

minaisons nerveuses auditives. Pour expliquer la perception des différences dans la *hauteur* d'un son (qui dépend du nombre des vibrations), HELMHOLTZ a admis hypothétiquement, en se basant sur le principe de l'énergie spécifique des nerfs, qu'il existe une fibre nerveuse et un appareil terminal pour chaque son de hauteur déterminée. Il compara les fibres de la membrane basilaire à des cordes tendues, de différentes dimensions (comme dans une harpe) et supposa que chacune d'elles était accordée, pour un son déterminé. Or, ces fibres sont assez nombreuses (60 000) pour que chacune d'elles puisse vibrer pour un son d'une hauteur donnée, dans la limite des sons perceptibles. Il faut remarquer, en effet, que le sens de l'ouïe n'est plus impressionné par des vibrations qui descendent au-dessous de 30 à la seconde ou qui s'élèvent au-dessus de 15 à 20.000. D'autre part, l'oreille la plus exercée ne parvient à distinguer l'intervalle de deux sons que s'il est marqué par une différence d'un certain nombre de vibrations. Entre 120 et 1024 vibrations, on peut bien encore avec de l'habitude, distinguer deux sons qui ne diffèrent que par une vibration par seconde : mais en deçà ou au delà de ces chiffres, l'incapacité de l'oreille s'accuse ; ainsi, nous ne distinguons pas deux sons dont l'un a 10 000 et l'autre 10 100 vibrations par seconde. Le *timbre* d'un son est dû comme nous l'avons dit à propos de la phonation, aux sons partiels ou harmoniques qui accompagnent le son fondamental. La sensation auditive de timbre n'est donc pas une sensation simple ; mais elle se compose de la perception simultanée du son fondamental et de tous les sons partiels. Par l'exercice, on parvient à saisir dans la vibration d'une corde, ou dans le son rendu par un instrument de musique quelconque, beaucoup de ces sons partiels. L'appareil auditif peut donc percevoir isolément chaque vibration simple d'un son composé ; il se comporte à cet égard tout autrement que l'appareil visuel pour le mélange des couleurs. Par la vue nous ne percevons que la résultante du mélange des vibrations de l'éther ; avec l'oreille au contraire nous pouvons analyser les mélanges sonores et en percevoir les composantes.

A l'aide de nos sensations acoustiques, nous portons diffé-

rents jugements sur la nature, la distance, la direction des corps sonores. La justesse de nos appréciations dépend de l'expérience antérieure que nous avons acquise en associant nos sensations auditives aux indications fournies par les autres organes des sens. Pour juger de la direction d'un son, nous faisons varier le champ auditif par des mouvements de tête qui nous permettent de présenter les divers replis de la conque et la surface du tympan au choc des ondes sonores suivant certaines incidences. Chez les animaux, la mobilité de la conque sert au même but. Dans l'appréciation de la direction d'un son, l'appareil collecteur joue donc un rôle très important. Si on l'élimine artificiellement comme dans l'expérience du tube bi-auriculaire de GELLÉ, il nous devient impossible de juger la position d'un corps sonore par rapport à notre corps : on place les deux extrémités d'un long tube de caoutchouc dans les conduits auditifs externes d'un individu, et on applique une montre sur la partie moyenne du tube ; le sujet entend bien le tic tac de la montre, mais il ne peut se rendre compte, les yeux fermés, de la position du corps sonore et des déplacements que l'on fait subir au tube.

ARTICLE V

SENS DE LA VUE

Le sens de la vue nous donne les sensations de lumière et de couleur ; l'excitant adéquat de la rétine consiste dans les vibrations du milieu hypothétique appelé *ether*. Négligeant toute la partie physique de la réfraction, nous nous occuperons seulement du mécanisme physiologique qui préside au réglage de la quantité de lumière qui entre dans l'œil, à l'accommodation et à la perception des sensations visuelles ; et dans un paragraphe complémentaire nous indiquerons le rôle que remplissent les organes annexes de l'appareil oculaire.

