races; elles ne disparaissent plus à la suite d'un changement de climat. — Vers l'époque de la puberté, les poils se montrent aux parties sexuelles, les glandes mammaires se développent, le bassin augmente de dimensions, la voix

acquiert plus de douceur, le velouté; le moral se modifie également, devient « féminin » etc. Le fait capital est la maturation de l'œuf, l'*ovulation*, qui est périodique. La maturation d'un ou de plusieurs ovules est accompagnée d'un écoulement sanguin par les parties sexuelles — *menstruation*.

**VI. Menstruation.** — A l'époque de la période menstruelle, qui arrive périodiquement, en moyenne tous les 28 jours, surviennent chez la femme les signes d'une suractivité circulatoire, surtout vers les organes génitaux : mouvement fébrile général, pesanteur dans les lombes et dans le bassin, lassitude générale, etc. Bientôt commence un écoulement, par la vulve, d'un liquide, d'abord muqueux (sécrétion des glandes vaginales et des glandes utérines), puis muqueux et sanguinolent; la proportion de sang augmente ensuite. L'écoulement sanguin dure 3 à 4 jours, puis diminue, et le liquide redevient muqueux avant de cesser tout-à-fait. — La quantité de sang qui s'écoule est en moyenne de 100 à 200 grammes.

La source de l'écoulement sanguin est la muqueuse utérine, surtout les capillaires. L'épithélium utérin subit une dégénérescence grasseuse, s'exfolie dans les couches superficielles, et des vaisseaux du tissu muqueux sous-jacent semblent se déchirer. Les parties profondes de l'épithélium (situées dans les cryptes de la muqueuse) restent intactes; ce sont elles qui servent à la régénération de la muqueuse.

Le sang est toujours mélangé de mucus, et séjourne plus ou moins dans l'utérus. Il y devient donc veineux, noirâtre. Cette circonstance, jointe à l'alcalinité de la sécrétion utérine, fait que le sang menstruel ne se coagule pas (il coagule dans les cas d'hémorragies utérines excessives).

Le fait que le sang menstruel est mélangé de mucus permet souvent de décider si une ancienne tache sanguine provient de la menstruation ou non. Si l'écoulement sanguin n'est pas excessif, les taches dans le linge sont dures, comme des taches de sperme, et entourées d'un cercle plus ou moins incolore (cette constatation a de l'importance en médecine légale).

**VII. Ovulation.** — A chaque période menstruelle, un ou plusieurs ovules sont éliminées des follicules de DE GRAAF mûris. On admet généralement que la congestion menstruelle de l'ovaire augmente la quantité du liquide contenu dans le follicule, qui se rompt sous l'influence de cette poussée. On se figure même souvent que la menstruation est nécessaire à l'ovulation; ce serait là sa signification physiologique. — Le fait que beaucoup de nourrices redeviennent enceintes sans avoir revu leurs règles démontre que la menstruation n'est pas nécessaire pour la rupture du follicule. D'un autre côté la menstruation cesse dans la plupart des cas où l'on a été forcé d'enlever les ovaires. — Certains auteurs (PFLÜGGER) envisagent la menstruation comme un acte préparatoire à l'évolution de l'ovule; la surface interne de l'utérus, comme avivée, serait plus apte à contracter des adhérences avec l'ovule. Pour d'autres auteurs (WILLIAMS, GUSSEROW, etc.), la congestion et le gonflement de la muqueuse utérine auraient pour résultat de transformer l'utérus en une espèce de couveuse pour l'ovule. Si l'ovule n'est pas fécondé, la muqueuse ainsi préparée (membrane

caduque) s'éliminerait en provoquant une hémorrhagie. La menstruation serait donc un signe extérieur de la non-fécondation : la grossesse daterait, non de la dernière époque menstruelle arrivée, mais de la première menstruation supprimée. Toutefois, d'après l'observation des accoucheurs, l'ovule semble le plus souvent (mais pas toujours) dater de la dernière menstruation arrivée.

L'ovule expulsé est projeté dans le pavillon de la trompe, qui à ce moment est congestionné également, et paraît être le siège d'une véritable érection, qui l'applique plus intimement sur l'ovaire. L'injection artificielle des vaisseaux produit encore sur le cadavre une érection du pavillon de la trompe et l'applique contre l'ovaire (DUCALLIEZ et KÜSS), abstraction faite des fibres musculaires lisses renfermées dans les ligaments utérins (ROUGET).

L'ovule chemine ensuite vers l'utérus, poussé par les cils vibratils des trompes, dont le mouvement est dirigé vers l'orifice utérin de la trompe. Il peut déjà être fécondé dans la trompe, peut-être même sur l'ovaire, comme le démontrent la présence de spermatozoaires en ces endroits, ainsi que les grossesses extra-utérines, abdominales même.

Non fécondé, l'ovule peut se conserver vivant et apte à être fécondé pendant 8 jours et plus, dans la sécrétion alcaline des trompes et de l'utérus.

Les ovules sont des cellules transformées, augmentées de calibre, qui étaient primitivement contenues dans l'épithélium germinatif recouvrant l'ovaire embryonnaire. Déjà chez le fœtus (avant qu'on puisse dire s'il s'agit d'un ovaire ou d'un testicule), cet épithélium se compose de deux espèces d'éléments. Chez la femelle, les ovules sont précisément les plus grandes de ces cellules, ayant emmagasiné dans leur masse une quantité plus ou moins grande de substances nutritives, destinées à nourrir l'embryon pendant une époque plus ou moins considérable du développement embryonnaire. Leur quantité est surtout considérable chez les animaux ovipares ou ovo-vivipares, dont les embryons sont réduits à se nourrir pendant tout leur développement au dépens de cette réserve nutritive.

Avant d'être fécondé, l'œuf ovarien subit des modifications importantes, caractéristiques du phénomène désigné sous le nom de « maturation de l'ovule. » Ils consistent 1° dans l'élimination de deux petits corps arrondis, provenant surtout du noyau de l'œuf ou vésicule germinative, et désignés sous le nom de globules polaires (VAN BENEDEN, ROBIN); 2° dans une rétraction du globe vitellin accompagnée du rejet, par le corps ovulaire, de substances désignées sous le nom de « formations périvitellines. » Celles-ci comprennent une couche dense, tapissant intérieurement la zone pellucide — c'est la membrane périvitelline, — et une masse liquide remplissant l'espace interposé entre cette membrane et le globe vitellin — liquide périvitellin. — C'est dans ce dernier que se rencontrent les globules polaires, qui restent cependant adhérents au vitellus. Les globules polaires se forment donc aux dépens de la vésicule germinative de l'œuf. La signification physiologique de cette expulsion n'est pas tout à fait élucidée, mais nous allons voir que c'est un phénomène des plus importants. — Les globules polaires étant expulsés, ce qui reste du noyau est le « pronucléus



femelle » (ÉD. VAN BENEDEEN). Cet élément nucléaire joue un rôle capital dans la fécondation.

Nous renvoyons aux traités d'embryologie pour de plus amples détails sur le développement de l'ovaire et de l'ovule, et sur le point de savoir comment le follicule de DE GRAAF (l'homologue du canalicule seminifère) naît par invagination de l'épithélium germinatif de l'ovaire primitif).

**VIII. Corps jaune.** — Après s'être vidé, le follicule de DE GRAAF rompu s'affaisse. S'il n'y a pas eu de fécondation, le sang épanché à son intérieur, à la suite de la déchirure, se résorbe, et la plaie est bientôt cicatrisée. — S'il y a eu fécondation et développement de l'œuf, le follicule se développe considérablement; sa paroi devient très épaisse (surtout du 3<sup>m</sup>e au 4<sup>m</sup>e mois), d'un jaune intense. Au moment de l'accouchement, il est encore volumineux (6-10 mm.), et ne disparaît qu'après des années. On a donné le nom de *corps jaune* ou *corpus luteum* à ces follicules cicatrisés, et on nomme *corpus luteum verum*, celui qui accompagne la grossesse, en opposition avec le *corpus luteum spurium*, qui résulte de l'expulsion d'un œuf qui ne s'est pas développé.

**IX. Ménopause.** — L'ovulation et la menstruation cessent assez brusquement, dans notre climat à l'âge de 40-45 ans. Chez les personnes et chez les races à puberté précoce, la menstruation cesse plus tôt. A l'époque où la menstruation et l'ovulation cessent, tous les organes sexuels (matrice, etc.) s'atrophient considérablement; on lui donne le nom de *ménopause* ou d'*âge critique*, parce qu'à ce moment les femmes sont plus sujettes à contracter toutes sortes de maladies.

**X. Érection de la verge.** — Les subdivisions de l'artère profonde de la verge aboutissent, non pas à des capillaires, mais à de larges sinus sanguins des corps caverneux de la verge; ce sont des lacunes interstitielles tapissées d'un endothélium. A ces sinus font suite des veinules, les origines de la veine profonde du pénis. Il y a toutefois des anastomoses capillaires entre ce système lacunaire et le système (capillaire) des vaisseaux du dos de la verge. Les veinules sont disposées de manière à être comprimées quand les lacunes sont distendues (par le sang).

L'érection de la verge est due principalement à une réplétion des espaces lacunaires de la verge par du sang, qui y arrive sous une pression plus forte (25-30 mm. mercure), grâce à une vaso-dilatation. Le membre augmente donc de volume et devient rigide (on peut obtenir cet effet en injectant les vaisseaux sur le cadavre). L'afflux sanguin est obtenu par une dilatation des artérioles afférentes, dilatation qui est sous la dépendance d'un centre érecteur situé dans la moelle lombaire (page 425), et qui agit par l'intermédiaire des nerfs érecteurs (qui sont des nerfs vaso-dilatateurs; voir page 130). — L'effet vaso-dilatateur peut être obtenu par action réflexe, par l'excitation des extrémités périphériques des nerfs sensibles de la verge. La représentation des sensations de volupté (influence psychique) peut avoir le même effet. — Le centre de l'érection dans la moelle épinière est lui-même sous la dépendance du centre vaso-dilatateur de la moelle allongée. — L'érection se produit aussi quand la moelle allongée est excitée, par exemple par la veinosité du sang (chez les pendus).

L'érection qui est le résultat de cette vaso-dilatation est renforcée par

l'action de certains muscles striés : du muscle ischio-caverneux, du muscle transverse du périnée, dont les contractions entravent le retour du sang veineux. Les contractions du muscle bulbo-caverneux tendent au même but, en empêchant le retour du sang provenant du corps caverneux du canal de l'urèthre. (Pendant l'érection, la miction est entravée par suite du gonflement surtout du *veru-montanum*). — Ces muscles peuvent être innervés par la volonté; ordinairement ils se contractent par acte réflexe lors de l'érection.

**XI. Copulation et éjaculation du sperme.** — La verge est introduite dans le vagin, grâce à la rigidité qui résulte de l'érection. Pour que l'éjaculation du sperme ait lieu, il faut que par suite de l'excitation des nerfs sensibles du pénis, il se produise comme acte réflexe un mouvement péristaltique des vésicules séminales, des canaux éjaculateurs et des muscles qui agissent sur le canal de l'urèthre, surtout du muscle bulbo-caverneux (contractions rythmiques). Ces réflexes sont sous la dépendance d'un « centre éjaculateur », situé dans la moelle épinière (p. 425). — Le sperme, accumulé dans les vésicules séminales, qui constituent un véritable réservoir de cette sécrétion, est projeté avec une certaine violence hors du canal de l'urèthre. Le jet peut aller, chez l'homme, à un demi-mètre et plus.

Le sperme est sécrété continuellement; il avance, principalement sous l'impulsion des cils vibratils de l'épithélium qui tapisse les canaux déférents, sous la poussée de la *vis à tergo* (pression sécrétoire), et un peu par l'effet des mouvements péristaltiques des canaux déférents. Il vient s'accumuler dans les vésicules séminales, où il se mélange avec une sécrétion liquide et muqueuse. — Au moment de l'éjaculation, la prostate et les glandes de COWPER sécrètent en plus grande abondance un liquide clair, muqueux, qui se mélange au sperme; c'est le liquide visqueux qui s'écoule de la verge avant et après l'éjaculation.

L'ovulation et les pérégrinations de l'ovule sont indépendantes du coït. Il y a cependant au moment de la copulation une érection dans les organes génitaux de la femme, et même une éjaculation du liquide de certaines glandes. Le clitoris entre en érection, par un mécanisme analogue à celui qui érige la verge de l'homme, et fait saillie vers l'intérieur du vagin. Il se produit aussi, en qualité d'acte réflexe, un mouvement péristaltique des trompes utérines et de l'utérus lui-même, ainsi que du vagin, et surtout une constriction du m. sphincter de la vulve. Il en résulte qu'une certaine quantité d'un liquide muqueux (sécrété en plus grande abondance au moment du coït) est éliminée des parties sexuelles. L'utérus se contracte donc; en même temps il se redresse, et s'abaisse un peu. L'excitation génitale venant à cesser, il se dilate, et exerce une certaine aspiration sur le liquide spermatique qui a été projeté contre son orifice vaginal.

Nous avons dit que l'éjaculation est sous la dépendance d'un « centre éjaculateur » situé dans la moelle lombaire. La voie centripète réflexe est constituée par les nerfs sensibles du gland; la voie centrifuge est donnée dans les fibres motrices des vésicules séminales surtout, puis des muscles du périnée.

## XII. Imprégnation de l'ovule. Fécondation proprement dite. —

Le sperme pénètre dans la matrice sous l'influence de l'impulsion reçue au moment de l'éjaculation, peut-être en partie par l'aspiration exercée par la matrice qui se relâche après l'acte sexuel. Les spermatozoïdes peuvent cependant pérégriner eux-mêmes le long d'un bouchon de mucus qui pend avec une grande constance hors de l'orifice utérin. On a trouvé des spermatozoïdes jusque sur l'ovaire ; ils ont donc remonté la trompe, à l'encontre du mouvement des cils vibratils de cette dernière. Ils peuvent même traverser toute la longueur du vagin et pénétrer dans l'utérus, à en juger d'après des exemples de grossesse dans des cas où, par suite d'étranglement anormal de la vulve, il ne pouvait être question de l'introduction du pénis.

*En quel endroit les spermatozoaires rencontrent-ils l'ovule ?* — Cette rencontre peut certainement avoir lieu sur l'ovaire et dans les trompes, témoin les grossesses extra-utérines. L'imprégnation se fera peut-être aussi dans l'utérus lui-même, si avant le coït un ovule a eu le temps de descendre jusqu'ici. Tel n'est pas cependant le cas chez la lapine, d'après les observations de VAN BENEDEN.

Nous avons dit plus haut que la copulation des éléments sexuels, préalable à l'imprégnation de l'ovule ou fécondation, consiste dans la pénétration d'un spermatozoïde dans le corps ovulaire, c'est-à-dire dans le globe vitellin. On a observé cette pénétration chez beaucoup d'invertébrés, et même chez un vertébré (*Petromyzon*). Le spermatozoaire s'introduit dans l'ovule par ses propres mouvements ; chez beaucoup d'animaux, même supérieurs, à travers une ouverture de l'enveloppe ou des enveloppes de l'œuf (micropyle). Chez le lapin et d'autres mammifères, des zoospermes peuvent traverser la zone pellucide et pénétrer dans la cavité ovulaire par n'importe quel point de sa surface. On en trouve toujours un grand nombre dans le liquide périvitellin de cet animal. Mais il est fort probable que chez les mammifères tout comme chez les autres animaux, un seul spermatozoïde pénètre dans le globe vitellin.

