

teau agit de même; il tire en dedans le manche de cet os, et, par suite, la membrane, dont il augmente la convexité et la tension¹. C'est là le seul muscle dont l'action ou l'existence soit bien démontrée; les autres prétendus muscles de l'oreille moyenne, ou bien



FIG. 147. — Membrane du tympan et osselets de la caisse*.

n'existent pas (muscles antérieur ou externe du marteau), ou bien ont une action encore peu connue (M. de l'étrier), et qui, en tout cas, ne consiste pas à relâcher la membrane, car celle-ci, vu son élasticité, revient d'elle-même à sa position de repos dès que son muscle tenseur cesse de se contracter.

Le but de ces tensions temporaires de la membrane est facile à comprendre aujourd'hui. Bichat croyait que pour augmenter l'énergie du son, il faut augmenter la tension de la membrane; mais cette hypothèse est contraire aux lois de la physique, et Savart a démontré que si nous tendons la membrane, c'est pour diminuer l'effet du son sur elle (plus une membrane est tendue, moins ses vibrations sont amples) et amoindrir certaines impressions auditives désagréables. D'autre part, cette tension rend la membrane plus apte à vibrer avec les sons qui demandent le plus d'attention pour être perçus plus une membrane est tendue, plus ses vibrations sont nombreuses).

L'innervation de ces deux muscles de l'oreille moyenne est une question intéressante. Pour le muscle de l'étrier, il n'est pas douteux que le nerf facial soit sa source d'innervation, et l'anatomie suffit à le démontrer sans expériences de vivisections ou autres. Mais il n'en est plus de même pour le muscle du marteau. L'anatomie nous montre bien que ce muscle est innervé par un filet venu du ganglion optique :

¹ Plusieurs personnes jouissent de la faculté de contracter volontairement le muscle interne du marteau, et de tendre ainsi la membrane du tympan. Cette tension se manifeste par un léger claquement qui se produit dans l'oreille à chaque contraction du muscle : du reste, on peut très bien, à l'aide de spéculum, constater tous les mouvements qu'exécute la membrane sous l'influence de ces contractions volontaires. Presque tous les physiologistes qui ont porté leur attention sur ce fait, et qui se sont efforcés de produire cette contraction, y sont facilement parvenus; on cite surtout Bérard, Müller, Wollaston, Bonnafont (*Traité des maladies de l'oreille*, p. 270).

* aa, Membrane du tympan; — b, le marteau; — c, l'enclume; — d, l'étrier.

mais ce ganglion a deux racines motrices, l'une provenant du facial (nerf petit pétreux) et l'autre provenant du masticateur. Longet n'hésite pas à faire du nerf qui va au muscle du marteau la suite du petit pétreux, de sorte que le facial innoverait tous les muscles de la caisse et mériterait le nom de *moteur tympanique*. Quelques faits pathologiques sembleraient parler en faveur de cette manière de voir. Ainsi la faculté anormale de percevoir les sons graves se rencontre particulièrement dans les cas de paralysie du facial; c'est ce phénomène que Landouzy a décrit autrefois sous le nom d'exaltation de l'ouïe, et qui doit tenir à un défaut de tension de la membrane tympanique, c'est-à-dire à la paralysie du muscle du marteau. Mais, d'autre part, les recherches de la plupart des physiologistes allemands tendent à démontrer que le nerf masticateur serait la source d'innervation de ce muscle. C'est ce que nous montrent les expériences de Politzer et de Fich, expériences dans le détail desquelles nous ne saurions entrer ici¹. Fich a montré que toute contraction un peu énergique des muscles masticateurs s'accompagne d'une contraction du muscle interne du marteau, tenseur du tympan, qui recevrait donc, comme les muscles masticateurs, son innervation de la racine motrice du trijumeau. Cette manière de voir serait confirmée par les recherches de Vulpian (*Acad. des sciences*, 28 avril 1879), qui a constaté que, dans les cas de section intracrânienne du facial, les rameaux nerveux du muscle interne du marteau n'étaient pas dégénérés, tandis qu'ils étaient altérés toutes les fois que la racine motrice du trijumeau avait été coupée. Nous avons vu (p. 48) que cette manière de voir est confirmée encore par l'embryologie.

A la membrane du tympan fait suite la chaîne des osselets, qui la met en rapport avec la membrane de la fenêtre ovale (base de l'étrier). Chez les animaux inférieurs, cette chaîne est simplement représentée par une tige droite et rigide (tels sont certains batraciens anoures, les *pipa*, par exemple); chez les grenouilles, elle a la forme d'une ligne brisée, d'un osselet unique long et recourbé, nommé *columelle*; enfin chez l'homme elle est formée par la réunion de quatre petits os (marteau, enclume, os lenticulaire et étrier) articulés, mais que, pour la transmission du son, on peut considérer comme ankylosés, car il est démontré que ces articulations ne servent pas directement à la transmission des sons.

La chaîne des osselets, par laquelle se fait essentiellement le passage des ondes sonores, traverse une caisse remplie d'air, la caisse du tympan, aplatie de dehors en dedans, et présentant, comme la membrane du tympan, un plan oblique relativement au conduit

¹ V. notre article OUIE, in *Nouv. Dict. de méd. et de chir. prat.*, t. XXV, 4878.

auditif externe. On admet que, outre la transmission par la chaîne osseuse, l'air de la caisse peut encore servir à transmettre les ondes à la fenêtre ronde; cela est possible, mais peu probable, et en tout cas ce mode de transmission doit être fort secondaire, car la *fenêtre ronde* fuit pour ainsi dire les ondes sonores, se trouvant cachée au-dessous du *promontoire* (saillie de la paroi interne de la caisse du tympan); de plus, cette fenêtre ronde, correspondant à une des ouvertures du limaçon, qui communique, d'autre part, avec le vestibule, semble destinée à permettre un libre jeu aux ondes liquides qui parcourent cet appareil si compliqué. Enfin, le son étant mieux transmis par les solides que par les fluides, la chaîne des osselets doit remplir un rôle bien plus important que cet air, qui ne lui sert sans doute que d'appareil isolant.