1° *Iris*. — L'iris est un diaphragme qui convertit l'œil en

chambre noire et qui, de plus, par les variations de diamètre de son orifice (pupille), règle la quantité de lumière qui doit entrer dans l'œil. Le rétrécissement de la pupille est dû à la contraction du sphincter de l'iris, muscle circulaire à fibres lisses, que commande le moteur oculaire commun. Quant à sa dilatation, on peut l'attribuer à la contraction de fibres musculaires rayonnées ou à une action nerveuse inhibitoire s'exerçant sur le sphincter par l'intermédiaire des ganglions microscopiques du plexus ciliaire. Le cordon sympathique cervical contient presque toutes les fibres nerveuses irido-dilatatrices. Sa section amène la constriction de la pupille, en laissant prédominer l'action tonique du moteur oculaire commun sur le sphincter irien. De plus, après cette section, le globe oculaire s'enfonce légèrement dans l'orbite, ce qui fait paraître la fente palpébrale un peu rétrécie; ce phénomène provient de la paralysie des fibres musculaires lisses de l'aponévrose orbitaire. L'excitation du bout céphalique du sympathique produit, au contraire, une large dilatation pupillaire et la saillie du globe oculaire (*exophthalmie*). Toutes les fibres irido-dilatatrices proviennent de la portion cervico-dorsale de la moelle dans laquelle nous avons localisé le centre cilio-spinal; d'après les recherches de FR. FRANCK, elles abandonnent le cordon sympathique à la base du crâne pour se rendre au trijumeau par un petit filet spécial qui va se jeter dans le ganglion de Gasser; de là, par l'ophtalmique et les filets ciliaires, elles gagnent le globe oculaire et le plexus ciliaire (fig. 173). En outre, un certain nombre de fibres irido-dilatatrices proviennent directement de la moelle allongée et passent dans le tronc du trijumeau.

Les mouvements de resserrement et de dilatation de la pupille sont provoqués par action réflexe sous un grand nombre d'influences : la principale consiste dans l'excitation de la rétine par les rayons lumineux; la pupille se contracte à la lumière, se dilate à l'obscurité. De plus, tout effort d'accommodation, la convergence des yeux s'accompagnent d'un rétrécissement pupillaire; d'autre part, la dilatation de la pupille est produite par toute excitation un peu vive des nerfs sensitifs (douleur), par l'accumulation de CO_2 dans le sang (as-

phyxie). Certains poisons exercent une action remarquable sur l'iris; les uns, dits *mydriatiques*, comme l'atropine, paralysent le sphincter irien : d'où dilatation de la pupille; les autres, dits *myotiques*, comme l'ésérine, ont une action inverse : ils rétrécissent la pupille; l'ésérine est antagoniste de l'atropine. Ces poisons agissent aussi sur l'appareil de l'accommodation, sur le muscle ciliaire; l'atropine paralyse ce muscle et l'ésérine le fixe, au contraire, en contraction spasmodique.

2° Accommodation. — On nomme accommodation la propriété que possède l'appareil dioptrique de l'œil de modifier son pouvoir réfringent, de manière que les objets placés à des distances variables de l'œil puissent toujours former une image nette sur la rétine. Il n'est pas possible de voir avec netteté simultanément deux objets placés sur la même ligne visuelle, à une distance différente; pour les voir distinctement, il faut les regarder successivement, c'est-à-dire *accommoder* l'œil pour la distance à laquelle se trouve chacun d'eux. L'accommodation est opérée par des modifications dans les rayons de courbure du cristallin. Cette expérience de PURKINJE le démontre. Lorsqu'on place la flamme d'une bougie devant l'œil d'une personne, on distingue, en regardant latéralement cet œil, trois images de la flamme : la première, droite et brillante, se forme par réflexion sur la cornée; la seconde, plus grande, moins éclairée et droite aussi, se produit sur la face antérieure convexe du cristallin; la troisième, petite et renversée sur la face postérieure du cristallin, agissant comme miroir concave. Or, si la personne en observation regarde d'abord un objet rapproché, puis un objet éloigné, on s'aperçoit que les dimensions des images cristalliniennes se modifient, tandis que l'image cornéenne demeure invariable. Les images cristalliniennes, surtout celle qui est donnée par la face antérieure de la lentille, se rapetissent pour la vision d'objets rapprochés et s'agrandissent, au contraire, pour la vision éloignée; d'où l'on déduit que dans le premier cas les faces du cristallin, surtout sa face antérieure, se bombent davantage, par conséquent diminuent leur rayon de courbure, et que dans le second

cas l'inverse se produit, les faces du cristallin s'aplatissent et augmentent leur rayon de courbure.