Lorsque les spermatozoaires arrivent dans le voisinage de l'ovule, ils sont attirés par celui-ci avec une force très manifeste. Chez le *Petromyzon*, cette attraction s'exerce vers un pôle bien déterminé de l'œuf, caractérisé par un plus fin granulé du vitellus. Les spermatozoaires s'y disposent régulièrement, en grand nombre, la tête en avant, à peu près comme la limaille de fer attirée par une armature magnétique. — Il se confirme de plus en plus que cette attraction est le fait d'une substance chimique sécrétée par l'ovule et diffusant dans le liquide ambiant.

Les anthérozoïdes des fougères sont attirés avec énergie par l'acide malique, ceux des mousses par le sucre de lait, des bactéries mobiles par la peptone. Et la trillionième partie d'un milligramme suffit pour produire cet effet (PFEFFER)!

Un fait du même genre est l'attraction si évidente exercée sur les cellules migratrices par les substances dites « phlogogènes », sécrétées par les microbes pathogènes. — On donne le nom de « chimiotaxie » (effet chimiotaxique) à l'ensemble des phénomènes de ce genre.

Dans le vitellus (protoplasme de la cellule œuf), les éléments protoplasmiques du zoosperme (queue) se résorbent, et ne semblent pas jouer un rôle essentiel dans la fécondation : la queue ne serait que l'organe locomoteur de la partie fécondante proprement dite, de la tête. La fécondation proprement dite consiste

dans la genèse, aux dépens de l'ovule et du zoosperme (qui a pénétré à son intérieur), d'une cellule représentant en puissance un nouvel individu. La genèse de cette cellule comprend les processus suivants : 1° La formation, aux dépens du reste de la vésicule germinative, après le rejet des globes polaires, d'un élément nucléaire présentant une structure semblable à celle des noyaux ordinaires, désigné sous le nom de « pronucléus femelle, » mais qui, à en juger par sa genèse et son évolution ultérieure, n'est qu'un demi-noyau ; 2° Dans la formation, aux dépens de la tête du spermatozoïde (et après l'incorporation de cet élément au corps ovulaire), d'un « pronucléus mâle » qui lui aussi n'est qu'un demi-noyau. — Dès le moment où ces deux éléments nucléaires se trouvent constitués dans l'œuf, qu'ils se réunissent et s'accolent plus ou moins intimement entre eux, ou qu'ils restent séparés, la première cellule embryonnaire se trouve constituée. La division (première segmentation) peut s'accomplir sans aucune réunion préalable des deux pronucléus (VAN BENEDEN). Toutefois, l'accollement assez intime des deux pronucléus, donnant lieu au premier noyau cellulaire, paraît se produire chez beaucoup d'espèces.

La fécondation ne consiste donc pas dans la conjugaison ou confluence des pronucléus, comme l'ont soutenu O. HERTWIG, FOL, FLEMMING, STASBURGER et d'autres, mais bien dans la formation d'une cellule complète, aux dépens d'une cellule réduite à ne plus avoir qu'un demi-noyau, et d'un élément nucléaire amené par le zoosperme (VAN BENEDEN). Il est indifférent que les deux demi-noyaux s'unissent très intimement entre eux ; toutefois, à eux deux, ils constituent une unité physiologique, un noyau cellulaire : la première cellule embryonnaire existe, capable de se segmenter et d'engendrer un nouvel individu, dès le moment où les deux éléments nucléaires se trouvent formés dans le vitellus. *La fécondation se ramène donc à la substitution d'un élément nucléaire paternel, à un élément nucléaire maternel rejeté par le corps ovulaire sous forme de globe polaire (VAN BENEDEN).*

Un grand progrès s'est accompli récemment dans l'étude des phénomènes intimes qui ont lieu lors de l'imprégnation de l'ovule, c'est-à-dire lors de la fécondation proprement dite. — En 1685, SWAMMERDAM avait démontré qu'il ne suffit pas de l'in-

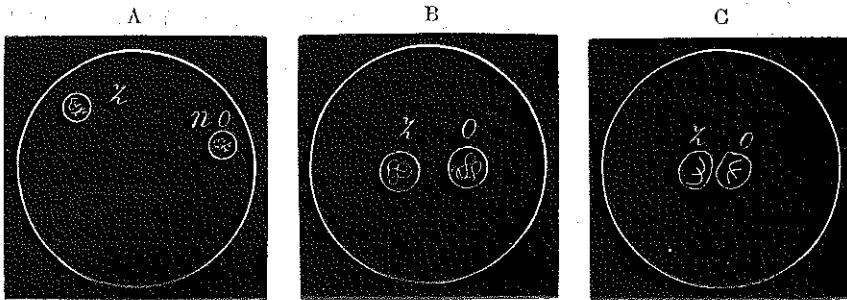


Fig. 276.

fluence à distance du sperme (de l'*aura seminalis*) pour féconder l'ovule. SPALLANZANI (1768) fit voir que le liquide spermatique ne suffit pas à lui seul, qu'il faut la présence de zoospermes mobiles. La pénétration du spermatozoïde dans l'œuf fut

annoncée vers 1850 par plusieurs auteurs, même pour des espèces où la justesse de l'observation n'a pas encore été contrôlée. Cette pénétration du zoosperme dans l'œuf des Némotodes, chez lesquels elle avait été mieux constatée que dans toute autre espèce animale, était niée encore en 1857 par CLAPARÈDE et MUNK.

La théorie de l'*aura seminalis*, abandonnée depuis 200 ans, continuait cependant, jusque tout récemment, à végéter sous des noms d'emprunt. En effet, le spermatozoaire devait se dissoudre dans le protoplasme ovulaire, et BISCHOFF, de nos jours (de même qu'ARISTOTE), comparait l'influence qu'il devait exercer sur ce protoplasme à celle d'un ferment soluble, d'une diastase. En 1875, O. HERTWIG vit chez un échinoderme (*Toxopneustes lividus*), que le spermatozoaire, au lieu de se dissoudre dans le vitellus, s'y transforme en un noyau qui va se confondre avec le noyau ovulaire, et constitue, ainsi avec ce dernier le premier noyau de l'œuf. Il était réservé à notre collègue ED. VAN BENEDEN de faire (1882-1886) sur l'œuf de l'Ascaride mégalocephale (qu'on trouve chez le cheval) des constatations qui réalisent un progrès énorme dans la question, et qui font entrevoir des conséquences morphologiques de la plus haute importance. Ce qui se passe chez cet animal devra naturellement se retrouver, avec ses détails essentiels, dans toutes les espèces animales. Nous allons essayer d'en ébaucher les principaux linéaments.

Chez l'Ascaride mégalocephale, un seul spermatozoaire pénètre dans l'œuf (Fig. 276, A,  $\ast$ ), au sein du vitellus. Son petit noyau (homologue de la tête du spermatozoïde d'autres animaux) se transforme en un noyau réticulé ( $\ast$ ) qui va grandissant — pronucléus mâle —, tandis que sa partie protoplasmique (homologue de la queue des spermatozoïdes d'autres animaux) subit une dégénérescence progressive, et finit par être totalement dissoute dans le vitellus. Le noyau primitif de l'œuf d'autre part a rejeté la moitié de ses éléments constitutifs, sous formes de globules polaires, au nombre de deux. Ce qui reste du noyau devient le pronucléus femelle (A,  $n\circ$ ). Les deux pronucléus se rapprochent, et leur chromatine (substance avide de certaines substances colorantes), réticulée jusqu'ici (A), se ramasse en un seul filament pelotonné (B), qui ne tarde pas à se diviser en deux anses chromatiques (C). La membrane des

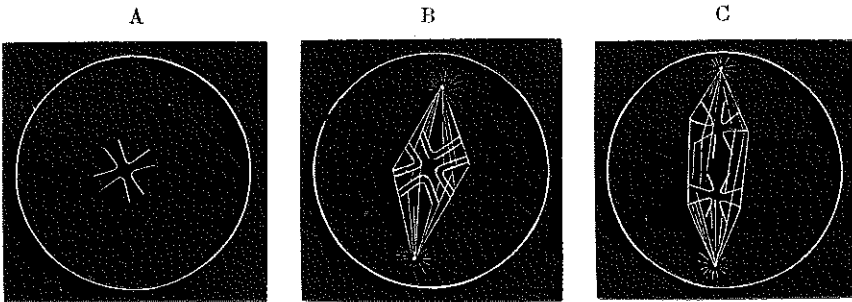


Fig. 277.

pronucléus, très apparente au début, disparaît; les deux anses mâles et les deux anses femelles se disposent alors en une figure stellaire représentée en A, fig. 277. Les anses primaires ne tardent pas à se diviser longitudinalement, de manière à produire 8 anses secondaires juxtaposées deux à deux (B, fig. 277). Les deux systèmes d'anses chromatiques s'éloignent bientôt l'un de l'autre, et finissent par gagner les deux pôles opposés de la figure dicentrique (fig. 277, C), caractéristique des cellules en voie de division. L'écartement des anses résulte de la traction qu'exercent sur elles des fibrilles achromatiques qui, partant des centres de la figure discentrique (qui existe déjà dans les stades antérieurs), s'insèrent aux anses (fig. B et C). Les noyaux des deux premiers blastomères s'édifient aux dépens des deux groupes stellaires, écartés l'un de

l'autre. Dans chaque groupement stellaire secondaire, il y a quatre anses secondaires, dont deux proviennent du pronucléus mâle, et deux autres du pronucléus femelle.

Le vitellus se divise bientôt lui aussi en deux, suivant un plan perpendiculaire au milieu de filaments interstellaires, et la première ségmentation de l'œuf a donné naissance aux deux premières cellules de l'embryon. Chacune d'elles ne tarde pas à se diviser à son tour en deux, par un processus identique. Les quatre anses chromatiques se reforment, après avoir passé par une période réticulée, dite de repos; elles se subdivisent de nouveau; l'œuf se divise successivement en quatre, puis en seize cellules, et ainsi de suite. Chez l'animal adulte encore, la karyokinèse a lieu identiquement de la même façon : quatre anses chromatiques, qui se fendent en longueur. La première ségmentation n'est donc rien autre chose qu'une division cellulaire indirecte, par karyokinèse.

Chez tous les animaux, la karyokinèse s'opère de la même façon (abstraction faite du nombre des anses chromatiques); chez beaucoup d'animaux aussi, même chez des mammifères, on a constaté la pénétration du zoosperme dans l'ovule; chez le lapin notamment, on a vu le noyau de l'œuf se constituer par le rapprochement de deux pronucléus (VAN BENEDEN). Tout cela nous conduit à admettre que chez tous les animaux, la fécondation de l'ovule se fait d'après le type décrit chez *Ascaris*.

Ainsi, pas de confluence des deux noyaux, pas d'absorption de l'un par l'autre, pour donner naissance au noyau de l'œuf; c'est en réalité une juxtaposition d'un élément structuré mâle et d'un élément structuré femelle. Et dans chaque globe de ségmentation, dans chaque cellule de l'animal adulte, nous avons deux bâtonnets chromatiques venant du père, et deux qui viennent de la mère.

Comme le pronucléus mâle est le seul élément que l'organisme paternel fournisse à l'œuf fécondé, il est clair que cet élément nucléaire est le véhicule, le support exclusif des propriétés héréditaires paternelles; il est donc fort probable que le pronucléus femelle est aussi le siège des propriétés héréditaires maternelles, et par conséquent, que le noyau constitue l'organe directeur du développement, de la forme et de la fonction. L'hérédité se conçoit chez les êtres les plus compliqués, au même titre et de la même façon que chez les protozoaires, qui se multiplient par division.

Dès que les deux demi-noyaux existent dans le corps protoplasmique de l'œuf, la fécondation est accomplie. La conjugaison des deux pronucléus est un phénomène accessoire; ils peuvent rester plus ou moins séparés et écartés chez *Ascaris*.

Dans tout noyau cellulaire existent, à tous les stades de la vie cellulaire, un nombre variable (selon les espèces animales) d'éléments constitutifs, d'anses chromatiques, qui conservent leurs individualités dans le noyau, se dédoublent à chaque division cellulaire; et de ces individualités nucléaires, la moitié procède de l'organisme paternel, l'autre moitié de l'organisme maternel (VAN BENEDEN).

À la lumière jetée par les recherches précédentes sur les phénomènes intimes de la fécondation, diverses questions se présentent sous un jour nouveau. De ce nombre sont l'hérédité, l'hybridation, les superfétations, les grossesses gémeillaires, les monstruosité congénitales, la détermination du sexe, etc., etc.

**XIII. Hérédité.** — L'hérédité est un phénomène tellement général et banal qu'on le trouve tout simple, et que la plupart des gens instruits ne se sont jamais demandés pourquoi nous ressemblons à nos parents. Et dans cette ressemblance, il y a d'abord le fait qu'un animal quelconque reproduit toujours des jeunes de la même espèce; ensuite que dans le produit de la génération sexuelle, on retrouve quelques caractères plus accessoires, les uns maternels, les autres paternels. Dans l'espèce humaine, les propriétés morales et intellectuelles tiennent souvent par un côté du père, par un autre de la mère, de même que dans le produit du croisement d'un chien d'arrêt, par exemple, avec un chien courant, les instincts sont un mélange des aptitudes des deux procréateurs.

Il ne saurait guère y avoir de doute que l'hérédité doit être reportée au moment de

la constitution de la première cellule, c'est-à-dire de l'œuf fécondé; elle doit être considérée comme réalisée, bien que non apparente encore à nos moyens d'investigation, à l'instant de la constitution des deux pronucléus — mâle et femelle. — L'embryon est constitué avec tous ses caractères et ses propriétés dans l'œuf fécondé. Les conditions extérieures ne pourront rien lui ajouter de neuf; elles ne sauraient que modifier quantitativement ce qui préexiste. Nous nous figurons que les propriétés du futur nouveau-né préexistent dans l'œuf fécondé, non pas en puissance, à l'état dynamique, — pour ne pas dire métaphysique —, mais formées physiquement, dans les éléments structurés de l'œuf, bien que notre œil ne puisse pas encore découvrir ces détails.

La mécanique intra-ovulaire est telle, que si les conditions extérieures sont favorable, le processus d'évolution a lieu, et nécessairement dans un sens tel qu'il doit produire un être de même espèce que les procréateurs. — On n'a pas encore réussi à obtenir le développement de l'œuf fécondé et transplanté dans l'utérus d'un animal différent d'une autre espèce, bien que la chose doive être considérée comme possible. Dans les grossesses extra-utérines, notamment quand le fœtus se développe au milieu des intestins, les conditions extérieures diffèrent de l'état normal au moins autant qu'elles en diffèrent dans l'utérus d'un animal différent par l'espèce; et néanmoins l'embryon se développe comme dans l'utérus.

On admet souvent qu'une influence formatrice, donnant lieu à des phénomènes d'hérédité, peut encore être exercée sur l'embryon en dehors de la fécondation proprement dite, soit par le mâle, soit par la femelle. L'influence du sperme serait double: d'une part une fécondation, voire même un simple coït antérieur, pourrait se faire sentir sur le produit d'une fécondation ultérieure, et d'autre part un coït pourrait exercer une influence sur le produit d'un coït antérieur. — Pour ce qui est du premier point, des éleveurs prétendent qu'une cavale, fécondée par un zèbre, pourrait plus tard, fécondée par un entier, produire un cheval zébré. Des faits du même ordre ont été annoncés pour le chien. A notre avis, ils demandent un supplément de recherches.

Quant à une influence exercée par le sperme sur le produit d'une fécondation antérieure, elle est peu probable. Aucun détail connu du développement ne se prête à une telle hypothèse; les conditions mécaniques sont même telles dans l'œuf de plusieurs animaux, qu'un seul spermatozoaire y pénètre au moment de la fécondation.