Cependant la destruction de la membrane du tympan, ainsi que celle des osselets, à l'exception de l'étrier, n'abolit pas complètement l'ouïe; elle ne fait que troubler plus ou moins les fonctions de ce sens. Mais la perte de l'étrier est beaucoup plus grave; elle entraînerait toujours la surdité, d'après Bonnafont. Ce fait s'explique facilement: l'étrier adhère par sa base à la *fenêtre ovale*, qu'il ferme complètement. Comme ses adhérences y sont très intimes, il ne saurait être enlevé sans déchirer la membrane de la fenêtre ovale, et sans donner issue au liquide de l'oreille interne; ce n'est donc pas, à proprement parler, la perte de l'os qui occasionne la surdité, mais bien la fuite du liquide qui s'échappe par l'ouverture résultant de cette ablation.

À l'oreille moyenne se trouvent annexés deux organes: en arrière, les *cellules mastoïdiennes*, cavités irrégulières, espèces de sinus creusés dans l'apophyse mastoïde du temporal; en avant, c'est la *trompe d'Eustache*, qui va de la caisse du tympan à la partie nasale du pharynx.

On regarde généralement les *cellules mastoïdiennes*, pleines d'air, comme un appareil de résonance; mais cette hypothèse ne s'appuie que sur l'idée que l'air de la caisse vibre, et, par suite, renforce ses vibrations par celles de l'air des cellules mastoïdiennes. Or, nous venons de voir que les vibrations de l'air de la caisse sont tout à fait insignifiantes; les maladies des cellules mastoïdiennes n'ont également fourni aucune indication sur le rôle de ces cavités. Nous accorderions volontiers la préférence de l'opinion qui ne voit dans les cavités mastoïdiennes que les espaces destinés à augmenter la cavité tympanique, sans rôle spécial. Nous allons voir, en effet, dans un instant que le tympan est, à l'état normal, fermé de tous côtés. Or, le tympan n'étant qu'une cavité fort petite, les change-

ments trop brusques dans la tension de cette mince couche d'air appliquée à la face interne de la membrane tympanique auraient sans doute une influence fâcheuse sur cette membrane, influence qui sera palliée par la présence d'une nouvelle cavité, ajoutant sa capacité à celle de la chambre tympanique proprement dite; et en effet, plus les animaux sont exposés à de brusques et considérables changements de pression atmosphérique, comme les oiseaux qui s'élèvent très haut dans les airs, plus leurs cellules mastoïdiennes sont développées et même en communication avec d'autres cavités osseuses surnuméraires.

La *trompe d'Eustache*, placée en avant de l'oreille moyenne, c'est-à-dire à l'opposé des cellules mastoïdiennes, est un long canal qui s'étend de la caisse du tympan au pharynx, et établit une communication entre ces deux cavités. On a fait sur les fonctions de ce canal un grand nombre d'hypothèses. On l'a considéré comme destiné à nous permettre d'entendre notre propre voix; mais les os de la tête suffisent à cette propagation sonore, d'autant plus que la trompe est normalement fermée; lorsque, par une cause quelconque, elle se trouve ouverte d'une manière continue, on entend alors non seulement sa propre voix, mais tous les bruits qui se passent dans la partie supérieure du corps: souffles de la respiration, mouvements du voile du palais, de la langue, etc., et on a pu dans quelques cas remarquer que cette attention constamment fixée sur les phénomènes de l'organisme conduisait en définitive les malades à l'hypocondrie, comme tout état qui attire trop particulièrement notre attention sur le sentiment de notre existence organique intérieure.

La trompe d'Eustache est donc fermée normalement par la juxtaposition de ses parois, et elle ne s'ouvre que quand un appareil musculaire particulier vient écarter ces parois l'une de l'autre, en agissant sur la *paroi externe*, membraneuse et mobile, qui est alors écartée de l'*interne*, cartilagineuse et fixe. Ce rôle est rempli par le *péristaphylin externe*, muscle du voile du palais, et l'ouverture ainsi établie a pour effet de mettre l'air de la caisse en communication avec celui des fosses nasales, c'est-à-dire avec l'air extérieur. Mais les muscles du voile du palais ne se contractent que pendant les mouvements de déglutition; la déglutition elle-même ne peut se faire à vide et demande qu'au moins quelques gouttes de salive soient dégluties: nous en revenons donc à ce que nous avons déjà vu à propos de la salivation et de la déglutition, lorsque nous avons considéré la première de ces fonctions comme intimement liée au fonctionnement normal de l'ouïe, et lorsque nous avons constaté que la sécrétion de la salive, presque inutile chez les carnivores au point

de vue digestif, était en rapport avec les mouvements de déglutition intermittents, comparables au clignement des paupières, et destinés à produire l'ouverture de la trompe d'Eustache (V. p. 323). C'est pour cela que nous opérons de semblables mouvements de déglutition même en dormant, et surtout en faisant de hautes ascensions; c'est qu'en effet, outre les variations de l'air extérieur, nécessitant un rétablissement d'équilibre, l'air intérieur lui-même peut varier de tension à la faveur d'échanges gazeux avec le sang, échanges parfois rapides et considérables, comme nous en avons constaté dans l'estomac et dans le tube digestif en général. Nous avons, en étudiant la déglutition, tiré parti de ce fonctionnement particulier et intermittent de la trompe d'Eustache, pour démontrer combien est exacte l'occlusion de l'isthme naso-pharyngien, en constatant la dureté de l'ouïe (par raréfaction de l'air de la caisse) après une ou plusieurs déglutitions accomplies avec les narines fermées, et la nécessité d'une déglutition avec les narines ouvertes, pour rétablir l'audition dans son état normal (V. p. 327).