Par quel mécanisme s'opèrent ces mouvements du cristallin ? C'est un muscle, le muscle ciliaire, situé à la périphérie de la lentille qui en est l'agent essentiel (voy. fig. 188). Le muscle ciliaire est formé de fibres lisses, à direction radiaire qui prennent leur insertion fixe sur l'angle irido-cornéen et leur

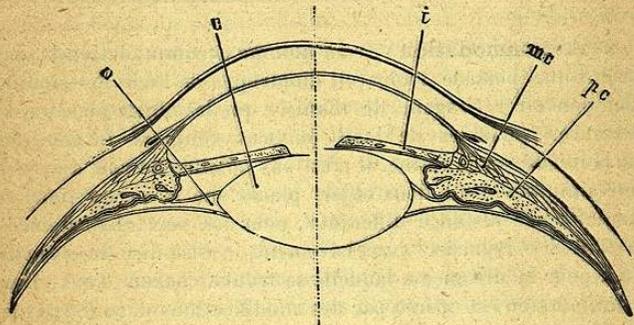


Fig. 188.

Schéma du mécanisme de l'accommodation.

c, cristallin. — z, zone de Zinn. — i, iris. — pc, procès ciliaires. — mc, muscle ciliaire

insertion mobile en arrière de ce point sur une large étendue de la choroïde antérieure; en outre, ce muscle contient aussi en avant quelques fibres circulaires disposées en anneau à la manière d'un sphincter, autour des procès ciliaires. Le mode d'action du muscle ciliaire dans l'accommodation serait le suivant, d'après HELMHOLTZ. A l'état de repos de l'œil, le cristallin est déprimé et aplati au maximum, d'une façon purement mécanique, par la tension des fibres de la zonule de Zinn, qui s'attachent d'une part à l'équateur du cristallin et d'autre part à la face interne des procès ciliaires et à l'hyaloïde. Si l'on supprime cette traction de la zonule, le cristallin prend mécaniquement par la réaction élastique de son tissu, son maximum de courbure. Le muscle ciliaire aurait précisément pour effet

de produire par la contraction de ses fibres radiées le relâchement de la zonule; en tirant sur la choroïde, il porte en avant les insertions postérieures de la zonule et permet ainsi au cristallin d'augmenter mécaniquement la convexité de ses courbures. Quant aux fibres circulaires, leur mode d'action est d'une interprétation plus difficile. ROGER supposa qu'en pressant sur les procès ciliaires, elles amèneraient une turgescence vasculaire, une sorte d'érection de ces organes qui, à leur tour, comprimerait la périphérie du cristallin, de façon à faire bomber ses faces. Mais les procès ciliaires ne touchent pas le cristallin. Il est plus probable que les fibres circulaires agissent comme les fibres radiées; en resserrant l'anneau qu'elles forment, elles attireraient les parties antérieures de la choroïde vers la périphérie de la cornée et relâcheraient ainsi la zonule. Il résulte de là que dans la vision des objets très éloignés, le muscle ciliaire doit être complètement relâché, au repos; théoriquement pour l'œil normal, *emmétrope*, cet état ne devrait exister que dans la vision des objets situés à l'infini (rayons parallèles); mais en pratique, on peut admettre que l'œil est encore au repos dans la vision des objets situés à 60 ou 65 mètres (punctum remotum R). Au contraire, dans la vision des objets rapprochés, l'œil devient actif, le muscle ciliaire se contracte. L'accommodation est donc un phénomène actif, qui n'a pour limite que la limite de la contraction musculaire et de l'élasticité du cristallin. Pour l'œil normal, cette limite est atteinte quand l'objet est placé à environ 12 centimètres de l'œil (punctum proximum P). Le passage de R à P s'opère donc par une contraction musculaire, le passage inverse de P à R par le relâchement musculaire. Avec l'âge, la force d'accommodation diminue et le punctum proximum s'éloigne (*presbytie*), ce qui tient moins à un affaiblissement de la puissance du muscle ciliaire qu'à une diminution de l'élasticité du tissu cristallinien.

Le muscle ciliaire est innervé par le nerf moteur oculaire commun; l'excitation de ce nerf fait bomber les faces du cristallin. Le sympathique contient au contraire des fibres à action inverse; leur excitation produit le relâchement du muscle

ciliaire, sans doute en développant une action inhibitoire dans les cellules ganglionnaires du plexus ciliaire, comme l'ont avancé MORAT et DOYON.