L'influence de la mère est plus discutée. D'abord, il est clair que des événements arrivés à la femelle antérieurement à la fécondation peuvent avoir une influence sur le produit d'une conception ultérieure, en ce sens qu'ils ont pu influencer la nutrition de l'ovule. Mais on admet généralement qu'après la conception, voire même dans un état avancé de la grossesse, une émotion morale de la femme, une impression cérébrale quelconque pourrait laisser des traces sur le fœtus humain. Les faits de cette nature ne nous semblent pas probants. Certes, la mère exerce une influence sur le fœtus, en tant qu'elle doit fournir les matériaux nutritifs à l'embryon; mais elle les fournit à l'état amorphe, non organisés. Sauf le passage possible de quelques cellules migratrices, qui de la mère iraient au fœtus, à travers le placenta, mais qui n'auraient aucun rôle spécial à jouer, nous devons admettre que le passage d'un élément figuré de la mère au fœtus est un fait pathologique. D'autre part, il n'y a pas de lien nerveux entre la mère et l'enfant. — La question n'est certes pas absolument vidée; mais nous considérons comme au moins improbable que des caractères extérieurs accessoires, comme la couleur des cheveux, l'apparition d'un nævus etc., puissent être influencés directement par la mère, pendant le développement d'un fœtus. L'imagination de la mère n'agit pas sur leur production, mais souvent bien sur l'interprétation de ceux qui existent!

Le véhicule de l'hérédité doit être, du côté paternel, l'élément nucléaire du spermatozoïde. Et l'influence maternelle ne prédomine pas sur l'influence paternelle, il est naturel de supposer que l'organisme maternel aussi agit surtout par ses éléments nucléaires. Les parties structurées des pronucléus étant les filaments, anses ou bâtonnets chromatiques, nous raisonnerons comme si ceux-ci étaient les agents de

l'hérédité, bien qu'il soit possible que d'autres éléments nucléaires, mais achromatiques (ne se laissant pas colorer par les moyens employés jusqu'ici), y soient aussi pour quelque chose.

**XIV. Hybridation.** — Une fécondation entre espèces voisines est possible. Le produit de la conception, l'hybride, est, en règle générale, mais pas toujours, inapte à la reproduction. La fécondation entre espèces plus éloignées, voire même entre espèces de divers ordres, est possible. Seulement, dans ce cas, le développement n'aboutit pas à la formation d'un individu viable; il s'arrête ordinairement dans la période de la simple segmentation. Tel est p. ex. le cas du mélange sexuel, non seulement de deux espèces d'anoures, mais encore d'un triton et d'un anoure (PFLUEGER 1882). Les plus petits zoospermes se prêtent le mieux à l'hybridation, de même que les œufs dont les spermatozoaires habituels sont les plus gros. PFLUEGER estime donc que des conditions purement mécaniques surtout mettent une limite à l'hybridation entre espèces différentes.

**XV. Parthénogénèse.** — On a annoncé qu'un commencement de segmentation était possible sans fécondation, même chez la poule. Ces assertions auraient toutefois besoin d'être étudiées à nouveau à la lumière des faits découverts par VAN BENEDEN. Chez les insectes, où cette parthénogénèse aboutit souvent jusqu'à la formation d'individus adultes — mâles alors — la maturation de l'œuf ne va, paraît-il, dans ces cas, que jusqu'à l'expulsion d'un seul globe polaire, tandis qu'il s'en forme constamment deux dans les cas où l'œuf est fécondé (BLOCKMANN et WEISSMANN).

**XVI. Grossesse gémellaire. Superfétation.** — Le fait que la femme met au monde un seul enfant tient à ce qu'à chaque époque menstruelle, il ne se détache qu'un seul œuf de l'ovaire. Une femme peut mettre au monde en une fois deux, trois, quatre enfants, qui alors sont moins bien développés (comme masse) que lorsqu'il ne s'agit que d'un seul. Mais une femme peut aussi accoucher d'un enfant cinq ou six mois après un premier accouchement (superfétation).

Dans le premier cas, celui d'une grossesse multiple simple, dans l'espèce humaine, la disposition des membranes fœtales est ordinairement telle qu'il doit s'agir de deux ou de plusieurs ovules qui se sont détachés simultanément des ovaires. Dans quelques cas de grossesse gémellaire, il y avait un chorion commun, exceptionnellement les deux embryons avaient un Amnios commun. Dans le dernier cas, très obscur encore, ils semblent s'être développés au dépens du même œuf.

Dans le premier cas, le plus fréquent, celui de la ponte simultanée de plusieurs œufs, l'influence de l'homme est certainement nulle. Quant au second, on pourrait songer à la pénétration de deux spermatozoaires dans l'œuf, dont chacun aurait pris une partie du noyau. Effectivement, O. HERTWIG et H. FOL ont montré que chez certains invertébrés, plusieurs spermatozoaires peuvent, exceptionnellement, pénétrer dans l'œuf, où chacun prend une partie du pronucléus femelle, et qu'il se produit plusieurs gastrulas. Toutefois, lorsque cela arrive, c'est que l'œuf est resté longtemps non fécondé dans l'eau; la pénétration de plusieurs zoospermes est un fait pathologique, et produit souvent la mort de l'embryon. Il est inutile d'examiner davantage comment théoriquement cela pourrait se faire chez l'homme, en rapport avec les découvertes de VAN BENEDEN. Il faudra attendre la lumière d'observations ultérieures.

Une négresse a donné naissance à des jumeaux, dont l'un noir, l'autre plus ou moins blanc; une femme blanche a donné naissance à des jumeaux, dont l'un blanc et l'autre mulâtre. Les deux femmes ont avoué avoir eu des rapports, à des moments rapprochés, avec un blanc et un nègre: c'est le cas de la ponte simultanée de deux œufs.

Quant aux cas de deux accouchements à terme, à deux, trois, quatre ou cinq mois



d'intervalle, ils n'ont pas toujours été examinés avec les soins voulus. On pourrait songer à un cas exceptionnel d'utérus double; il faudrait seulement admettre, ce qui est loin d'être démontré, que pendant une grossesse, un nouvel œuf peut mûrir et être expulsé. La plupart du temps, le second enfant paraît avoir subi dans l'utérus un arrêt de développement, ou même il y a été conservé à l'état de cadavre : dans l'un et l'autre cas, la fécondation a été simultanée.

Une question curieuse est celle de la ressemblance et de la dissemblance des jumeaux humains. La grande ressemblance est loin d'être la règle. On conçoit que la ressemblance doive être plus prononcée lorsque des jumeaux sont contenus dans le même amnios. Mais dans ce cas encore une source de dissemblance serait dans les spermatozoaires, si, ce qui est probable, ils ont pénétré à deux jusqu'au pronucléus femelle. La pluralité des œufs et des spermatozoaires explique du reste parfaitement le fait que de trijumeaux, deux peuvent se ressembler beaucoup, le troisième différant sensiblement d'eux.

**XVII. Détermination du sexe.** — Le fœtus mâle ressemble tout à fait au fœtus féminin jusqu'à une époque assez avancée du développement. A ce moment, les organes sexuels prennent un aspect différent selon le sexe. Peut-être une telle différence existait déjà plutôt; mais elle était insensible pour notre œil et nos moyens actuels d'investigation, au même titre que nous ne savons pas distinguer deux embryons déjà très avancés, l'un de lièvre, l'autre de lapin.

Depuis longtemps, on a cherché, mais en vain, et souvent dans des causes assez banales, les causes déterminantes du sexe. Un homme à un seul testicule peut créer des enfants des deux sexes; il en est de même d'une femme privée d'un ovaire. La sexualité ne tient donc pas à des circonstances anatomiques aussi grossières. L'âge relatif des reproducteurs n'a pas non plus d'influence manifeste à ce point de vue.

Depuis quelques années, les éleveurs (FIQUET, GIRON et CORNAZ, COURNEJOULS) ont fait des expériences et des observations sur un facteur qui paraît réellement intervenir dans la question, non pas comme cause déterminante absolue, mais son influence serait capable d'augmenter sensiblement, et à volonté, soit le nombre des jeunes mâles, soit celui des femelles. Il résulterait de ces recherches qu'un ontier, un taureau ou un bélier servant souvent à la reproduction, donne plus de mâles qu'un autre qui sert moins souvent. D'un autre côté, mais ce point ressort moins clairement des statistiques, un œuf fécondé très tôt donnerait une femelle, un œuf fécondé tardivement, — dans l'espèce humaine plus ou moins longtemps après les règles, chez les animaux vers la fin du rut —, donnerait un mâle.

On a fait observer que ces influences, ou la première seulement, étant admises, on comprendrait pourquoi le pour cent des nouveaux-nés féminins et masculins se maintient très constant (chez l'homme et chez plusieurs animaux, 105-107 naissances masculines sur 100 féminines). Supposons que pour l'une ou l'autre raison il y ait à un moment donné un déficit de mâles. Immédiatement, les œufs seraient fécondés un peu plus tardivement, et les mâles auraient plus de besogne comme reproducteurs, d'où le résultat — maintes fois constaté par les éleveurs — que le nombre des naissances mâles augmenterait. — Le facteur indiqué agirait donc déjà au moment de la fécondation.

Il semble qu'une impulsion formatrice aussi fondamentale que celle qui détermine le sexe, doive être donnée dès la fécondation. On songe naturellement ici aux découvertes de VAN BENEDEN. Cette auteur a développé cette idée que toute cellule, de même que l'œuf fécondé, serait hermaphrodite; que lors de l'expulsion des globes polaires, le noyau ovulaire se débarrasserait de ses éléments mâles, et que la tête du spermatozoaire serait un noyau cellulaire débarrassé de la partie femelle. On pourrait s'imaginer p. ex. qu'une plus grande vitalité de l'élément nucléaire mâle (relativement à l'élément femelle) donnerait naissance à un mâle, une plus grande vitalité

de l'élément femelle donnerait une femelle. A ce point de vue s'expliqueraient les observations faites sur des animaux domestiques, les produits sexuels vieux pouvant être considérés comme ayant moins d'énergie vitale. On comprendrait même ainsi que l'âge des produits sexuels n'ait pas une influence absolue, un jeune spermatozoaire, pouvant, dans certaines circonstances, avoir peu de vitalité comparativement à un autre plus âgé.

Toutefois, les choses ne semblent pas être aussi simples. Il n'est pas du tout prouvé que lors de la maturation dernière, les noyaux ovulaires et les têtes des spermatozoaires se débarrassent seulement, les premiers des éléments mâles, les secondes des éléments femelles. Il semble plutôt que chacun des deux transmet au jeune être, et des caractères maternels, et des caractères paternels : p. ex. l'enfant peut reproduire des caractères de son grand-père maternel. Puis il y a cet autre fait que la parthénogénèse donne lieu souvent, sinon exclusivement, à des mâles.

L'assertion récente de SCHENK, prétendant déterminer chez l'homme le sexe du fœtus en régularisant la nutrition des mois avant la conception, demande, pour être prise en considération, des preuves plus convaincantes.

**XIII. Hermaphroditisme.** — L'hermaphroditisme, c'est-à-dire le développement des organes sexuels mâles et femelles sur le même individu, très répandu chez les invertébrés, se rencontre normalement chez certains vertébrés inférieurs (quelques poissons), et anormalement, comme fait tératologique, chez des vertébrés supérieurs, et même chez l'homme. Dans l'hermaphroditisme vrai, l'individu a un ou deux ovaires, un ou deux testicules, une matrice, et des organes génitaux externes plus ou moins masculins et féminins. Des cas de l'espèce, très bien constatés chez des mammifères, ont été décrits aussi dans l'espèce humaine. En temps normal, chez la femelle, la partie de l'ovaire primitif qui, chez le mâle, donne naissance au testicule, s'atrophie; et chez le mâle la partie qui dans l'autre sexe se transforme dans l'ovaire définitif, s'atrophie. Anormalement, les deux parties peuvent se développer à la fois, avec les organes sexuels accessoires. — Il ressort cependant des observations que chez ces hermaphrodites, ni les ovules, ni les zoospermes ne se développent normalement : ces individus sont stériles.

Les organes sexuels extérieurs ne peuvent pas être chez l'adulte mâles et femelles à la fois, puisqu'ils procèdent d'une seule formation embryonnaire. Or, il arrive qu'avec des organes sexuels internes mâles, les organes sexuels externes sont plus ou moins femelles, et vice versa. C'est l'hermaphroditisme faux. Ainsi, le méat urinaire peut être un peu fendu. Le canal de l'urètre peut aussi être fendu dans toute l'étendue de la verge (hypospadié); la verge alors se recourbe en bas, comme le clitoris. La verge peut de plus s'atrophier, et alors souvent le sinus urogénital ne s'est pas fermé, simulant ainsi un vagin. Des individus de ce genre ont été mariés comme femmes. — Ces états ou développements anormaux, intermédiaires, des organes sexuels externes, se rencontrent souvent dans l'hermaphroditisme vrai.

**XIX. Expulsion du fœtus ou Accouchement.** — A mesure que l'œuf se développe, l'utérus augmente de dimensions; ses parois s'épaississent, notamment par le développement de beaucoup de fibres musculaires, de sorte qu'elles deviennent plus contractiles. Vers le 250<sup>me</sup> jour de la grossesse, l'utérus commence à se contracter sur son contenu; le col s'efface, s'ouvre et s'élargit de plus en plus. Les contractions reviennent par accès, sont très douloureuses, d'où le nom de *douleurs* qu'on leur a donné. L'œuf finit par être expulsé, la tête du fœtus en avant. — Les contractions de la matrice se trouvent sous la dépendance d'un centre réflexe situé dans la moelle lombaire, qui agit encore parfaitement après que la moelle a été sectionnée au dos (voir page 425).

Les diverses questions qui ont rapport au développement du fœtus et à l'accouchement sont étudiées avec les détails voulus dans les traités d'embryologie et dans ceux d'accouchements.

**XX. Sécrétion du lait et lactation** — Un phénomène corrélatif de la grossesse et de l'accouchement est la sécrétion du lait, liquide destiné à nourrir l'enfant après sa naissance.

Dans la seconde moitié de la grossesse, les glandes mammaires se développent encore plus qu'à l'établissement de la puberté. La sécrétion s'établit ordinairement un à trois jours après l'accouchement, au milieu d'un léger mouvement fébrile (fièvre de lait).

*Le colostrum* — c'est le nom du lait sécrété les quelques premiers jours — ne renferme que très peu de caséine, mais de l'albumine en quantité notable, et les autres substances (contenues normalement dans le lait) en plus grande quantité que le lait proprement dit. Le colostrum se prend donc en une masse solide si on le chauffe (coagulation de l'albumine). Il renferme des globules granuleux, plus gros que les globulins du lait normal. — La composition chimique du lait de femme a été donnée aux pages 214 et 216. — Le lait excrété vers la fin d'une séance est plus riche en caséine, et surtout en beurre.

Il résulte du tableau de la page 214 que le lait de vache (pur) renferme plus de caséine et surtout plus de graisse que le lait de femme. Dans le cas donc où l'on est forcé de nourrir un enfant avec du lait de vache, on le délaye avec son volume d'eau, et on peut y ajouter un peu de sucre, de préférence du sucre de lait, pour se rapprocher le plus possible de la composition du lait de femme. Malgré cela, le lait de vache est ordinairement mal digéré par les très jeunes enfants; cela tient en partie au moins à ce que la caséine du lait de vache se coagule dans l'estomac en masses compactes, tandis que celle du lait de femme se coagule en petits flocons.