La caisse du tympan est traversée par un nerf (la *corde du tympan*) qui va aux glandes salivaires et a pour fonction d'en amener la sécrétion; aussi certains sons, sans doute par action sur la corde du tympan par l'intermédiaire de la membrane contre laquelle est collé ce filet nerveux, certains sons, surtout les sons très aigus, peuvent-ils amener la sécrétion abondante de salive; en tout cas, on ne peut s'empêcher de rapprocher ce fait anatomique (passage du nerf de la sécrétion salivaire dans la cavité tympanique) de ce fait physiologique que nous venons d'étudier, c'est-à-dire du rapport essentiel de la sécrétion salivaire et de la déglutition avec l'ouverture de la trompe d'Eustache, et, par suite, avec le maintien de la pression normale dans la cavité tympanique. Du reste, ces rapports entre l'oreille moyenne et le pharynx nous sont expliqués par l'embryologie; chez le fœtus, ces parties sont confondues dans la première fente pharyngienne, et la trompe d'Eustache est le reste de cette communication fœtale (V. p. 321 la *physiologie de la corde du tympan*).

C. Oreille interne.

Les vibrations arrivent au liquide du labyrinthe soit par la *colonne* (chaîne des osselets), et c'est là le cas normal, soit par les os de la tête, et particulièrement les parois des oreilles externe et moyenne, comme cela se produit chez les personnes qui, ayant perdu la chaîne des osselets, ne sont cependant pas complètement sourdes. Même lorsque ces sujets paraissent complètement sourds, ils entendent parfaitement le son d'un diapason qu'on leur applique sur la tête. On a même montré récemment que ces sujets arrivent à

entendre les sons émis au loin, en tenant appuyée contre les dents une feuille de carton qui recueille les ondes sonores et les transmet aux parties solides du crâne; on a donné le nom d'audiphone aux appareils de ce genre. Dans tous les cas, le liquide labyrinthique reçoit les vibrations et les communique aux différents organes terminaux du nerf acoustique situés dans les sacs vestibulaires (utricle et saccule), dans les canaux demi-circulaires (ampoules et leurs crêtes auditives), et dans le limaçon (lame spirale, avec l'organe de Corti).

Appareils nerveux terminaux.

Les appareils au niveau desquels les terminaisons du nerf acoustique reçoivent les ébranlements du liquide de l'oreille interne sont distribués dans l'utricle, le saccule, les ampoules des canaux semi-circulaires et dans le limaçon membraneux (canal cochléaire). Nous examinerons d'abord les fonctions probables du limaçon membraneux, car nous trouverons dans cet organe des dispositions qui, répondant exactement à certaines propriétés des sensations acoustiques, nous dispenseront de rechercher ailleurs l'explication du mécanisme de ces sensations (réception des vibrations).

Limaçon. — Les parties essentielles du limaçon membraneux se

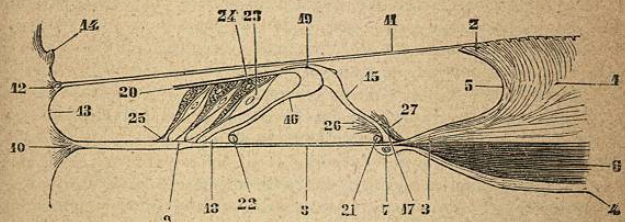


Fig. 148. — Rampe auditive (canal cochléaire) et organe de Corti*.

trouvent représentées par la lame qui sépare le canal cochléaire de la rampe tympanique du limaçon (V. 8, fig. 148). Cette lame porte le nom de *lame basilaire*. Nous ne saurions ici entrer dans une description détaillée de cette lame basilaire, des éléments anatomiques

* 1, Limbe de la lame spirale. — 2, Lèvre vestibulaire. — 3, Lèvre tympanique. — 4, Périoste de cette lame. — 5, Sillon spiral interne. — 6, Nerfs. — 7, Vaisseau spiral. — 8, Membrane basilaire, sa zone lisse. — 9, Sa zone striée. — 10, Ligament spiral. — 11, Membrane de Corti, avec son insertion, en 12. — 13, Sillon spiral externe. — 14, Saillie et strie tectoriales. — 15, Article interne de l'organe de Corti. — 16, Article externe. — 17, 18, Insertions respectives de ces organes à la membrane basilaire. — 19, Leur articulation. — 20, Membrane réticulaire. — 21, 22, Cellules basilaires, internes et externes. — 23, Cellules de Deiters. — 24, Cellules de Corti, insérées en 25 à la membrane basilaire; — 26, Fibres nerveuses se terminant au-dessous et au-dessus (27) de l'article interne de l'organe de Corti.

complexes qu'elle supporte, ni en général dans une étude complète du canal cochléaire. Les recherches microscopiques faites sur ces appareils compliqués sont aujourd'hui si nombreuses, qu'il faudrait consacrer plusieurs pages pour en présenter même un rapide résumé. Renvoyant le lecteur à l'excellente monographie de Coyne¹, où se trouvent indiqués les résultats des récentes recherches de Schultze, Rudinger, Deiters, Lœwenberg, Odenius, Hensen, Boettcher, Schwalbe, Hasse, etc., nous indiquerons seulement en quelques mots les dispositions qui paraissent le plus directement en rapport avec la théorie physiologique de l'audition; la figure ci-dessus (fig. 148) complétera ces indications.