3° Rétine. — La rétine est la membrane de l'œil sensible à la lumière. Les histologistes y ont décrit depuis longtemps la superposition suivante des éléments nerveux de dehors en dedans : couches des cônes et bâtonnets, grains externes, moléculaire externe, grains internes, moléculaire interne, ganglionnaire, fibres du nerf optique. Cette structure se trouve considérablement simplifiée par les recherches de RAMON Y CAJAL. Les éléments nerveux rétinien se composent de trois neurones superposés, comme l'indique le schéma ci-contre (fig. 189). Le neurone le plus externe est représenté par le grain externe muni de deux prolongements : l'un cellulipète venant du cône ou du bâtonnet, l'autre cellulifuge s'engageant dans la couche moléculaire externe. Ce dernier se termine par un simple bouton s'il provient du grain d'un bâtonnet, par une arborisation terminale s'il provient du grain d'un cône ; l'un et l'autre, d'ailleurs, se mettent en rapport avec des arborisations du neurone

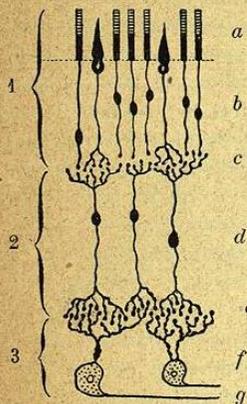


Fig. 189.

Schéma des éléments nerveux de la rétine, d'après les travaux de R. Y CAJAL.

a, cônes et bâtonnets. — b, grains externes. — c, moléculaire externe. — d, grains internes. — e, moléculaire interne. — f, cellules ganglionnaires. — g, fibres du nerf optique. — 1, neurone externe. — 2, neurone de deuxième ligne. — 3, neurone de troisième ligne.

sous-jacent. Le grain externe n'est pas autre chose que la cellule nerveuse de ce neurone périphérique ; les cônes et les bâtonnets sont des cellules épithéliales différenciées. Le neurone de seconde ligne est représenté par le grain interne muni également de deux prolongements, l'un cellulipète, l'autre cellulifuge. Le prolongement cellulipète prend naissance dans la

couche moléculaire par une riche arborisation s'articulant avec les prolongements de plusieurs bâtonnets ou cônes : ainsi s'opère une première réduction ou condensation des voies d'innervation. Le prolongement cellulifuge s'engage dans la couche moléculaire interne et va se mettre en contact par une arborisation terminale avec les prolongements protoplasmiques des cellules ganglionnaires. Ces dernières constituent les neurones de troisième ligne. Chacune d'elles s'articule par ses dendrites avec les prolongements de plusieurs grains internes, d'où nouvelle réduction des voies d'innervation, et émet un prolongement cylindraxile qui forme une fibre du nerf optique. On voit que, par suite de la condensation successive des voies d'innervation dans la marche vers le cerveau, les cônes et les bâtonnets sont beaucoup plus nombreux que les fibres du nerf optique, et que par conséquent, il n'y a pas une fibre nerveuse cérébrale pour chacun de ces éléments. Telle est, du moins, la disposition des éléments rétinien dans les parties périphériques de la rétine ; mais il en est autrement pour la tache jaune ; à ce niveau en effet il n'y a que des cônes chez l'homme, et la réduction des voies d'innervation y est beaucoup moins prononcée ; c'est-à-dire que chaque cellule ganglionnaire et chaque fibre nerveuse, par conséquent, correspond à un seul cône ou à deux tout au plus.

a. *Excitabilité de la rétine.* — La rétine est l'intermédiaire obligé entre le phénomène physique de la lumière (vibrations de l'éther) et le phénomène physiologique de l'excitation nerveuse (vibration nerveuse). Ainsi, les rayons lumineux tombant sur la section du nerf optique, ne produisent aucune sensation de lumière. Mais la rétine, comme le nerf optique, est sensible aux excitants autres que la lumière ; seulement elle réagit toujours en donnant une sensation lumineuse (principe de l'énergie spécifique des appareils nerveux). Par exemple, la piqûre de la rétine ou du nerf optique, ou toute autre excitation mécanique ou électrique donne lieu à une sensation lumineuse subjective (*phosphènes*) ; si l'on comprime avec le doigt un point de la surface de l'œil, on perçoit un cercle lumineux dans le champ visuel du côté opposé au point comprimé.