Les glandes mammaires sont des glandes acineuses. Une vingtaine de conduits excréteurs débouchent à l'extrémité du mamelon; près de leurs orifices, ces conduits présentent chacun une dilatation en ampoule. — Les globules de beurre paraissent se former par dégénérescence graisseuse du protoplasme des cellules glandulaires. Contrairement à une opinion admise longtemps, les protoplasmes glandulaires ne subissent pas cette dégénérescence dans toute leur masse; les cellules restent en place, bien que très réduites dans leur volume, puis elles gonflent de nouveau, empruntent au sang des éléments nutritifs, et recommencent à former des globules de beurre (STRICKER, HEIDENHAIN). La caséine paraît aussi se former dans la glande, aux dépens des cellules glandulaires.

Une bonne nourrice sécrète en moyenne par jour un litre de lait, et même davantage.

L'excrétion du lait n'est pas due uniquement à la succion de l'enfant. Lorsque l'enfant tette, il y a une véritable érection (par acte réflexe) du mamelon et de toute la glande. Les vaisseaux mammaires se dilatent, la glande durcit, ce qui

doit contribuer à chasser le lait. Dans le mamelon surtout, il y a des fibres musculaires lisses qui se contractent. En fait, le lait est projeté souvent en jet hors du mamelon. Enfin, la sécrétion proprement dite est activée quand l'enfant tette. D'abord, une plus grande quantité de liquide transsudara des vaisseaux dilatés ; ensuite, d'après LAFFONT et P. BERT, il faut admettre dans les glandes mammaires de véritables nerfs sécrétoires, provoquant la sécrétion, même sans l'intervention de l'action vaso-dilatatrice.

---

## TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

### A.

Abdominale (respiration), 147.

Abscisse, 69.

Absorption, 256; mécanisme de l'a. 257; cutanée, 262; a. de la graisse, 259; a. digestive, 259; a. gastrique, 258; a. intestinale, 259; a. par les muqueuses, 261; a. par les voies respiratoires, 261; a. par les séreuses, 262; a. sous-cutanée, 262.

Accélérateurs du cœur (nerfs), 125.

Accélération (inspiratoire) des pulsations cardiaques, 186.

Accommodation, 556.

Accouchement, 650.

Acétone, 13.

Acide acétique, 13; a. arachique, 13; a. aspartique, 16; a. azotique, 151; a. benzoïque, 13; a. butyrique, 13; a. caprinique, 13; a. caproïque, 13; caprylique, 13; a. carbamique, 16; a. carbonique, 13 (voir anhydride carbonique); a. cérotique, 13; a. chénocolalique, 14, 238; a. chlorhydrique, 11, 238; cholalique, 14, 237; a. choloidinique, 14, a. crésyl-sulfurique, 13, 286; a. cryptophanique, 17; a. dioxymalonique, 14; a. du suc gastrique, 238; a. felleux, 14; a. formique, 12; a. glutamique, 16; a. glycérique, 14; a. glycolique, 14; a. glyoxalique, 14; a. glycocholique, 237; a. glycuronique, 12; a. hippurique, 18, 295, 303; a. hyénique, 13; a. hypo-chloralique, 14, 238; a. indoxyl-sulfurique, 19, 298; a. inosique, 17; a. kynurique, 19; a.

lactique, 14, 337; a. leucique, 14; a. lithofellique, 14; a. malique, 14; a. malonique, 14; a. mésoxalique, 14; a. myristique, 13; a. oléique, 13; a. oxalique, 14; a. oxybutyrique, 14; a. oxyglutarique, 14; a. palmitique, 13; a. paraoxyphénylacétique, 18, 296; a. paraoxyphénylpropionique, 18, 296; a. parabannique, 17; a. phénique, 295; a. phénylsulfurique, 15, 296; a. phospho-glycérique, 15; a. proprionique, 13; a. sarcolactique, 14; a. stéarique, 13; a. sulfhydrique, 11; a. sulfo-cyanique, 17; a. sulfurique, 11, 296; a. tartronique, 14; a. taurocholique, 237; a. valériannique, 13; a. urique, 17, 293, 302.

Acides amidés, 15; a. aromatiques de l'urine, 296; a. biliaires, 237; a. organiques, 13.

Acidité de l'urine, 238; a. de la substance nerveuse grise, 363, 401; a. du suc gastrique, 238; a. du muscle fatigué, 340.

Achroodextrine, 13.

Acoustique (nerf), 512; sensations a., 616; action du n. a. sur la respiration, 183.

Activité des êtres vivants, 2.

Acroléine, 265.

Acuité visuelle, 563.

Adaptation de l'œil, 540.

Addition latente des muscles, 313.

Adénine, 17.

Aérophéthysmographe, 145.

Aérotomètre, 163.

Age (influence de l'a.) sur la respiration, 167; *id.* sur le nombre des mouvements respiratoires, 147; *id.* sur le nombre

- des battements du cœur, 90; *id.* sur la température interne, 196, 201.
- Agraphie, 489.
- Aiguilles thermo-électriques, 191; a. esthésiométrique, 627.
- Aimant aperiodique, 192; a. astatique, 192; a. d'Haüy, 192.
- Air : composition et analyse, 150; a. confiné, 171; a. complémentaire, 148; a. des alvéoles pulmonaires, 144; a. expiré, 151; a. inspiré, 150; a. résiduel, 148; a. respiratoire, 148.
- Alanine, 15, 16.
- Albinos (yeux), 580.
- Albumine, 25, 45; a. acide, 25; a. circulante, 277; a. de l'œuf, 20, 25; a. des muscles, 25; a. du sérum, 20, 25, 145; a. comme aliment du cœur, 117; a. du lait, 25, 215; a. cristallisée, 19; a. vivante, 21; bilan de l'a. 274; calorique de combustion de l'a. 200.
- Albumineuses (glandes), 223.
- Albuminoïdes, 20, 23, 25; action du suc gastrique sur les a., 230; action du suc intestinal sur les a., 247; action du suc pancréatique sur les a., 244; caractères et propriétés des a., 23; classification des a., 25; destruction organique des a., 275; transformation des a. en graisse, 267; *id.* en glycogène, 270; oxydation des a., 279; rôle et transformation des a. dans l'organisme, 273.
- Albumoïdes, 20, 28.
- Albumose, 26, 223. Voyez Peptones.
- Albuminurie, 305.
- Alcalinité du sang, 33, 42.
- Alcarazza, 207.
- Alcool, 12, 213.
- Alcools, 12.
- Alexie, 490.
- Alimentaire (bol), 215; ration a., 213.
- Alimentation azotée, 273; influence de l'a. sur la thermogénèse, 202; a. riche en féculents, 272; a. riche en graisse, 265.
- Aliments, 213; a. albuminoïdes, 273; a. gras, 265; a. hydrocarbonés, 268; a. et quotient respiratoire, 166.
- Allantoïne, 17, 294.
- Alloxane, 17.
- Amétropie, 569; cause de l'a., 570; correction de l'a., 572.
- Amibe, 7.
- Amiboïdes (mouvements), 8.
- Amidon, 61, 13 (action de la bile sur l'a.), 239; action de la salive, 219; action du suc intestinal, 247; action du suc pancréatique sur l'a., 244; a. chez les végétaux, 6.
- Amines, 15.
- Amines acides, 15.
- Ammoniaque dans l'air, 150, 152; action de l'a. sur les muscles, 317.
- Amphiarthroses, 372.
- Amphicréatinine, 17.
- Amplitude de l'accommodation, 561.
- Ampoules des canaux semi-circulaires, 633.
- Amyloïde (matière), 20, 28.
- Anaérobie, 131.
- Analyse de l'air, 150; a. de l'urine, 290; a. des gaz du sang, 62; a. du lait, 216; a. du sang, 55.
- Anémie du syst. nerveux, 364, 404, 496.
- Anesthésie dans les lésions de la moelle, 410; a. dans les lésions des hémisphères cérébraux, 460, 470, 478.
- Anesthésiques, 6, 631.
- Angle visuel, 564; a. v. dans l'appréciation de la 3<sup>me</sup> dimension, 595.
- Anhydride carbonique, 150; a. c. de l'air atmosphérique, 150; a. c. de l'air expiré, 151; a. c. de l'estomac, 233; a. c. dans l'apnée, 179; a. c. dans la dyspnée, 176; a. c. excitant de la respiration, 175; a. c. de la lymphe, 65, 164; action sur la germination, 5; a. c. du sang, 62; tension de l'a. c. dans l'air, 171; *id.* dans le sang, 162; *id.* dans les liquides organiques, 164; *id.* dans la respiration, 163; empoisonnement par l'a. c., 171, 178.
- Animaux à sang chaud, à sang froid, 189.
- Animaux et plantes, 4.
- Anisotrope (substance), 319.
- Anomalies de réfraction, 569.

Ano-spinal (centre), 249, 424.  
 Anoxhémie, 170.  
 Anses chromatiques dans l'œuf, 645.  
 Antagonisme circulatoire, 133.  
 Aorte (occlusion de l'), 304, 364.  
 Aphasie, 487.  
 Apnée, 173, 437.  
 Apoplexie, 495.  
 Appareil à flammes manométriques, 392;  
*id.*, de Gad, 83; a. d'Hanriot et Ch. Richet, 153; a. de Pettenkofer, 154; de Marey, 94; a. de Regnault et Reiset, 155; a. thermo-électrique, 191; a. électro-magnétique, 314.  
 Appareils enregistreurs, 70.  
 Aqueducs du limaçon et du vestibule, 615.  
 Arcs réflexes ou sensitivo-moteurs, 418, 427.  
 Arborisations terminales des fibres nerveuses, 396.  
 Argon, 58.  
 Aromatiques (corps), 17.  
 Arrêt (nerf a.), 588; n. d'arrêt du cœur, 122; mécanismes d'arrêt des articulations, 370; a. respiratoire, 181, 182.  
 Artères, 96, 126.  
 Artérielle (circulation), 96, 126.  
 Arthrodie, 370.  
 Articulations (différentes espèces d'), 370.  
 Asparagine, 280.  
 Aspiration cardiaque, 81, 82, 112.  
 Asphyxie, 177.  
 Assimilation, 264.  
 Association (fibres nerveuses d'a.), 456, centres d'a., 480.  
 Astigmatisme irrégulier, 577; a. régulier, 574.  
 Ataxie locomotrice, 412; a. cérébelleuse, 446.  
 Atomes (Propriétés des a. biogéniques), 9.  
 Atomique (hypothèse), 4.  
 Atropine, 123, 210, 222, 225, 246, 597.  
 Auditif (organe), 601.  
 Audition, 601.  
*Aura seminalis*, 637.  
 Auscultation des poumons, 141; a. du cœur, 89.

Autodigestion de l'estomac, 235.  
 Automatisme de la moelle épinière, 423.  
 a. des centres respiratoires, 174, 437;  
 à. des centres sudoripares, 208; a. des centres vaso-moteurs, 130; a. des nerfs d'arrêt du cœur, 124.  
 Aveugle de naissance, 590.  
 Axillaire (température), 194.  
 Axone, 396.  
 Azote, 58 (bilan de l'a.), 274; dégagement d'a. de l'air, 150, 152; dans le sang, 171; équilibre d'a., 275, exhalation d'a., 152; tension de l'a. de l'air, 171.  
 Azotite d'ammoniaque, 151.

## B

Bailler, 149.  
 Bains de vapeur, 195.  
 Basilaire (membrane), 614.  
 Barreau d'Haüy, 192.  
 Baryte, 154.  
 Bâtonnets, 541, 545; couleur rouge des b., 544; nutrition des b., 599.  
 Battage du sang, 35.  
 Battements des sons, 606.  
 Benzol, 18.  
 Beurre, 15, 215.  
 Bicarbonate de soude, 162.  
 Bière, 207.  
 Bilan de l'albumine, 274.  
 Bile. 236; action de la b. sur les graisses, 240; circulation de la b., 242; b. cristallisée, 237; sécrétion de la b., 241.  
 Billicyanine, 238.  
 Bilifuscine, 19, 238.  
 Bilihumine, 233.  
 Bilineurine, 15.  
 Biliprasine, 238.  
 Bilipurpurine, 233.  
 Bilirubine, 19, 238.  
 Biliverdine, 19, 238.  
 Binoculaire (diplopie b.), 587 vision b., 586.  
 Biologie, 1.  
 Biréfringence des muscles, 319.  
 Biuret, 16, 25, 230, 290.  
 Blanc de baleine, 12.  
 Bol alimentaire, 249, 251.

Böttger (réaction de), 220.  
 Bouillon, 207.  
 Boussole de Wiedemann, 186, 358.  
 Bowman (capsule de), 299.  
 Brownien (mouvement), 342.  
 Bruit, 605, 619.  
 Bruit rotatoire, 329.  
 Bruits de la déglutition, 252; b. du cœur, 89.  
 Burettes de Hempel, 151.  
 Butalanine, 16.  
 Byssus, 28.

## C

Cachexie strumiprive, 284.  
 Cadavérine, 17.  
 Café, 213.  
 Caféine, 17.  
 Caillot, 85.  
 Caisse d'absorption, 159; c. de résonance, 607; c. du tympan, 609.  
 Calculs biliaires, 238; c. urinaires, 288.  
 Calorie, 198.  
 Calorimètre, 198.  
 Calorimétrie, 198.  
 Calorique de combustion, 200.  
 Calotte du pied cérébral, 430.  
 Canal limacien, 618.  
 Canalicule contourné, 299, c. urinaire, 299.  
 Canaux semi-circulaires (leurs lésions), 633.  
 Canule gastrique, 226.  
 Capacité vitale, 148.  
 Capillaires, 108, 110, 114.  
 Capsule de Bowman, 299; c. interne, 457, 484; c. surrénales, 285.  
 Caractères des animaux et des plantes, 5.  
 Cabamate d'ammoniaque, 281.  
 Carbamide, 290.  
 Carbonate de sodium, 162.  
 Carboxyhémoglobine, 58.  
 Cardiaque (muscle), 118.  
 Cardiogramme, 87.  
 Cardiographes, 83, 86.  
 Cardiomètre, 101.  
 Cardiopneumographe, 88.  
 Carnine, 17.

Carnivores (alimentation des c.), 276; plantes c., 6; quotient respiratoire des c., 167.  
 Cartilage 11, 26; c. aryténoïde, 381; c. cricoïde, 381; c. thyroïde, 381.  
 Caséine, 26, 27, 215.  
 Cathéter pulmonaire, 163.  
 Cécité corticale, 465; c. verbale, 490; c. de l'âme, 465, 491.  
 Cellules, 7; c. acoustiques, 614; c. gustatives, 624; c. nerveuses, 396; rôle trophique des c. n., 402; c. olfactives, 623; c. nerveuses, 396.  
 Cellulose, 6, 12.  
 Centre de gravité du corps, 375.  
 Centre (nerveux) accélérateur du cœur, 125; c. ano-spinal, 249, 424; c. calorifique, 205; c. cilio-spinal, 425; c. convulsif, 451; c. de coordination des mouvements volontaires, 440; c. d'arrêt du cœur, 124; c. de la déglutition, 251; 439; c. de la sécrétion salivaire, 225; c. de la thermogénèse, 205; c. des mouvements de déglutition, 251, 439; c. du vomissement, 253, 439; c. éjaculateur, 425; c. génito-spinal, 425; c. intra-cardiaque, 119, 121; c. pour la mastication, 439; c. pour la toux, 439; c. pour l'éternuement, 439; c. psycho-acoustique, 467, 476; c. psycho-gustatif, 467, 476; c. psycho-olfactif, 467, 476; c. psycho-optique, 461, 475; c. respiratoire, 172, 436; c. respiratoires accessoires, 174; c. sudoripare, 208, 439; c. vaso-moteurs, 126, 129, 438; c. vésico-spinal, 425.  
 Centres nerveux automatiques, 423; c. d'association, 480; c. de projection, 480; c. n. psychiques du chien, 468; *id.* du singe, 472; *id.* de l'homme, 474; c. n. psycho-moteurs, 468, 477; c. n. psychosensibles, 461, 477; c. n. réflexes dans le mésocéphale, 436; c. n. réflexes médullaires, 422; c. n. rythmiques, 436; c. n. trophiques, 402; c. n. vaso-moteurs, 126, 438; c. n. respitoires, 172, 180, 436.  
 Centre optique des lentilles, 551; c. o. de l'œil, 555.