La *membrane basilaire* (8 et 9, fig. 148) est formée d'une partie interne ou *zone lisse* (8) et d'une partie externe ou *zone striée* (9, fig. 148). La zone lisse est constituée par une substance homogène; la zone striée, au contraire, est formée de fibres droites et placées en travers, que Nuel décrit comme rigides, vitreuses, élastiques, et que Hensen compare à des cordes. Les fibres du rameau cochléen du nerf acoustique, après avoir suivi un trajet plus ou moins long dans la *columelle*, s'engagent successivement dans la lame spirale osseuse, puis viennent se terminer dans l'épaisseur ou à la surface de la membrane basilaire (26, fig. 148); mais on ne connaît pas encore le mode précis selon lequel se font ces terminaisons, non plus que les connexions de ces fibres avec les formes cellulaires diverses qui reposent sur la membrane basilaire. Parmi ces formes cellulaires (cellules basilaires, cellules de Corti, cellules de Deiters, de Claudius, etc.), celles qui ont particulièrement attiré l'attention forment ce qu'on appelle les *arcades* ou *arcs de Corti*. Nous rappellerons seulement que ces arcs occupent toute la longueur de la lame basilaire, depuis la base du limaçon jusqu'à son sommet, qu'ils sont placés sur la partie interne de cette lame basilaire, et qu'ils se composent de deux piliers, l'un interne, l'autre externe (15 et 16, fig. 148).

Ces quelques rapides indications anatomiques nous suffiront pour faire comprendre comment on peut concevoir que des terminaisons nerveuses soient excitées par des vibrations communiquées aux parties molles et liquides de l'oreille interne. On avait pensé tout d'abord à voir dans les arcs de Corti les organes propres à exciter les fibres nerveuses par des mouvements vibratoires. Les vibrations communiquées au liquide compris dans les deux rampes se transmettent, disait-on, aux parois fibreuses de la lame spirale du limaçon, et dans cette lame (qui est creuse et forme le canal cochléaire) elles ébranlent les petits arcs de Corti; ceux-ci sont en rapport, par leur base, avec les ramifications terminales des nerfs, de telle sorte que les vibrations des organes de Corti se transforment, en définitive, en excitations directes et mécaniques des extrémités des nerfs cochléens. D'après certaines dispositions anatomiques qu'il est inutile de rappeler ici, on admettait

¹ P. Coyne, *Des parties molles de l'oreille interne*, thèse de concours. Paris, 1876.

encore que les piliers externes des arcades de Corti étaient seuls destinés à vibrer.

Ces hypothèses séduisantes ont dû être abandonnées en présence d'un fait anatomique d'une grande signification, à savoir que les deux arcs de Corti font défaut dans l'appareil cochléen des oiseaux, lesquels possèdent cependant un sens auditif très fin et très musical (nous verrons bientôt qu'on ne peut chercher ailleurs que dans le limaçon le lieu des impressions musicales). C'est alors qu'en portant l'attention sur la zone striée de la membrane basilaire, on a reconnu que cette partie présente, chez les divers animaux pourvus de limaçon, des dispositions relativement toujours les mêmes, et que ces dispositions sont de nature à remplir parfaitement les fonctions attribuées primitivement aux arcs de Corti. En effet, les fibres transversales ou, pour mieux dire, radiales de cette portion de la membrane basilaire peuvent être assimilées à un système de cordes tendues. Or, cette membrane, ou pour mieux dire, sa zone striée, n'a pas une largeur partout la même; on la trouve d'autant plus large qu'on examine une partie plus rapprochée de la coupole (du sommet) du limaçon, c'est-à-dire que les fibres radiales, les cordes sus-énoncées, présentent une longueur croissante de la fenêtre ronde au sommet du limaçon. Si on suppose la spirale de la membrane basilaire déroulée et étalée sur un plan, l'ensemble de la membrane aura la forme d'un coin, et les fibres transversales reproduiront assez bien la disposition des cordes d'une harpe. En tenant compte de ces différences de longueur des fibres radiales, il est bien légitime de supposer que les fibres les plus courtes, c'est-à-dire les plus voisines de la fenêtre ronde (de la base du limaçon), vibrent à l'unisson des sons aigus, et que les fibres les plus longues, celles voisines de la coupole, vibrent à l'unisson des sons graves.

Telle est l'hypothèse généralement admise par les physiiciens et les physiologistes (Helmholtz, Bernstein, Gavarret)¹. A quoi servent donc les arcs de Corti? On les considère généralement comme formant des pièces qui alourdissent les fibres radiales et leur permettent de vibrer à l'unisson de sons plus graves qu'on aurait pu le supposer *a priori* d'après leur extrême brièveté. On peut encore, en raison de cette rigidité, considérer ces arcs comme très aptes à participer aux mouvements vibratoires de la membrane basilaire. Dans ce cas, ces arcs pourraient être les organes, les espèces de marteaux qui viennent frapper et exciter les terminaisons nerveuses, du moins chez certains animaux; mais les hypothèses à ce sujet n'auront de bases sérieuses que lorsque les recherches microscopiques nous auront révélé le véritable mode de terminaison des filets nerveux cochléaires. Nous pouvons donc, sans entrer dans de plus grands détails, considérer les fibres radiales comme une série de cordes dont chacune est accordée pour un son différent, d'autant plus grave que la corde est plus longue. Or, en face d'un instrument à cordes, nous nous demanderions combien

¹ J. Gavarret, *Acoustique physiologique (phonation et audition)*. Paris, 1877

d'octaves comprend cet instrument, quels demi-tons et quelles fractions de demi-ton il permet de donner, et nous pourrions arriver à cette détermination en comptant les cordes. En face du clavier qui nous est représenté par l'appareil cochléen, nous devons nous poser une question semblable, mais en procédant d'une manière inverse. Nous savons par l'expérience combien est étendue l'échelle des sons musicaux perceptibles; nous savons quel est l'intervalle musical minimum que puissent percevoir les oreilles les plus exercées. Il s'agit de voir si le nombre des fibres radiales est suffisamment grand pour qu'il y ait une fibre accordée avec chacun des sons de l'échelle musicale. Le nombre des sons musicaux distincts pour l'oreille la plus exercée, laquelle, d'après Weber, ne peut pas apprécier un intervalle inférieur à un soixante-quatrième de demi-ton, ce nombre est facile à obtenir en calculant combien de soixante-quatrièmes de demi-ton contient la série des sept octaves comprenant chacun douze demi-tons ($64 \times 12 \times 7 = 5376$). L'échelle des sons musicaux, pour les musiciens même les plus exercés, ne renferme donc pas plus de 5376 intervalles. Or, le nombre des fibres radiales de la membrane basilaire est porté, par les estimations les plus modérées, à 6000 (on compte environ 3000 arcs de Corti, et au moins deux fibres radiales pour chaque arc). On voit donc que le nombre des fibres radiales est plus que suffisant pour que le clavier cochléen réponde par une corde spéciale à chacun des sons que l'expérience nous montre comme constituant l'échelle musicale des sujets les mieux doués. En supposant qu'à chaque fibre ou corde radiale corresponde une terminaison nerveuse, il est facile de comprendre qu'à la vibration de chacune de ces cordes correspondra une excitation de cette fibrille nerveuse, et, par suite, la perception distincte du son correspondant.

Utricule, saccule, canaux semi-circulaires. — Nous réunissons dans une même étude toutes ces dernières parties de l'oreille interne, parce que les terminaisons nerveuses paraissent s'y faire dans toutes également d'après un mode à peu près semblable.

La face interne de l'utricule est lisse dans toute son étendue, sauf en dedans, où elle présente une saillie ovoïde, de couleur blanchâtre, épaisse d'environ $0^{\text{mm}},4$ (Kölliker), large de 2 à 3 millimètres, désignée sous le nom de *tache auditive (macula acoustica)*. Dans la cavité du saccule, on trouve aussi une tache auditive, située également en dedans et correspondant à la terminaison du nerf sacculaire, comme la précédente correspond à celle du nerf utriculaire. Enfin, au niveau de la face postérieure de la surface interne de chacune des ampoules des canaux semi-circulaires on trouve une saillie en forme de repli, dite *crête auditive*.

Les *taches auditives* et les *crêtes auditives* sont recouvertes par des cellules cylindriques qu'on nomme *cellules de support*, parce qu'entre leurs faces latérales il existe des espaces au niveau desquels s'engagent de petits prolongements en forme de longs cils ou baguettes, qui dépassent le niveau de la surface épithéliale. En effet, au-dessous de la couche des cellules cylindriques on trouve une couche de cellules

fusiformes, munies à chaque extrémité d'un prolongement; l'un de ces prolongements se dirige vers la surface, c'est-à-dire vers la cavité du saccule, de l'utricule ou de l'ampoule; l'autre se dirige en dehors dans l'épaisseur de la membrane sous-jacente, et paraît se mettre en continuité avec les fibrilles nerveuses terminales des nerfs utriculaire, sacculaire, ampullaire. Ce mode de connexion des nerfs avec des cellules épithéliales ou sous-épithéliales n'est pas sans analogie avec ce qu'on trouve dans d'autres organes des sens, et notamment dans la muqueuse olfactive (V. *Olfaction*, p. 545). Nous pouvons donc dire que les branches du nerf auditif autres que la branche cochléenne, viennent se terminer au niveau des taches et crêtes auditives en se mettant en connexion avec de longs cils qui, d'après les études de Max Schulze, peuvent être comparés à des crins très fragiles et très élastiques. Ces crins sont, par suite, éminemment propres à participer aux mouvements des liquides de l'oreille interne, et à imprimer ainsi une excitation mécanique aux filets nerveux correspondants. On trouve, de plus, au niveau des parties que nous venons de décrire, des corpuscules cristallins de formes variables, qui adhèrent à la surface interne de ces cavités, et qui remplissent probablement, en vibrant par influence, le même rôle que les crins sus-indiqués. Ces corpuscules cristallins, dits *otolithes* ou *otocories*, atteignent, chez les reptiles et les poissons osseux, un volume considérable, tandis que, chez les oiseaux, les mammifères et l'homme en particulier, ils forment de petits cristaux microscopiques; par leur abondance au milieu des taches acoustiques, ils donnent à ces parties une couleur blanche caractéristique. Nous devons faire remarquer que ces formations cristallines ne sont pas libres au milieu de l'endolymphe, comme le pensait Breschet; elles sont adhérentes aux parois, au niveau des crêtes et des macules, par l'intermédiaire d'une sorte de formation fenêtrée, de nature spéciale, étudiée par Hasse chez la grenouille. D'après quelques auteurs, des terminaisons nerveuses s'enrouleraient autour de ces otolithes; mais ce fait a besoin, pour être admis, de nouvelles démonstrations.

Nous n'avons que peu de chose à dire sur les fonctions de ces appareils. Nous avons déjà trouvé dans le limaçon membraneux des dispositions suffisantes pour nous rendre compte de la perception de l'intensité, de la hauteur et du timbre des sons. Evidemment les terminaisons nerveuses, dans les taches et les crêtes auditives, ne sont point de nature à être le siège d'impressions aussi délicates et aussi nettement définies. Les longs crins et les otolithes doivent entrer en vibration, mais rien ne permet de supposer entre eux des différences régulières et sérieuses dans la rapidité de leurs mouvements. Ils doivent donc communiquer aux nerfs des excitations qui ne présentent rien de la continuité, de la régularité, de la périodicité qui caractérisent les impressions musicales; en un mot, ces appareils ne paraissent aptes à recueillir les mouvements que sous la forme de *bruits*, dont ils permettent d'apprécier l'intensité seulement.