- Centre de rotation de l'œil, 582.  
 Centrifuge (machine), 39.  
 Cercle chromatique de Newton, 526.  
 Cérébraux (hémisph.), 455.  
 Cérébrine, 17.  
 Cérotine, 12.  
 Cerveau, 11, 455.  
 Cervelet, 445.  
 Chaleur (action sur les centres respiratoires) 176, 210; a. sur la température interne, 195; a. sur la thermogénèse, 206; a. sur la sudation, 207; a. sur la circulation cutanée, 132, 207; a. sur les phénomènes vitaux, 189; lutte contre la c., 205; c. développée dans le cerveau actif; 498; *id.* dans le muscle actif, 332; c. *id.* dans la coagulation du sang, 42; *id.* dans la rigidité cadavérique; c. et travail musculaire, 202, 333; c. produite par les animaux, 201.  
 Champ visuel binoculaire, 586; ch. v. monoculaire, 566; chromatopsie dans le ch. v., 580; acuité visuelle dans le ch. v., 566.  
 Chaos lumineux, 522.  
 Charge ou pression hydrostatique, 91.  
 Chariot de du Bois-Reymond, 315.  
 Chiasma optique (entrecroisement dans le ch. o.), 465.  
 Chimio-taxie, 643.  
 Chinoline, 19.  
 Chitine, 17.  
 Chloroocruorine, 20, 27, 65.  
 Chlorophylle des animaux, 6.  
 Choc d'induction, 312.  
 Choc du cœur, 87.  
 Cholestérine, 12, 238.  
 Choline, 15.  
 Choroïde (son glissement lors de l'accommodation), 559; rôle nourricier de la ch., 599.  
 Chou-fleur, 214.  
 Chromatine, 27.  
 Chromoscope, 528.  
 Chromogènes de l'urine, 297.  
 Chronographe électrique, 78.  
 Chronographie, 77.  
 Chyle, 63, 65.  
 Chylifères, 260.  
 Chyme, 253.  
 Cils vibratils, 342, 394.  
 Cinématographe, 536.  
 Circonvolution frontale ascendante, 479; c. pariétale ascendante, 479; circonvolutions centrales, 479.  
 Circulation, 67; c. artérielle, 96, 145; c. artificielle du cœur, 118; c. capillaire, 108; c. cardiaque, 78, 85; c. cérébrale, 133 493; c. collatérale, 134; c. entéro-hépatique de la bile, 242; c. hépatique, 114; c. pulmonaire, 185; c. rénale, 304; c. veineuse, 111, 184; découverte de la c., 68; conditions mécaniques de la c., 115; schéma de la c., 95; c. cutanée, 132, 133, 206; c. de la veine porte, 114; c. des centres nerveux, 364, 493; c. intra-crânienne, 493; c. intra-oculaire, 598, durée totale de la c., 116; c. de la bile, 242; c. des glandes salivaires, 222; c. rénale, 302, 304; schéma de la c., 95; c. veineuse, 111.  
 Cire, 12.  
 Clignotement, 600.  
 Coagulation de l'albumine, 23, 24; c. du sang, 35, 36, 40, 43; c. du lait, 215, 216, 229; c. de la myosine, 330; c. de la caséine, 215, 229; c. intravasculaire, 43.  
 Coefficient de ventilation pulmonaire, 149.  
 Cœur, 78; bruits du c. 89; c. de grenouille, 117, 119; débit du c. 89; c. des mammifères, 120; ganglions du c. 119; délire du c. 121; choc du c. 87; innervation du c. 117; phénomènes électriques du c., 122; rythme du c., 78, 122; torsion du c., 81; travail mécanique du c., 125; variations de volume du c., 88; contraction idio-musculaire du c., 121.  
 Collagène, Colle, 20, 28.  
 Colloïdes, 22.  
 Colloïde (matière), 28.  
 Colloïde de synthèse, 21, 41.  
 Colonne vertébrale (sa statique), 375.  
 Colonnes de Clarke, 409.  
 Colorantes (matières) de la bile, 238; m. c. de l'urine, 297; m. c. du sang, 47.

- Colostrum, 651.  
 Combustible musculaire, 339.  
 Combustion de l'albumine, 278, c. organique, 163, 279; calorique de combustion, 200.  
 Compas de Weber, 628.  
 Compensateur, 358.  
 Compteur de Ludwig, 106.  
 Conchioline, 20, 28.  
 Condensateur (décharge oscillatoire), 314.  
 Condiments, 213.  
 Conductibilité des muscles, 326; c. des nerfs, 351.  
 Conduction de l'innervation consciente dans la moelle, 410; c. dans le mésocéphale, 434.  
 Conduit auditif externe, 608.  
 Cônes, 541, 545; leur nutrition, 599.  
 Conservation de la matière, 3; c. de l'énergie, 3, 6.  
 Consommation de luxe, 277.  
 Consonance, 616.  
 Consonnes, 394.  
 Constantes optiques de l'œil, 554.  
 Contractilité, 8, 309.  
 Contraction des bronches, 180; c. des capillaires, 100, 135; c. idio-musculaire, 317; c. induite, 336; c. secondaire, 336; c. musculaire, 320; c. des ventricules, 81; phénomènes microscopiques de la c. m. 318.  
 Contraste lumineux, 537.  
 Convergence (sa signification pour apprécier la 3<sup>me</sup> dimension) 591.  
 Convulsif (centre), 451.  
 Convulsions asphyctiques, 177; c. générales produites par la substance grise de la moelle épinière, 421.  
 Coordination des mouvements volontaires, 440, 446.  
 Copulation, 642.  
 Corde du tympan, 222, 224, 513.  
 Cordes vocales, 332.  
 Cordon antérieur, 404; c. cunéiforme, 404; c. de Goll, 404; c. latéral, 404; c. postérieur, 404.  
 Cornée transparente (sa nutrition), 598; réfraction de la lumière dans la c. tr., 554.  
 Cornéine, 23.  
 Cornet acoustique, 602.  
 Corps calleux, 484.  
 Corps jaune, 641.  
 Corps strié, 483.  
 Corps thyroïde, 283.  
 Corps vitré, 11; nutrition du c. v. 598; indice de réfraction du c. v. 554.  
 Corpuscules du tact, 626; c. de Krause, 626.  
 Corpus luteum, 641.  
 Correspondants (points), 587.  
 Costale (respiration), 147.  
 Costo-supérieure (respiration), 147.  
 Côtes (mouvements respiratoires des), 138.  
 Couche optique, 453.  
 Couenne inflammatoire, 39.  
 Couleurs, 524; champs de c., 530; c. complémentaires 525; c. fondamentales, 527; mélange des c., 527; perversion des c., 531; c. simples, 525; teintes ou tons des c., 524; saturation des c., 524.  
 Courant nerveux (sa vitesse), 353.  
 Courants d'action des muscles, 336; *id.* des nerfs, 360.  
 Courants électriques des muscles, 334; *id.* des nerfs, 256; c. é. induits 312; courant é. constant, 302; courant axial, 357; c. é. de l'œil, 545.  
 Courbe myographique, 322.  
 Courbes de Traube-Hering, 187.  
 Courbes graphiques, 69.  
 Courbes isométriques et isotoniques, 324.  
 Couronne rayonnante, 457.  
 Course, 377.  
 Créatine, 16, 329.  
 Créatinine, 16, 295.  
 Crème, 214.  
 Crésol, 18, 297.  
 Crêtes acoustiques, 613.  
 Cristallin, 11; (réfraction dans le cr.), 554; changements du cr. dans l'accommodation, 556.  
 Cristalloïdes, 22.  
 Croissant de Gianuzzi, 224.  
 Crusocréatinine, 17.  
 Crusta phlogistica, 39.

Cryoscopie, 257.  
 Cumberlandisme, 487.  
 Curare, 123, 143, 317.  
 Cyanate d'ammoniaque, 239.  
 Cylindre enregistreur, 73.  
 Cyrtomètre, 138.  
 Cystéine, 16.  
 Cystine, 16, 258.  
 Cytine, 40.  
 Cytoglobine, 20, 40, 41.

**D**

Daltonisme, 531.  
 Daturine, 225.  
 Darwinisme, 5.  
 Débit du cœur, 89.  
 Décharge oscillatoire des condensateurs, 314.  
 Décompression brusque, 171.  
 Décussation dans le chiasma optique, 465.  
 Défécation, 255.  
 Déficit d'azo.e, 274.  
 Dégénérescence des fibres nerveuses, 366, 403, 406.  
 Déglutition, 250; centres de la d., 245, 439.  
 Délire des ventricules, 121.  
 Dendrite, 397.  
 Dents, 222.  
 Dépresseur (nerf), 124, 131; réflexes d., 131.  
 Désassimilation, 264; d. des albuminoïdes, 275.  
 Déviation conjuguée des yeux et de la tête, 450.  
 Dextrine, 13, 219.  
 Dextrose, 12, 220.  
 Diabète, 271.  
 Dialyseur, 22.  
 Diaphragme, 138, 144.  
 Diastase, 30, 41, 244.  
 Diastole auriculaire, 78; d. locale, 119; d. ventriculaire, 81.  
 Dirotisme du pouls, 98.  
 Diffusion, 256; d. des gaz, 160; d. des liquides, 21.  
 Digestion, 212, 240; d. artificielle, 227; d. buccale, 219, 221; d. des albuminoïdes,

230, 244; d. des graisses, 240, 244; d. des féculents, 219, 221, 244; d. gastrique, 230; d. intestinale, 248; influence de la digestion sur la respiration, 168; durée totale de la d. 256; d. et chaleur animale, 196, 201.

Diméthylamine, 15.  
 Digitale, 124  
 Dioecie, 637.  
 Dioptrique, 547; d. de l'œil, 553.  
 Diplopie binoculaire, 587; d. croisée, 587; d. homonyme, 587.  
 Discontinuité du tétanos, 329.  
 Disques musculaires accessoires, 319; d. m. anisotropes, 319; d. m. médians, 319; d. m. isotropes, 319.  
 Disques rotatifs, 528.  
 Dissociation de l'oxy-hémoglobine, 52, 61; d. du carbonate de sodium, 61, 162.  
 Dissonance, 616, 619.  
 Distance focale, 549.  
 Distributeurs du sang (nerfs vaso-moteurs), 132.  
 Dosage de l'anhydride carbonique, 150; d. de la fibrine, 36; d. de l'albumine, 22, 27, 45; d. de l'eau, 151; d. de l'hémoglobine, 55; d. de l'oxygène, 151; d. de la glycose, 220; d. de la graisse du lait, 217; d. de la paraglobuline, 45; d. de l'urée, 291; d. des albuminoïdes, 26.  
 Douleur (sensation de d.), 631; conduction de la d. à travers la moelle épinière, 412.  
 Durée de la circulation, 116; d. de la digestion, 256; d. de l'impression rétinienne, 534.  
 Dyslysine, 14, 238.  
 Dyschromatopsie, 531.  
 Dyspnée, 176; d. calorifique, 210.

**E**

Eau: proportion dans les différents tissus et liquides, 11; dans l'air, 151.  
 Ecorce cérébrale, 455; extirpation de l'é. c., 460; restitution de l'é. c., 471; topographie physiologique de l'é. c. du chien, 468; *id.* du singe, 472; *id.* de l'homme, 474.

- Ecrevisses (muscles), 41, 64.  
 Ectopie du cœur, 85.  
 Effort, 149.  
 Ejaculation du sperme, 642.  
 Elasticité des capillaires, 110; é. musculaire, 320; é. pulmonaire, 141; é. des tubes d'écoulement, 93.  
 Elastine, 20, 28.  
 Electricité (transmission des mouvements par l'é.), 74; action de l'é. sur les muscles, 311; *id.* sur les nerfs, 345, 348, 361.  
 Electriques : phénomènes é. de la sécrétion sudorale, 210; *id.* du cœur, 122; *id.* des muscles, 334; *id.* des nerfs, 356, 351; de la rétine, 545; du cerveau, 498; poissons é., 367.  
 Electrodes impolarisables, 359.  
 Electromètre capillaire, 357.  
 Electrotonus, 313, 348.  
 Eléments biogéniques, 9; é. histologiques, 7; é. charnus, 319.  
 Email, 11.  
 Emigration des globules blancs, 61, 109.  
 Emmétropie, 569.  
 Empoisonnement par le curare, 317; par CO, 53; par CO<sub>2</sub>, 171; par la strychnine, 421.  
 Empyrisme (idées empiristiques), 589.  
 Emulsine, 28.  
 Emulsion, 244.  
 Enclume, 609.  
 Endolymph, 612.  
 Endosmose, 257.  
 Endothermiques (réactions), 2.  
 Enduits cutanés, 159.  
 Energie (conservation de l'é.), 3; é. croissante et décroissante du muscle, 324; é. latente dans le muscle, 324, 325; é. spécifique des nerfs, 346, 499; é. spécifique des organes des sens, 518.  
 Enregistreurs (appar.), 70; cylindre, 66.  
 Enregistrement des mouvements, 70; des mouvements respiratoires, 144; des pulsations du cœur, 83; du pouls, 96; du temps, 75; de la pression artérielle, 101; de la vitesse du sang, 107; de la contraction musculaire, 321.  
 Entrecroisement des voies d'innervation consciente, 410; *id.* du nerf optique, 465.  
 Enzymes, 24.  
 Epilepsie corticale, 474.  
 Epithélium intestinal, 259; é. rénal, 302, 308; é. respiratoire, 152; é. pigmenté de la rétine, 545.  
 Equilibre d'azote, 276; sens de l'é., 633.  
 Erecteur (centre é.), 425.  
 Erection de la verge, 641; é. du clitoris, 642; é. de la trompe utérine, 640.  
 Ergographe, 340.  
 Erythroblastes, 46.  
 Erythroextrine, 13.  
 Erythropsine, 544.  
 Esbach (tube), 27.  
 Escalier (cœur), 119.  
 Ésérine, 249, 597.  
 Estomac (auto-digestion), 235; digestion dans l'e., 226; mouvements de l'e., 252; extirpation de l'e., 236.  
 Étage dorsal, ventral et moyen du mésocéphale, 430, 431, 432.  
 Eternuement, 149; centre nerveux de l'é., 439.  
 Ethers composés, 15.  
 Etrier, 609; muscle de l'é., 610.  
 Etuves, 189.  
 Eunuques (voix des), 384, 637.  
 Examen médico-légal des taches de sang, 51; *id.* du sang menstruel, 639; *id.* du sperme, 638.  
 Exercice musculaire (quotient respiratoire), 167; respiration, 168; température, 196, 202.  
 Excitabilité des muscles, 317; e. des nerfs, 345; e. de l'écorce cérébrale, 463.  
 Excitant adéquat ou spécifique, 518.  
 Excitants du tissu musculaire, 309, e. des centres respiratoires, 175; e. des nerfs, 345.  
 Excitation directe et indirecte des muscles, 309; e. électrique du nerf, 345; e. répétée, 316, 327; e. de fermeture et de rupture, 313, 348.  
 Excréments, 248.  
 Excrétine, 253.