On a encore émis l'hypothèse que les trois canaux semi-circulaires,

vu leur triple orientation, seraient aptes à juger de la *direction* des sons, mais nous avons déjà vu que le pavillon de l'oreille n'était pas lui-même étranger à cette orientation.

Quel que soit le rôle spécial de chaque partie de l'oreille interne, toujours est-il que l'ébranlement des organes terminaux des nerfs nous permet de distinguer dans les ondes sonores plusieurs conditions spéciales que la physique nous indique comme causes de la *différence* des sons. C'est d'abord l'*amplitude* de ces vibrations, ce qui constitue la *force*, l'*intensité* des sons; puis c'est la *rapidité* de ces vibrations, leur nombre dans l'unité de temps, ce qui constitue l'*acuité* ou la *gravité* des sons depuis les plus bas (32 vibrations par seconde), jusqu'aux plus hauts (76 000 vibrations par seconde). Enfin les sons nous laissent encore distinguer en eux une qualité toute spéciale, le *timbre*, qu'il est plus difficile de définir, et que la physique paraît devoir attribuer à la production de plusieurs sons qui se combinent de manière à produire un son résultant qui, selon les variétés de la combinaison, présentera tel ou tel *timbre* (V. *Phonation*, p. 475). Toujours est-il que, par un effet de l'habitude, le timbre nous permet de juger de la nature du corps vibrant; il constitue ce que nous pourrions appeler, au point de vue physiologique, la *savueur* des sons: c'est lui qui nous permet de reconnaître la voix d'une personne, de juger de son sexe d'après sa voix, enfin de juger même des sentiments qui agitent notre interlocuteur; dans tous ces cas, les sons, quoique pouvant être de même *intensité* et de même *hauteur*, sont produits par des combinaisons différentes de sons simples, les ondes résultantes n'ont pas la même *forme*, et en jugeant du timbre nous pouvons dire que nous jugeons de la *forme des vibrations*. C'est sans doute cette aptitude de l'organe de l'ouïe à juger de qualités si différentes (*amplitude, rapidité et forme* ou *combinaison* des ondes sonores) qui exige de la part de l'oreille interne cette complication si grande qui embarrassera encore longtemps les physiologistes.

Canaux semi-circulaires et sens de l'équilibre (sens de l'espace).
— Peut-être faut-il considérer les canaux semi-circulaires comme constituant un appareil plus ou moins distinct de l'audition. En effet, Flourens a montré qu'ils jouent un rôle important dans l'*équilibration* de l'animal. Ce physiologiste a découvert que les lésions de ces canaux produisent des mouvements de *rotation*. Vulpian a confirmé ces résultats expérimentaux et montré que sur un pigeon on obtient des mouvements de rotation, ou de roulement, ou de culbute, selon que l'on agit sur le canal horizontal ou sur le canal vertical antérieur, ou enfin sur le vertical postérieur, et il a pensé donner une explication de ces

phénomènes en invoquant une sorte de *vertige des sens*. Mais ces expériences ont été, dans ces dernières années, l'objet de recherches et d'interprétations nouvelles¹ qui méritent d'être indiquées; nous voulons parler de la théorie qui fait des canaux semi-circulaires les *organes périphériques du sens de l'espace*, c'est-à-dire de l'*équilibration*. Il s'agit d'abord d'examiner l'interprétation de Böttcher, qui, se basant sur le défaut de précision dans les procédés opératoires de quelques physiologistes, a considéré les phénomènes de Flourens comme résultant d'une lésion du cervelet. Or, les symptômes d'une lésion du cervelet, qu'on observe de temps en temps sur les pigeons, n'apparaissent que plusieurs jours après l'opération, quand celle-ci a été mal exécutée; puis, comme les troubles des mouvements diffèrent considérablement entre eux, d'après le canal sur lequel l'opération a été faite; comme enfin, si au lieu de sectionner deux canaux symétriques, on opère, par exemple, d'un seul côté sur un canal horizontal, de l'autre sur un canal vertical, on n'observe alors aucun désordre du mouvement, il est évident que les lésions secondaires et accidentelles du cervelet ne sont pour rien dans la production des phénomènes de Flourens.

Le fait dominant dans les phénomènes de Flourens consiste dans la diversité des mouvements qui se produisent après la section des différents canaux semi-circulaires: la section de deux canaux circulaires symétriques provoque des oscillations de la tête et des mouvements du corps entier dans le plan des canaux opérés. Cette lésion, cette *excitation* (car, sans doute, il n'y a pas ici paralysie, mais plutôt excitation des extrémités nerveuses terminales) de chaque canal semi-circulaire provoque aussi des oscillations des globes oculaires dont la direction est déterminée par le choix du canal excité. Si donc on tient compte de ce que, d'une part, nos représentations touchant la disposition des objets dans l'espace dépendent en partie des sensations inconscientes d'innervation ou de contraction des muscles oculo-moteurs, et de ce que, d'autre part, chaque excitation, même minime, des canaux semi-circulaires produit des contractions et des innervations des mêmes muscles, on est amené à penser que les centres nerveux dans lesquels aboutissent les fibres nerveuses qui se distribuent dans les canaux sont en relation physiologique intime avec le centre oculo-moteur, et que, par conséquent, leur excitation peut intervenir d'une manière déterminante dans la formation de nos notions sur l'espace. De là à cette autre conclusion que les canaux semi-circulaires sont les organes périphériques du sens de l'espace, il n'y a qu'une faible distance. En définitive, les sensations provoquées par l'excitation des terminaisons nerveuses dans les ampoules des canaux serviraient à former nos notions sur les trois dimensions de l'espace, les sensations de chaque canal correspondant à une de ces dimensions. A l'aide de ces sensations, il se formerait dans

¹ V. E. de Cyon, *Recherches expérimentales sur les fonctions des canaux semi-circulaires* (Thèse de Paris, 1878).

le cerveau la représentation (inconsciente) d'un espace idéal sur lequel sont rapportées toutes les perceptions de nos autres sens qui concernent la disposition des objets qui nous entourent et la position de notre propre corps parmi ces objets. Les troubles de mouvement après la lésion des canaux proviennent du vertige produit par le désaccord entre l'espace vu et l'espace formé par les sensations dues aux canaux semi-circulaires; ces troubles sont dus encore aux fausses notions qu'a dès lors l'animal sur la position de son corps dans l'espace, et, par suite aux désordres dans la distribution de la force d'innervation. Mais quelles sont les conditions de l'excitation normale des terminaisons nerveuses dans les canaux? On peut sans doute les trouver principalement dans les otolithes, chaque déplacement de la tête, soit actif, soit passif, devant produire un ébranlement de ces particules, d'où excitation mécanique des nerfs.

Il faudrait donc distinguer dans la huitième paire deux nerfs à fonctions spéciales: le nerf cochléaire ou acoustique, et le nerf ampullaire ou nerf de l'espace; et en effet, les recherches sur l'origine des nerfs crâniens montrent que les origines de la huitième paire se font par deux racines provenant l'une de noyaux de petites cellules ganglionnaires du plancher du quatrième ventricule, l'autre d'un noyau de grandes cellules placées dans les pédoncules cérébelleux: c'est cette dernière qui représenterait le nerf du sens de l'espace; notons encore que cette racine va en grande partie se perdre dans les parties centrales du cervelet: elle représenterait donc la voie centripète des impressions d'équilibre vers le cervelet, qui est l'organe central de l'équilibration et de la coordination des mouvements.

Cette interprétation du rôle des canaux semi-circulaires comme organes du sens de l'espace devient encore plus probable si l'on se pose les deux questions suivantes:

1^o Existe-t-il des sensations particulières qui nous donnent conscience de la situation de l'état de mouvement ou de repos de notre corps dans l'espace? Pour répondre affirmativement à cette question, il n'y qu'à se souvenir que couché, dans une obscurité complète, loin de tout bruit, de toute sensation des organes des sens spéciaux, nous sentons fort nettement si, par exemple, nous sommes placés horizontalement, ou bien si notre tête est plus élevée que nos pieds, si elle est inclinée d'un côté, ou en avant, etc. On pourra répondre, sans doute, que dans ce cas les impressions de contact avec le plan sur lequel nous reposons, les sensations de pression éprouvées par la peau des diverses régions du corps sont l'origine de la notion que nous avons alors de la situation de notre corps.

Dans cette interprétation, on fait pour le sens de l'espace ce que faisait Trouseau pour le sens musculaire (sens de la contraction); il niait ce sens spécial, et les notions qu'on désigne sous ce nom, il les attribuait aux sensations de tension de la peau, de pression des parties déplacées par la contraction; mais depuis qu'on a mieux observé, on a constaté l'existence de sensations subjectives de contraction musculaire

et dès lors, la plupart des physiologistes se sont accordés à reconnaître l'existence d'un sens musculaire.

2^o Existe-t-il pareillement des sensations subjectives pour l'ordre de sensations que nous désignons sous le nom de sens de l'espace? Elles existent manifestement dans ce qu'on appelle le *vertige de Purkinje*: quand une personne a tourné pendant quelques instants sur son axe longitudinal, au moment où elle s'arrête, il lui semble voir les objets environnants se déplacer en sens inverse du mouvement qu'elle vient d'accomplir; si elle ferme les yeux, il lui semble continuer de tourner dans le même sens que celui où elle avait tourné dans l'instant précédent. Il y a donc des parties excitées d'une manière particulière par le déplacement du corps, parties dans lesquelles, après cessation de ce déplacement, subsiste pendant quelques instants l'excitation, c'est-à-dire la sensation de déplacement. A ce moment, la marche est mal assurée, parce que l'équilibre est mis en défaut par suite de cette sensation subjective d'un déplacement qui n'a pas réellement lieu.

De même quand on attache un animal (lapin) sur une planche et lui fait subir un rapide mouvement de rotation, l'animal détaché aussitôt après présente une marche incertaine, parce qu'il a des sensations subjectives persistantes de rotation. Sans doute, l'état des impressions visuelles n'est pas étranger à ces sensations subjectives; mais comme le vertige de Purkinje se produit également quand on tourne très vite avec les yeux fermés, il faut en conclure que l'impression a lieu encore dans un autre organe des sens.

Or, comme les lésions des canaux semi-circulaires amènent chez l'animal des troubles d'équilibre semblables à ceux du vertige de Purkinje, il paraît rationnel d'admettre que ce sont ces canaux semi-circulaires qui sont le siège des excitations dans le vertige de Purkinje, comme ils sont le siège d'une excitation traumatique lors de leur lésion. Quand un canal semi-circulaire est blessé, l'animal éprouve une sensation subjective de rotation, qui, pour rétablir l'équilibre, l'amène à tourner ou culbuter en sens inverse.

Cette interprétation du phénomène expérimental est corroborée par l'étude des faits pathologiques connus sous le nom de maladie de Ménière; les sujets atteints de cette affection éprouvent du vertige, c'est-à-dire une sensation subjective de déplacement; ils souffrent en même temps de bourdonnements d'oreilles; or, à l'autopsie on a toujours trouvé des lésions des canaux semi-circulaires.