Excrétion de l'urée, 292; e. de l'acide urique, 292.  
 Exhalation d'anhydride carbonique, 151, 162; d'azote, 152; de gaz combustibles, 152.  
 Exothermiques (réactions), 2, 131.  
 Exosmose, 257.  
 Expérience de Müller, 142, 612; e de Val-salva, 142, 612.  
 Expiration, 140; e forcée, 140.  
 Explorateur des battements du cœur, 88.  
 Expulsion de l'urine, 307.  
 Extensibilité musculaire, 320, 331.  
 Extirpation de la rate, 283; e. de l'esto-mac, 236; e. du corps thyroïde, 284; e. du foie, 282; e. du pancréas, 247; e. du rein, 292; e. des hémisphères céré-braux, 440.  
 Extrait de viande, 333.

## F

Facial (nerf), 511.  
 Faim, 217; sensation de la f. 632.  
 Faisceaux pyramidaux de la moelle, 407.  
 Fatigue (sensation de f.), 632; f. des mus-cles, 340; f. de la rétine, 536.  
 Fécales (matières), 248.  
 Fécondation, 643.  
 Féculents, 268.  
 Fehling (liqueur de), 220.  
 Fémoral (son), 141.  
 Fenêtre ovale, 609; f. ronde, 615.  
 Fente sthénopéique, 576.  
 Fer de la rate, 273; f. du sang, 49.  
 Ferment ammoniacal, 290; f. de la fibrine, 37; f. de la putréfaction, 31; f. diasta-sique, 30, 219, 238; f. du Lab, 215, 229; f. inversif, 30, 248; f. lactique, 216; f. saponifiant, 30, 244.  
 Fermentation, 28; f. de l'urine, 289; f. du lait, 216.  
 Ferments, 28, 31.  
 Fibres musculaires striées, 319; f. d'inspi-ration et d'expiration du nerf vague, 180, 181; f. musculaires du cœur, 118.  
 Fibrine, 26, 35, 36, 40.  
 Fibrinogène, 20, 36, 38, 40.  
 Fibrinoplastique, 40, 44.

Fibroïne, 28.  
 Fièvre, 196.  
 Filtration, 256.  
 Filtration rénale (théorie de la f.), 303.  
 Fistule biliaire, 236; f. cholécysto-intes-tinale, 241; f. gastrique, 226; f. intesti-nale, 247; f. pancréatique, 213; f. sali-vaire, 224.  
 Flammes manométriques, 392.  
 Flot de l'oreillette, 86.  
 Fluidité du sang, 42.  
 Fluorures, 41.  
 Foetus: expulsion du f., 650; coagulation du sang du f., 41; gaz du sang, 63.  
 Foie, 11; fonction glycogénique, 269; rôle dans la nutrition, 280; sécrétion de la bile, 241.  
 Fonte des muscles chez le saumon, 277.  
 Force vitale, 3.  
 Force des muscles, 330.  
 Force électromotrice: sa mesure, 357; f. é. des muscles, 334; f. é. des nerfs, 356.  
 Force réfringente des lentilles, 552; f. r. des milieux de l'œil, 555; f. vitale, 3.  
 Formation de l'acide chlorhydrique, 231; f. de l'acide hippurique, 303; f. de la graisse, 265; f. de la pepsine, 251; f. de l'urée, 281, 302; f. du glycogène, 269; f. du mucus stomacal, 235.  
 Fossette centrale (*fovea centralis*), 543; acuité visuelle dans la f. c., 566; chro-matopsie dans la f. c., 546.  
 Foyers des lentilles, 548.  
 Fréquence des mouvements respiratoi-res, 147; f. des pulsations cardiaques, 90.  
 Froid: action du f. sur la conductibilité nerveuse, 355; *id.* sur la thermogénèse, 203; *id.* sur la température interne, 195; *id.* sur les centres respiratoires, 176; *id.* sur les vaisseaux, 133, 205; mort par le f. 190; lutte contre le f. 203;  
 Fromage, 215.

## G

Galactose, 12.  
 Galvanoscopique (patte), 336.  
 Ganglions, 504; leur influence trophique,

- 357, 408; g. lymphatiques, 235; g. nerveux intra-cardiaques, 119.
- Gayac, 53.
- Gaz : analyse des g. 62; g. de la lymphe, etc., 65, 164; g. combustibles, 152, 248; g. de la salive, 221; g. de l'intestin, 11, 12, 243; g. des produits de sécrétion, 164; g. des marais, 12, 152, 248; g. du sang, 53; g. indifférents, irrespirables et vénéneux, 178.
- Gélatine : ses propriétés, 28; digestion de la g., 231; valeur nutritive de la g., 276.
- Gémellaire : grossesse g., 648.
- Génération (fonctions de g.), 636; g. alter-nante, 636; g. sexuelle, 636; g. spon-tanée, 636.
- Germes atmosphériques, 152.
- Germination et CO<sub>2</sub>, 5.
- Glandes albumineuses, 223; gl. muqueu-ses 223; gl. salivaires 223; gl. sexuel-les, 637, 639; gl. sous-maxillaire, 223; gl. stomacales, 231; gl. sudoripares, 208.
- Globes polaires, 640.
- Globules rouges du sang, 11, 34, 46, 56, 62; globules blancs du sang, 34.
- Globulines, 26.
- Globuline du lait, 215.
- Glomérule de Malpighi, 301.
- Glosso-pharyngien, nerf, 183, 252, 512.
- Glotte dans la déglutition, 250, 383; g. dans l'inspiration, 139, 383; innerva-tion de la g. 388; g. respiratoire, 383; g. vocale, 383.
- Glycérines, 12, 264.
- Glycérine, 12.
- Glycines, 15.
- Glycocolle, 16.
- Glycogène, 12, 268; g. des muscles, 339; g. des myxomycètes, 6.
- Glycogénie, 269.
- Glycose, 12, 220.
- Glycosurie, 271.
- Gmelin (réaction de), 239.
- Gomme, 13.
- Goutte noire, 539.
- Graisse humaine, 264; digestion de la g., 240, 244; formation de la g., 265.
- Graisses, 11, 15, 265.
- Grandeurs angulaires, 584; g. apparente et réelle d'un objet, 591.
- Graphique (méthode), 69.
- Gras (corps), 11.
- Grefte animale, 8.
- Grossesse, 659; g. ex tra-utérine, 647; g. gémellaire, 648.
- Guanine, 17.
- Guano, 295.
- Gustation, 623; centre cortical pour la g., 467, 476.
- Gustatives (cellules et sensations), 623.
- Gyrus angularis*, 475.
- ■ ■
- Halitus sanguines*, 33.
- Haptogène (membrane), 215.
- Harmoniques (sons), 618.
- Hauteur du son, 617.
- Hématies, voyez globules rouges, 46.
- Hématine, 19, 54.
- Hématoblastes, 34.
- Hématoidine, 54.
- Hématoporphyrine, 19, 54.
- Hémathographie, 100.
- Hémérythrine, 66.
- Hémialbumose, voyez Propeptone.
- Hémine, 54.
- Hémiplégie centrale, 478.
- Hémisphères cérébraux, 455; animaux privés des h. c., 440; les h. comme siège de l'intelligence, 459, 485.
- Hémochromogène, 19, 50.
- Hémocyanine, 20, 27, 66.
- Hémodromographe, 107.
- Hémodromomètre, 107.
- Hémoglobine, 47, 55, 65, 239; h. oxycar-bonée, 53; h. oxygénée, 47, 51, 55.
- Hémoglobinomètre, 55.
- Hémophilie, 43.
- Hémotachomètre, 107.
- Herbivores : alimentation des h., 276; quotient respiratoire des h., 166; urine des h., 289, 295.
- Hérédité, 646.
- Hermaphroditisme, 637, 650.

- Hétéroxanthine, 17.  
 Hippurique (acide), 295, 303.  
 Histone, 26, 41.  
 Homéothermes, 188.  
 Hoquet, 149.  
 Horoptère, 538.  
 Humer, 149.  
 Humeur aqueuse, 11, 554, 598.  
 Hybridation, 648.  
 Hydraulique (pendule), 107; principes d'h., 91.  
 Hydrobilirubine (voir urobiline), 297.  
 Hydrocarbonés, 12, 268.  
 Hydrocarbures, 11.  
 Hydrocèle (liquide de l'h.), 40.  
 Hydrogène, 152.  
 Hydrosphygmographe, 111.  
 Hydrosulfite de sodium, 55.  
 Hydrure de palladium, 31.  
 Hyperesthésie, 411.  
 Hypermétropie, 569.  
 Hypnotisme, 492.  
 Hypobromite de sodium, 291.  
 Hypophyse, 285.  
 Hypospadias, 650.  
 Hypoglosse (nerf), 516.  
 Hypoxanthine, 17, 286.
- I**
- Ictère, 241, 242.  
 Identiques (points), 587.  
 Idio-musculaire (contraction i.), 317; c. i. du cœur, 121.  
 Images accidentelles ou consécutives, 536; doubles i., 587; formation des i. dans les lentilles, 550; i. motrices, 487; i. par réflexion (dans l'œil), 556; i. rétinienne (sa grandeur), 555; rétinienne renversée (vision avec), 553.  
 Imbibition, 256.  
 Immunité, 42.  
 Imprégnation du l'ovule, 643.  
 Inanition, 218, 277; i. minérale, 219.  
 Indépendance des éléments vivants, 8; i. des éléments rétininiens, 543, 565.  
 Indican, 19, 298.  
 Indice de réfraction, 547.  
 Indigo, Indigotine, 19, 298.
- Indol, 18, 245, 298.  
 Indoxyl, 19, 298.  
 Indoxylsulfates, 298.  
 Induction (choc d'), 314; appareil d', 314.  
 Inertie des manomètres à mercure, 102.  
 Inexcitabilité périodique du cœur, 118.  
 Infatigables (nerfs sont), 367.  
 Influence de la respiration sur la circulation, 184.  
 Influx nerveux : sa vitesse (dans les nerfs), 353; i. dans la moelle épinière, 427.  
 Innervation (voir les différents nerfs); i. des glandes salivaires, 224; i. de la respiration, 172; i. des glandes sudoripares, 208; i. des muscles, 561; i. des vaisseaux, 126; i. du cœur, 117; i. de la miction, 307.  
 Inosite, 18.  
 Inscription du temps, 77; i. photographique, 77.  
 Inspiration, 137; i. forcée, 135.  
 Intellectuels (centres), 431.  
 Intelligence, 459; son siège. 459, 481; i. chez les animaux privés des hémisphères cérébraux, 440.  
 Intensité des couleurs, 524; i. des sons. 616; i. de l'excitation, 313, 348.  
 Intercostaux (muscles), 138.  
 Interférence des sons, 604, 605.  
 Intermittent (mouvement i. des liquides), 92.  
 Interrupteur, 315.  
 Intervalles musicaux, 620.  
 Intestin, 247; suc de l'i., 247; digestion dans l'i., 247; mouvements de l'i., 249, 254.  
 Inversion (stade d'i. dans la contraction musculaire), 320.  
 Iodhydrargyrate de potassium, 268.  
 Ipecacuanha, 243.  
 Iris, 596.  
 Irradiation de la lumière, 538; i. des réflexes, 419.  
 Irritabilité, 8.  
 Isocholestérine, 12.  
 Isométrique (courbe), 324.  
 Isotonie, 257, 47.

Isotonique (courbe), 324.  
Isotrope (substance), 319.

## J

Jugements auditifs, 621; j. visuels, 585.

## KA

Kéfir, 216.  
Kératine, 20, 28.  
Kératite neuro-paralytique, 510.  
Koumys, 216.  
Kymographe, kymographion, 101.  
Kynurique (acide), 19.

## L

Lab, 209, 229.  
Lactalbumine, 215.  
Lactation, 650.  
Lactocaséine, 215.  
Lactoglobuline, 215.  
Lactose, 13, 215.  
Lait, 11, 214; sécrétion du l., 650.  
Lanoline, 15.  
Lardacéine, 28.  
Larmes, 11, 601.  
Laryngoscope, 381, 382.  
Larynx, 139, 380.  
Latente (période), 325.  
Lécithine, 355, 15.  
Lentilles, 548; leur force réfringente, 552;  
l. cylindriques, 574; l. négatives et positives, 550; l. sphériques, 548; théorie des l., 547.  
Leucine, 16, 21, 286.  
Leucoblastes, 46.  
Leucocytes, 7, 34.  
Leucocythémie, 296.  
Leucomaines, 17.  
Leviers osseux, 369.  
Lévilose, 12.  
Levure, 29, 30.  
Ligature de Stannius, 119; l. des uretères, 301, 303.  
Ligne focale, 575; l. de regard, 583; l. visuelle, 583.  
Limaçon, 612.  
Lipochromes, 19.  
Liquore de Fehling, 220; l. titrée de nitrate de mercure, 292; l. de Millon, 24.

Liquide céphalo-rachidien, 493.  
Liquides : mouvements des l., 92.  
Listing (loi de L.), 583.  
Lobes obtiques (voir tubercules quadrijumeaux); l. paracentral, 477.  
Localisations cérébrales, 460.  
Locomotion, 369.  
Loi de Ch. Bell, 501; l. de Listing, 583; l. psycho-physique, 519; l. des secousses, 350.  
Lueur propre de la rétine, 522.  
Lumière simple et composée, 525; propagation et réfraction de la l., 547.  
Lumière : (influence de la l. sur la respiration), 168.  
Lutte de l'organisme contre le froid et le chaud, 203, 205.  
Lutéine, 19.  
Luxe (consommation de), 277.  
Lymphatiques, 135.  
Lymphatiques (ganglions), 285.  
Lymphé, 11, 63; tension de CO<sub>2</sub> dans la l., 164.  
Lymphagogues, 64.

## MA

Machines parlantes, 391.  
Magnétisme animal, 492.  
Mal des montagnes, 171.  
Malapterurus, 367.  
Malpighi (glomérule de), 301.  
Maltose, 12, 219.  
Manège (mouvement de m.), 450.  
Manomètre à mercure, 101; m. cardiaque, 118; m. compensateur, 101; m. élastique, 104; m. inscripteur, 101.  
Marche, 377.  
Marteau, 609; muscle du m., 610; m. de Wagner, 315.  
Mastication, 249.  
Matité du cœur, 141.  
Maturation de l'œuf, 640.  
Mécanisme du squelette, 370; m. de l'accommodation, 559.  
Méconium, 249.  
Mélange des couleurs, 527.  
Mélanine, 19.



- Membrane basilaire, 614; m. du tympan, 608; m. haptogène, 215.  
 Ménopause, 641.  
 Menstruation, 639.  
 Méricisme, 253.  
 Mésocéphale, 430.  
 Métalbumine, 28.  
 Méthane, 12.  
 Méthylguanidine, 17.  
 Méthémoglobine, 53.  
 Méthode graphique, 69.  
 Micrococcus ureæ, 279, 30.  
 Microphone, 602.  
 Microscope à vibrations, 535.  
 Milieu intérieur, 32.  
 Milieux transparents de l'œil, 554.  
 Millon (liqueur de), 24, 25.  
 Miction, 307.  
 Modalité des sensations, 518.  
 Modérateurs (nerfs) du cœur, 122.  
 Modération des réflexes, 422.  
 Moelle allongée, 430.  
 Moelle épinière (anatomie), 404; arrangement systématique des fibres nerveuses dans la m. é., 407; conductibilité de la m. é. pour la douleur, 412; *id.* pour les innervations conscientes, 410; hémisection de la m., 411.  
 Moniste (conception m. de l'Univers), 4.  
 Montagnes (mal des), 171.  
 Morphologie, 1.  
 Morphine, 249.  
 Moteur thermique (muscle), 333.  
 Mouches volantes, 578.  
 Mouvements amiboïdes, 8; m. brownien, 342; m. de l'œsophage, 250; m. forcés, 449; m. de l'intestin, 249; m. de l'estomac, 252; m. des liquides, 92; m. de manège, 450; m. du tube digestif, 249; m. de l'intestin, 255; m. de l'œil, 583; m. péristaltiques, 255; m. réflexes, 417; m. respiratoires, 137; m. volontaires, 380; m. vibratile, 394.  
 Mucigène, 223.  
 Mucine, 20, 27.  
 Mucinoïdes, 20, 28.  
 Mucus stomacal, 235.  
 Mue de la voix, 384.  
 Müller (Expérience de), 112, 142, 612.  
 Muqueuses (glandes), 223.  
 Murexide, 295.  
 Murmure vésiculaire, 141.  
 Muscarine, 17, 123, 210.  
 Muscle aryténoïdien oblique, 386; m. a. transverse, 387; m. cardiaque, 118; m. ciliaire, 559; m. crico-aryténoïdien postérieur, 387; m. c. a. latéral, 387; m. cricothyroïdien, 385; sections longitudinale et transversale du m., 330; m. sphincter et m. dilateur de la pupille, 596; m. tenseur de la choroïde, 559; m. thyro-aryténoïdien, 385.  
 Muscles : physiologie générale des m., 308; physiol. spéciale des m., 360; force du m., 330; muscles antagonistes, 375; composition chimique des m., 337; contraction des m., 320; électricité des m., 234; excitabilité des m., 309; excitants des m., 309; travail du m. 330; fatigue des m., 325, 340; m. de l'œil, 582; nutrition des m., 341; sensibilité des m., 340, 379; m. synergiques, 374.  
 Musculaire, 23.  
 Musical (personnes m.), 619.  
 Musique (théorie physiologique de la m.), 620.  
 Mydatoxine, 17.  
 Mydine, 17.  
 Mydriase, mydriatiques, 597.  
 Myéline, 407.  
 Myogène (théorie) des pulsations cardiaques, 119.  
 Myographe pour le cœur de la grenouille, 85.  
 Myographie, 71, 321.  
 Myogramme, 321.  
 Myopie, 563.  
 Myose, myotiques, 597.  
 Myosine, 26, 333.  
 Mytilotoxine, 17.  
 Myxoedème, 284.  
 Myxomycètes, 6.

## N

Narines (mouvements respiratoires des n.), 139.

- Naphtalène, 19.  
 Nativisme, 589.  
 Négative (onde électrique n. dans le cœur), 122; *id.* dans le muscle, 336; *id.* dans le nerf, 360.  
 Neige musculaire, 338.  
 Néphrotomie, 302.  
 Nerf acoustique, 512; n. dépresseur ou de Cyon, 124, 131; n. facial, 511; n. glosso-pharygien, 512; n. grand hypo-glosse, 516; n. grand sympathique, 128, 504; n. laryngés inférieur et supérieur, 183, 184; n. masticateur, 504; n. oculo-moteur commun, 507; n. oculo-moteur externe, 511; n. olfactif, 507; n. optique, 507; n. pathétique, 508; n. phrénique, 172, 173; n. pneumogastrique, 122, 180, 513; n. récurrent, 184; n. spinal, 123, 513; n. trijumeau, 177, 508; n. vague, 122, 180, 513.  
 Nerfs accélérateurs, 125; n. d'arrêt du cœur, 122; n. centripètes, 346, 499; n. centrifuges, 337, 500; n. crâniens, 506; conductibilité des n., 351, 355; courants d'action des n., 360; électricité des n. 356; excitabilité des n., 344, 355; excitants des n., 344; n. excito-moteurs, 429; composition chimique des n., 363; n. modérateurs, 500; n. moteurs, 500; survie des n., 365; physiologie générale des n., 344; *id.* spéciale des n., 499; les n. sont infatigables, 367; n. sécréteurs, 500; n. sensibles, 499; n. spinaux, 503; n. trophiques, 500; n. vaso-constric-teurs, 126; n. vaso-dilatateurs, 129; n. vaso-moteurs, 126.  
 Neuridine, 15.  
 Neurine, 15.  
 Neurone, 396; modifications fonctionnelles des n. 401; amiboïsme des n. 401; exci-tabilité des n. centraux, 402.  
 Nicotine, 124, 225.  
 Nitrate de Mercure, 292.  
 Nodal (point), 551.  
 Nœud vital, 172, 437.  
 Noyau lenticulaire, 483.  
 Nucléine, 20, 27.  
 Nutrition, 264; n. des muscles, 344; n. du système nerveux central, 439.  
 Nucléo-albumines, 20, 27.  
 Nucléo-histone, 27.  
 Nucléo-vitelline, 20, 27.
- 
- Odeur du sang, 33.  
 Odeur, substances odorantes, 622.  
 Œil: mouvement de l'o., 582; o. réduit, 555; réfraction dynamique et statique dans l'œil, 562; rotations de l'œil, 583, nutrition de l'œil, 598.  
 Œsophage, 250.  
 Œuf, 217, 637, 640.  
 Ohm (loi d'), 335.  
 Oïkoïde, 46.  
 Oléine, 15, 235.  
 Olfactif (organe), 622; nerf o. 507; mu-queuse o., 622; cellules et sensations o., 623.  
 Ombres projetées, 595; o. colorées, 538.  
 Oncographe, 107, 305.  
 Onde contractile, 336; o. dicrote, 95, 98; o. musculaire, 326; *id.* dans le nerf; o. secondaire, 95; o. pulsatile, 94.  
 Ondée ventriculaire, 60.  
 Ophthalmomètre, 557.  
 Ophthalmoscope, 579.  
 Optique (nerf), 507; action du n. o. sur la respiration, 183.  
 Optogramme, 544.  
 Ordonnées, 69.  
 Oreille interne, 612.  
 Oreillettes, 79.  
 Organe de Corti, 613; o. électrique, 368; o. du goût, 623; o. olfactif, 622; o. visuel, 522.  
 Organes des sens, 517.  
 Organisme vivant, 1.  
 Orthocrésol, 18.  
 Os, 12; composition chimique de l'o., 369.  
 Osmose.  
 Osmotique (équilibre), 47.  
 Oscillations vaso-motrices, 103, 187.  
 Osséine, 26, 369.  
 Osselets de l'ouïe, 609.  
 Oscope, 602.

Auditif (organe), 604.  
 Ovoalbumine, 25.  
 Ovovittelline, 27.  
 Ovulation ovule, 639; maturation de l'œuf, 640.  
 Oxalate de calcium, 41, 289.  
 Oxalique (liqueur titrée à l'acide), 151.  
 Oxygénée (hémoglobine), 53.  
 Oxydations dues aux fermentations, 31, 279.  
 Oxydations organiques, 31, 279.  
 Oxydases, 31, 279.  
 Oxyde de carbone, 53.  
 Oxygène comprimé, 171; dans la destruction des albuminoïdes, 279, o. dans les fermentations, 31; combinaison avec l'hémoglobine, 51, 55, 61; o. de la lymphe, 65; consommation de l'o., 148, 167; dosage de l'o. dans l'air, 151; dosage de l'o. dans les gaz du sang, 62; tension de l'o. dans l'air et le sang, 160, 169; o. dans l'apnée, 178.  
 Oxygénographe, 157.  
 Oxyhémocyanine, 20, 27, 66.  
 Oxyhémoglobine, 47, 51, 55.  
 Oxyneurine, 15.  
 Ozone, 52, 151.

## P

Pain, 214.  
 Palladium (Hydruure de), 31.  
 Palmitine, 15, 265.  
 Pancréas, 243.  
 Pancréatine, 244.  
 Papille du nerf optique, 581.  
 Papillotement des disques rotatifs, 535.  
 Paracaséine, 26.  
 Paracrésol, 18.  
 Paraglobuline, 20, 26, 40, 44.  
 Paralbumine, 28.  
 Parallaxe : déplacements parallactiques dans la vision, 595.  
 Parapeptone, 230.  
 Paraxanthine, 17.  
 Paroi vasculaire (action anticoagulante de la p.), 42.  
 Parole, 389.  
 Parotide, 225.

Parthénogénèse, 636, 648.  
 Pascal (principe de), 91.  
 Pathétique (nerf), 508.  
 Paupières, 600.  
 Pause respiratoire, 146.  
 Pavillon de l'oreille, 608.  
 Pédoncules cérébelleux, 449; p. cérébraux, 449.  
 Pendule : mouvement de p. de la jambe, 378.  
 Pénétration de l'air dans les veines, 112.  
 Pepsine, 30, 229, 231.  
 Pepsinogène, 232.  
 Peptogènes, 227.  
 Peptones, 20, 26, 230; action sur la coagulation du sang, 41; injection de p., 273; préparation et propriétés des p., 230; valeur nutritive des p., 273.  
 Percussion, 141.  
 Périlymphe, 612.  
 Périmètre, 568.  
 Période latente du muscle, 325.  
 Période réfractaire du cœur, 118; p. r. du muscle, 327.  
 Péristaltiques (mouvements), 255.  
 Personnes musicales, 619.  
 Perspective aérienne et linéaire, 595.  
 Perspirable retentum, 159.  
 Pettenkofer (réaction de), 237.  
 Pexine, 229.  
 Phagocytose, 63.  
 Pharynx, 250.  
 Phases colorées de l'image accidentelle, 537.  
 Phénakisticope, 536.  
 Phénates, 297.  
 Phénol, 18, 297; Phénylhydrazine, 220.  
 Phénylsulfates, 297.  
 Phloroglucine, 238.  
 Phonation, 380.  
 Phonautographe, 603.  
 Phonendoscope, 253.  
 Phonographe, 393.  
 Phosphate acide de sodium, 288; p. ammoniac-magnésien, 288.  
 Phosphènes lumineux, 523.  
 Phosphore (analyse de l'air par le ph.), 151; empoisonnement par le ph., 41.

- Photochimique (théorie), 544.  
 Photochronographie, 78.  
 Photohämotachomètre, 108.  
 Photographie (emploi en physiologie), 78.  
 Photosensible (unités ph.), 565.  
 Phréniques (nerfs), 172, 173.  
 Phrénographe, 144.  
 Physiologie, 1.  
 Pied pédonculaire, 432.  
 Pigments, 19.  
 Pigments biliaires, 238.  
 Piliers de Corti, 614.  
 Pilocarpine, 123, 210, 225, 246.  
 Pipettes de Hempel, 150.  
 Piqûre diabétique, 271, 439.  
 Pistolet électrique, 351.  
 Plan focal, 553.  
 Plante et animal, 4.  
 Plantes carnivores et plantes parasites, 6.  
 Plaquettes du sang, 34.  
 Plasma sanguin, 11, 34, 38, 56, 62; proportion de p., 56; p. musculaire, 338.  
 Plasmine de Denis, 38, 39.  
 Plasmodie, 6.  
 Plasmolyse, 257.  
 Plateau systolique, 81.  
 Plessimètre, 140.  
 Pléthysmographie, 111.  
 Plexus nerveux, 505.  
 Pneumogastrique (nerf), 513; son influence sur le cœur, 122; *id.* sur la respiration, 180; *id.* sur les mouvements de l'estomac, 253.  
 Pneumographe, 144.  
 Pneumonie après sections des vagues, 183, 515.  
 Poids des organes, 218.  
 Poikilothermes (animaux), 188.  
 Poils tactils, 627.  
 Point de fixation, 566; p. nodal, 551.  
 Pointe du cœur, 118.  
 Points rétinien correspondants ou identiques, 537.  
 Poison respiratoire, 152.  
 Poisons arrêtés dans la foie, 282; p. du cœur, 123.  
 Poisson, 214.  
 Poissons électriques, 367.  
 Polaires (globes p.), 659.  
 Polarimètre, 22.  
 Pôle positif et négatif, 313.  
 Polarisation des électrodes, 359.  
 Polygraphe clinique de Marey, 96.  
 Polygnée thermique, 210.  
 Pommes de terre, 214.  
 Pompe à mercure, 60.  
 Porte (veine), 114.  
 Porte-voix, 602.  
 Pouls artériel, 96, 100; p. veineux, 114.  
 Pourpre rétinien, 19, 544.  
 Poumon (surface du), 160; élasticité du p., 141; perméabilité du p. 143; mouvements du p., 140.  
 Pouvoir rotatoire, 22.  
 Poussières atmosphériques, 152.  
 Premier mouvement respiratoire, 179.  
 Presbyopie, Presbytie, 562.  
 Pression artérielle, 101, 104, 105; p. auriculaire, 80; p. capillaire, 110; p. hydrostatique, 92; p. intra-cardiaque, 80; p. intra-crânienne, 493; p. intra-oculaire, 598; p. intra-veineuse, 113; p. intra-thoracique, 141, p. osmotique, 256.  
 Présure, 229, 31.  
 Préglobine, 40, 41.  
 Principe de Pascal, 91.  
 Proenzymes, 29.  
 Proferments 29.  
 Projection (centres de pr.), 480.  
 Pronucléus femelle, 640, 644, 645, p. mâle, 644, 645.  
 Propeptone, 20, 26, 41, 64, 230.  
 Propepsine, 232.  
 Prostate, 642.  
 Protagone, 15.  
 Protéides, 20, 27.  
 Protéiques, 19.  
 Protéoses, 26, voyez Peptone.  
 Protoplasme, 7, 342.  
 Protubérance, 649.  
 Pseudoxanthine, 17.  
 Psychiques, (phénomènes), 4; siège des fonctions p., 459.  
 Psycho-physique, 4; loi ps. 523.  
 Ptomaines, 17.

Ptyaline, 219.  
 Puberté, 637, 638.  
 Pulsation artérielle, 96; p. cardiaque, 78;  
 p. veineuse, 114.  
 Pulvinar (voir : couche optique).  
*Punctum cæcum*, 566; *punctum præimum*,  
 562; *punctum remotum* 562.  
 Pupille, 596.  
 Purpate d'ammoniaque, 295.  
 Pus (globules de), 109.  
 Putréfaction, 31, p. pancréatique, 245  
 Putrescine, 17.  
 Pyramides (entrecroisement des p.), 415,  
 417.  
 Pyrocatéchine, 18, 297.



Quotient respiratoire, 166.  
 Quinine, 223.

## R

Raccourcissement du muscle, 321.  
 Racines des nerfs spinaux, 501.  
 Raideur cadavérique, 339.  
 Rampes du limaçon, 613.  
 Rate, 11, 245, 282.  
 Ration alimentaire, 213.  
 Rayons calorifiques et chimiques, 524;  
 r. homocentriques, 552; r. lumineux,  
 524.  
 Réactif de Millon, 24.  
 Réaction de Böttger, 220; r. de Gmelin,  
 239; r. de la Murexide, 295; r. de Mil-  
 lon, 24; r. de Pettenkofer, 237; r. de  
 Piria, 286; r. de Trommer, 220; r. du  
 biuret, 25, 230, 290; r. des peptones,  
 230; r. xantho-protéique, 25.  
 Récurrente (sensibilité), 502.  
 Récurrents (nerfs), 184.  
 Réflexes, 417; caractères des actions r.,  
 419; r. coordonnés et non coordonnés,  
 420; r. presseurs, 131; r. élémentai-  
 res, 419; r. généraux, 419; irradiation  
 des r. 419; r. tendineux, 341, 423; modé-  
 ration des r., 421; r. d'ordre supérieur,  
 423; théorie des r., 427; r. presseurs,  
 131; r. respiratoires, 180; r. vasomo-  
 teurs, 131.