Or, il se trouve que ces canaux sont au nombre de trois et disposés précisément de manière à répondre chacun à l'une des trois coordonnées de l'espace. Cette disposition, qui a frappé les physiologistes, les avait amenés à penser que ces canaux, faisant partie de l'oreille interne, serviraient à juger de la direction des sons. Il est prouvé aujourd'hui que nous jugeons de la direction, de l'origine, pour ainsi dire du relief des sons, par le fait des sensations bi-auriculaires combinées, comme nous jugeons du relief des objets (vue stéréoscopique par la vision bi-oculaire). Si avec leur triple direction ces canaux ne

donnent pas l'orientation des sons, ils ne peuvent servir qu'à l'orientation d'équilibre de la station et du mouvement ¹.

V. — DU SENS DE LA VUE

Le sens de la vue nous fait juger des *propriétés lumineuses* des objets qui nous environnent et par suite de leur *couleur*, de leur *forme*, de leur *position*. L'organe de la vision (*œil*) se compose essentiellement : 1° d'une membrane (*rétine*) en rapport avec des terminaisons nerveuses, et sur laquelle viennent se faire les impressions des rayons lumineux ; 2° d'un *appareil de dioptrique* destiné

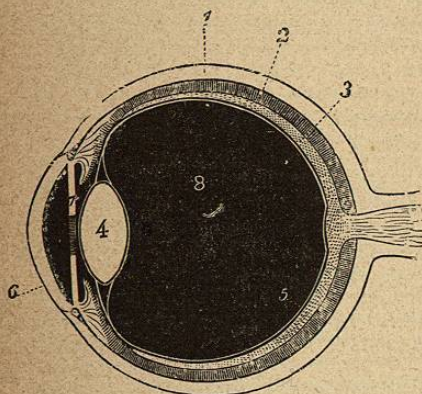


Fig. 149. — Ensemble du globe de l'œil (section verticale) *.

à amener et à condenser les rayons lumineux sur la membrane précédente, où ils viennent représenter en miniature les objets extérieurs, comme sur l'écran d'une chambre obscure ; 3° de *membranes annexées* aux deux appareils précédents, pour en assurer et en modifier le fonctionnement. Ces différentes parties (fig. 149) se rattachent, au point de vue physiologique, à l'étude des surfaces de l'organisme, comme les autres organes des sens, car elles proviennent en grande partie, chez l'embryon, de végétations profondes et fort compliquées du tégument externe (la partie nerveuse exceptée). A ce globe oculaire, ainsi constitué, sont annexés des appareils accessoires destinés à le mouvoir (muscles de l'œil), soit à le protéger contre les injures extérieures (paupières et appareil lacrymal).

¹ V. Laborde et Mathias Duval, *Sur le sens de l'espace* (Société d'anthropologie, t. V, 1882, p. 114).

* 1, Sclérotique ; — 2, choroïde ; — 3, rétine ; — 4, lentille cristalline ou cristallin ; — 5, membrane hyaloïde ; — 6, cornée ; — 7, iris ; — 8, corps vitré.

Nous étudierons successivement :

- 1° L'appareil physique de dioptrique ;
- 2° Les membranes accessoires destinées à en maintenir et à en modifier le fonctionnement ;
- 3° La membrane sensible ou *rétine* ;
- 4° Les annexes de l'œil.

I. — Appareil de dioptrique.

A. *Milieux de l'œil*. — L'appareil de dioptrique de l'œil se compose de tous les milieux transparents que les rayons lumineux ont à traverser pour arriver jusqu'à la membrane sensible placée au fond de l'œil ; ce sont, en allant d'avant en arrière : la *cornée*, l'*humeur aqueuse*, le *cristallin* et l'*humeur vitreuse* ; la cornée, qui, au point de vue anatomique, constitue une partie des enveloppes de l'œil, fait donc plutôt partie des milieux au point de vue physiologique.

La *cornée transparente* est formée d'une *membrane fondamentale* de tissu collagène (V. fig. 43, p. 164), revêtue en avant et en arrière d'une couche d'épithélium ; celui de la face postérieure est simple (*membrane de Demours* ou de *Descemet*) ; celui de la face antérieure est identique à l'épithélium de la muqueuse conjonctivale, qui elle-même est en continuité avec la peau et l'épiderme : aussi les maladies superficielles de la cornée ont-elles les plus grands rapports avec les maladies de la peau, les maladies épidermiques.

L'*humeur aqueuse* est comprise entre la face postérieure de la cornée et la face antérieure du cristallin, en un mot dans la *chambre antérieure* (où nous étudierons plus tard une dépendance de la choroïde, l'iris) ; c'est un liquide très analogue à l'eau, tenant en dissolution une quantité insignifiante d'albumine et de sels, et qui est sécrété par la *membrane de Demours* (*membrane de l'humeur aqueuse*).

Le *cristallin* se compose d'une membrane enveloppante, *capsule du cristallin*, et d'un contenu ou *corps du cristallin*. La *capsule* est un tissu amorphe, très élastique, qui incisé tend à se rétracter en expulsant son



Fig. 150. — Disposition des fibres du cristallin *.

* Cette figure montre la disposition régulière des prismes du cristallin, qui, sur chaque face, viennent se rejoindre par leurs extrémités, de façon à constituer par l'ensemble de ces points de soudure une sorte d'étoile à trois branches : aussi un cristallin que l'on fait durcir soit par la cuisson, soit par des réactifs chimiques, éclate-t-il en général selon des lignes en étoile, correspondant aux lignes indiquées.