Réfraction de la lumière, 547; anomalies  
 de la r., 569; r. dynamique et statique,  
 562.  
 Réfractaire (période), 118, 327.  
 Régénération des nerfs, 366.  
 Régulateurs (mécanismes), 32.  
 Régulation de la pression sanguine, 133,  
 r. de la respiration, 175; r. de la tem-  
 pérature, 202; r. de la composition chi-  
 mique du sang 32, 305.  
 Reil, Ruban et faisceau de, 432, 435.  
 Rein, 299, 303.  
 Releveur de la paupière supérieure, 508,  
 600.  
 Renifler, 149.  
 Renouveaulement de l'air pulmonaire, 149.  
 Représentation géométrique des phéno-  
 mènes, 69; r. d'un objet, 486.  
 Reproduction, 636.  
 Réserve respiratoire, 148.  
 Résidu respiratoire, 148.  
 Résonance, 606.  
 Résonateur, 607.  
 Résorption de lymphe interstitielle, 54.  
 Respiration, 136, 179; r. abdominale, 147;  
 r. artificielle, 143; r. costale, 147; r.  
 costo-supérieure, 147; r. cutanée, 157;  
 r. de Cheyne-Stokes, 147; r. des tissus,  
 163; enregistrement de la r., 144; r.  
 fœtale, 179; fréquence de la r., 149; in-  
 fluence de la r. sur la circulation, 184;  
 innervation de la r., 172; r. intestinale,  
 153; r. périodique, 146; r. pulmonaire,  
 160; théorie de la r. 160; rythme de la  
 r., 147.  
 Restauration du muscle, 340.  
 Restitution de l'écorce cérébrale, après  
 extirpation, 471.  
 Retard essentiel, 80.  
 Réticulé (substance réticulée du méso-  
 céphale), 430.  
 Rétine : nutrition de la r., 599; structure  
 de la r., 541; élément photesthésique  
 de la r., 540; unité physiologique de la  
 r. 565; sensibilité de la r. aux différen-  
 ces d'éclairage, 539.  
 Rétractilité pulmonaire, 141.  
 Rêves, 491.

- Rhéocorde, 312.  
 Rhéonome, 311.  
 Rhéotome, 361.  
 Rhodopsine, 19, 544.  
 Rigidité cadavérique, 333.  
 Rire, 149.  
 Rôle de la coagulation du sang, 40.  
 Rotatifs (disques), 528, 535.  
 Rouge rétinien, 544.  
 Rumination, 254.  
 Rupture (choc de) 315; excitation de r. 315.  
 Rythme du cœur, 78, 122; r. de la respiration, 147; r. du tétanos, 329.  
 Rythmique (activité r. des centres nerveux), 438.
- S**
- Saccharose, 12.  
 Saccule, 612.  
 Saignée, 57.  
 Salive, 11, 219.  
 Sang, 32; analyse du s., 55; s. artériel et veineux, 62; circulation du s., 67; composition du s., 34; coagulation du s., 35; s. des invertébrés, 65; examen médico-légal du s., 54; gaz du s., 58; quantité totale de s., 55; transfusion du s. 57; s. et sécrétion rénale, 305; tension des gaz du sang, 161; vitesse du s., 106.  
 Sanglot, 149.  
 Sangsue (extrait de) 41, 64.  
 Sarcine, 17.  
 Sarcosine, 17.  
 Saturation des couleurs, 524  
 Savon, 41.  
 Scatol, 19.  
 Schéma de l'appareil circulatoire, 95; s. de l'appareil respiratoire, 143.  
 Secousse musculaire, 321; loi des s.; 350;  
 Sécrétion biliaire, 241; s. gastrique, 233; s. intestinale, 248; s. lactée, 650; s. pancréatique, 246; s. rénale, 299; s. salivaire, 222; s. spermatique, 638; s. sudorale, 207; s. urinaire, 286, 299.  
 Sécrétion interne des capsules surrénales, 235; du corps thyroïde, 283; du pancréas, 247.  
 Section du bulbe, 173; s. des nerfs, 366; s. du récurrent, 184; s. du pneumogastrique, 124, 183, 234.  
 Sédiments urinaires, 288, 294.  
 Segmentation de l'œuf, 646.  
 Sels, 11; s. de l'alimentation, 213; s. de l'urine, 288; s. du sang, 35.  
 Sens (organes des s.), 515.  
 Sens de l'équilibre, 633; s. musculaire, 341, 632; s. de la température, 629; s. de toucher, 626.  
 Sensations acoustiques, 616; s. de contact, 627; s. de douleur, 630; s. gustatives, 623; s. inconscientes, 632; s. lumineuses, 522; s. d'innervation, 635; s. olfactives, 622; s. de pression, 627; s. tactiles, 627; s. de température, 629; modalité des s., 518; s. visuelles, 522.  
 Sensibles (nerfs), 501.  
 Sensibilité récurrente, 502; s. des muscles, 340; s. générale, 631.  
 Senso-motricité, 379, 503.  
 Sérine de Denis, 45; s. de la soie, 16.  
 Séricine, 28.  
 Sérothérapie, 44.  
 Séro-~~g~~guin, 35.  
 Sexe : détermination du s., 649; s. et respiration, 142, 167; s. et pulsations card., 90; s. et chaleur animale, 196, 201.  
 Signal électro-magnétique de Déprez. 76.  
 Signe local, 590.  
 Sillon de Rolando, 477.  
 Sincaline, 15.  
 Sinusoïde, 603.  
 Soif, 27.  
 Sommeil, 491; s. magnétique, 492; s. et respiration, 168.  
 Son, 602; s. fémoral, 141; s. fondamental, 618; s. buccal, 383; s. laryngé, 383; s. fondamental et s. partiel, 648.  
 Sonde œsophagienne, 144; s. thermo-électriques, 191, 194.  
 Sondes cardiographiques 84.  
 Sons : analyse des s., 607; s. harmoniques et partiels, 618.  
 Souffle bronchique, 141.

- Soufflet pour la respiration artificielle, 144.  
 Soufre des urines, 286.  
 Soupir, 149.  
 Spongine, 20, 28.  
 Spectre de l'hémoglobine, 50; s. solaire, 524.  
 Spectroscope, 49.  
 Spermatocyte, 638.  
 Spermatozoïdes, 637.  
 Sperme, 637.  
 Sphygmomanomètre, 105.  
 Sphygmoscope à gaz de Landois, 100; s. de Marey, 104.  
 Spinal (nerf), 123, 513.  
 Spinaux (nerfs), 501.  
 Spiromètre, 148.  
 Spirographe, 145.  
 Splénectomie, 283.  
 Spongine, 28.  
 Squelette (mécanisme du s.), 369.  
 Stades homogène (de dissolution) et d'inversion de la contraction musculaire, 320.  
 Stannius (ligatures de), 119.  
 Station, 375.  
 Stéarine, 15, 265.  
 Stercobiline, 19, 297.  
 Stéréoscope, 593.  
 Stéthographe, 144.  
 Stéthomètre, 144.  
 Stéthoscope, 89, 141, 602.  
 Strie mince; s. intermédiaire, 320.  
 Stroboscope, 536.  
 Stroma globulaire, 46.  
 Style inscripteur, 72.  
 Submersion, 177.  
 Suc gastrique, 11, 226; s. intestinal, 247; s. pancréatique, 11, 243.  
 Succion, 250.  
 Sucrase, 248.  
 Sucres, 12.  
 Sucre de lait, 216; s. de raisin, 220.  
 Sueur, 11, 207.  
*Sulcus cruciatus*, 467.  
 Sulfo-conjugués (acides), 296.  
 Sulfo-cyanure de potassium, 219.  
 Superfétation, 648.  
 Surdi-mutité, 488.  
 Surface respiratoire, 155.  
 Surrénales (capsules), 285.  
 Survie des nerfs, 365.  
 Symbiose, 6.  
 Sympathique cervical, 128.  
 Symphyses ou synchondroses, 371.  
 Synovie, 11, 370.  
 Synthèse de la graisse, 266; s. de l'albumine, 280; s. de l'urée, 289; s. des voyelles, 393.  
 Syntonine, 230.  
 Syringomyélie, 412.  
 Système nerveux, 396; s. périodique, 10.  
 Systole auriculaire, 78; s. cardiaque (nature de la), 117; s. ventriculaire, 78.
- T**
- Tache aveugle ou de Mariotte, 566.  
 Taille et respiration, 148, 167.  
 Tambour à levier, t. enregistreur, 74.  
 Taurine, 16, 237.  
 Tcherning (théorie de T. sur l'accommodation), 560.  
 Teinte des couleurs, 524.  
 Télégraphe musculaire, 311.  
 Téléphone (comme rhéoscope), 352.  
 Température des animaux, 189; t. du corps, 193; t. du creux axillaire, 194; t. et respiration, 168, 210; t. rectale, 194; t. du sang, 194; influence de la t. sur la respiration, 168, 169, 210; topographie de la t., 193; influence de la t. sur les battements du cœur, 191; variations de la t. 195, 196; variations diurnes de la t., 197; influence de la t. sur les mouvements cellulaires, 189; *id.* sur la consommation d'oxygène, 169; *id.* sur la thermogénèse, 206; sur la courbe myographique, 316; régulation de la t., 202.  
 Temps (inscription du t.), 75.  
 Tendons, composition chimique, 369.  
 Tension artérielle, 101, 186; t. de l'oxygène nécessaire à la germination, 5; t. de l'oxygène respiré, 161, 169; t. des gaz du sang, 161; t. électrique du cœur, 120, 121.

- Terrain d'accommodation, 561.  
 Tétanine, 17.  
 Tétanos musculaire, 327; t. du nerf, 339;  
   t. du cœur, 121.  
 Thé, 219.  
 Tropéoline, 228.  
 Tétronérythrine, 19.  
 Théobromine, 17.  
 Théophylline, 17.  
 Théorème de Poisseuille, 91; t. de Torricelli, 91.  
 Thermo-électriques (aiguilles), 191.  
 Thermogénèse, 198, 203; t. dans le cerveau, 498.  
 Thermométrie, Thermomètres, 191.  
 Thoracomètre de Sibson, 138.  
 Thorax, 138.  
 Thrombine, 31, 37.  
 Thymus, 285.  
 Thyroantitoxine, 284.  
 Thyroïdectomie, 284.  
 Thyroïde (corps), 283.  
 Thyroïdine, 284.  
 Timbre de sons, 617.  
 Titrage de la Baryte et de  $\text{CO}^2$ , 154; t. de l'urée, 291.  
 Ton d'une couleur, 524.  
 Tonus musculaire, 423; t. du pneumogastrique, 124; t. vasculaire, 130; t. vésical, 307; t. des sphincters, 420.  
 Topographie de l'écorce cérébrale de l'homme, 474; id. du singe, 472.  
 Torsion du cœur, 81.  
 Toucher (organe et sens du t.), 626.  
 Toux, 149.  
 Toxicité de la bile, 237; t. de l'urine, 289.  
 Transformation de l'albumine en glycogène, 270.  
 Transfusion du sang, 57.  
 Transmission des mouvements à distance, 74.  
 Transpiration, 207.  
 Transplantation des tissus, 8.  
 Travail du cœur, 125; t. et chaleur, 196;  
   t. du muscle, 322; Tremblez., 307.  
 Trijumeau (nerf), 508; action du n. t. sur la respiration, 117.  
 Triméthylamine, 15.  
 Trommer (réaction de), 220.  
 Trompe d'Eustache, 612.  
 Trompes utérines, 640.  
 Tropéoline, 222.  
 Trophiques (nerfs), 500, 510, 515.  
 Trypsine, 244, 245.  
 Tube de Hales, 97; t. pour chauffer l'air respiré, 203; t. élastiques, 93; t. rigides, 91; t. urinifère, 301.  
 Tubercules quadrijumeaux, 451.  
 Tunicine, 6, 13.  
 Tympan (membrane du t.), 608.  
 Types respiratoires, 147.  
 Typhotoxine, 17.  
 Tyrosine, 18, 21, 286.
- U**
- Ultimum moriens*, 117.  
 Unités physiologiques, 8; u. photo-sensibles, 565.  
 Urates, 261, 289; formation dans le foie, 302.  
 Urémie, 302.  
 Uretères, Urèthre, 307.  
 Urine, 11, 286; expulsion de l'u., 306; albumine dans l'u., 27.  
 Uriner, 306.  
 Urique (acide), 292; excrétion de l'a. u., 302.  
 Urobiline, urochrome, uroérythrine, urrhodine, 19, 297.  
 Utricule, 612.
- V**
- Vacuité postsystolique, 79, 82.  
 Valsalva (expérience de), 112, 142, 149, 612.  
 Valvules (Schéma des), 83.  
 Vanilline, 228.  
 Variation négative des courants musculaires, 336; id. des courants nerveux, 360; v. du volume des organes, 110, 112; v. de v. du cœur, 88; v. de v. des muscles, 317.  
 Vasculaires (nerfs), 126.  
 Vaso-constricteurs (nerfs), 126.  
 Vaso-dilatateurs (nerfs), 129.  
 Vaso-moteurs (nerfs), 126; centre v. 438.



- Végétaux, 5.  
 Végétariens, 277.  
 Veine de cheval, 37.  
 Veine porte, 114.  
 Veines, 111; direction du courant sanguin, 111; causes de la circulation dans les v., 111; pression dans les v., 113; vitesse du sang, 113; pouls des v., 114; innervation, 134.  
 Venin des serpents, 25, 41.  
 Ventilation pulmonaire, 137, 143, 149.  
 Ventricules (systole des v.), 79; délire des v., 121; phénomènes électriques de la s. v., 120, 122.  
 Verge (érection de la v.), 641.  
 Vessie urinaire, 306.  
 Vestibale de l'oreille, 633.  
 Viande, 214; extrait de v., 338.  
 Vibrations sonores, v. simples et composées, 602.  
 Vibratil (mouvement v.) 395.  
 Vide thoracique, 141; vide post-systolique, 79, 82.  
 Vie, 1, 2; v. propre des parties du corps, 8.  
 Violet de méthyle, 228.  
 Vision, 585; v. des couleurs, 523; v. binoculaire, 586; v. des deux dimensions, 591; v. de la 3<sup>me</sup> dimension, 591; v. droite avec des images rétiniennees renversées, 589; entoptique, 577; monoculaire, 595; v. stéréoscopique, 593; v. proprement dite, 585.
- Vitale (capacité), 148.  
 Vitales (forces), 3.  
 Vitelline, 27.  
 Vitesse des appareils enregistreurs, 75; v. des liquides, 92; v. de l'influx nerveux, 353; v. dans la moelle épinière, 427; v. de l'onde musculaire, 326; des ondes pulsatiles, 98; v. du pouls, 100; v. du sang, 106.  
 Vivant (organisme), 1.  
 Voix, 380; v. basse ou chuchotée, 392; v. de fausset, 384.  
 Volaille, 214.  
 Volonté, 485.  
 Volume du cœur, 88; v. des organes, 110, 112.  
 Vomissement, 253; centre pour le v., 439.  
 Voyelles, 389.
- X.**
- Xanthine, 17, 286.  
 Xanthocréatine, 17.
- Y.**
- Young,-Helmoltz (théorie de Y. H.) 528.
- Z.**
- Zoïde, 46.  
 Zoospermes, 637.  
 Zymases, 28.  
 Zymogène, 245.  
 Zymoplastique (substance), 29.