

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 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, ampoules. — 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 blan-

châtre, 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. 557). 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 Schultze, 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 *otoconies*, 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 sériées 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'au plus hauts (40.000 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. 481). 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 saveur 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

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

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 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° 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 a 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.

2° 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 mouvement⁴.

Telle est aussi la conclusion à laquelle est arrivée plus récemment le professeur Yves Delage (Acad. des Sciences, 26 octobre et 2 novembre 1886). Pour lui, ces canaux contribuent à nous renseigner sur l'orientation de la tête et du corps, car leur fonction essentielle est de nous donner la notion des mouvements de rotation accomplis par notre tête, soit seule, soit avec le corps, et de provoquer par voie réflexe les mouvements des yeux compensateurs de ceux de la tête et les contractions musculaires correctrices nécessaires pour assurer notre équilibre. En effet, les attitudes anormales de la tête donnent lieu, pendant les mouvements de rotation, à des illusions constantes sous l'influence desquelles nous portons sur ces mouvements les mêmes jugements que si l'axe de rotation avait tourné autour du même axe que la tête, en sens inverse et d'un angle égal. — Les *otocystes* des mollusques, organes formés d'une vésicule membraneuse dont les parois sont riches en terminaisons nerveuses et dont la cavité est remplie d'un liquide tenant en suspension des particules solides, ces otocystes ont des fonctions analogues à celles des ampoules des canaux demi-circulaires. Un poulpe qui nage encore régulièrement alors même qu'on l'a aveuglé, ne peut plus, quand on respecte les yeux, mais détruit les otocystes, conserver son orientation normale; il tourne tantôt autour de son axe longitudinal, tantôt dans son plan de symétrie. Il y a donc lieu d'assimiler les otocystes des invertébrés et les canaux semi-circulaires des vertébrés.

V. 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 à amener et à condenser les rayons lumineux sur la membrane

⁴ V. Laborde et Mathias Duval, *Sur le sens de l'espace* (Société d'anthropologie, t. V, 1882, p. 114).

précédente, où il 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. 158) 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. A ce globe oculaire, ainsi constitué, sont annexés des appareils accessoires destinés soit à le mouvoir (muscles de l'œil), soit à le protéger contre les injures extérieures (paupières et appareil lacrymal).

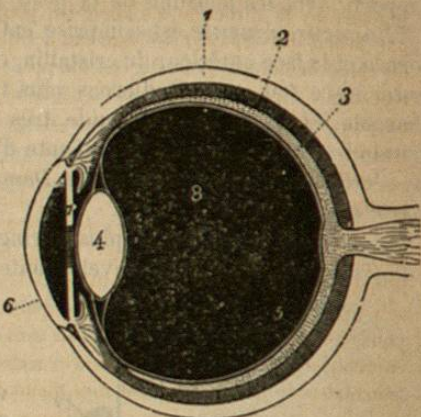


FIG. 158. — Ensemble du globe de l'œil (section verticale)*.

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'*humour aqueux*, le *cristallin* et l'*humour vitré*; 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 conjonctif (fig. 11, p. 21), revêtue en avant et en arrière d'une couche d'épithélium; celui de la face postérieure

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

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'*humour 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 sécrétée par la *membrane de Demours* (*membrane de l'humour aqueuse*).

Le *cristallin*, qui est le plus réfringent des milieux de l'œil, se compose d'une membrane enveloppante, *capsule du cristallin*,



FIG. 159. — Disposition des fibres du cristallin*.



FIG. 160. — Développement du cristallin (d'après Remak)**.

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 contenu (comme dans l'opération de la cataracte) ; sa face interne est revêtue de cellules qui peuvent reproduire son contenu, ou corps du cristallin. En effet, ce *corps* est formé d'éléments prismatiques en couches concentriques et à disposition très régulière (fig. 159), provenant de la métamorphose de cellules ; et

* 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 suture 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.

** A, B, C, Degrés de plus en plus complets d'invagination et d'isolement du bourgeon qui formera le cristallin : — 1, feuillet épidermique ; — 2, épaissement de ce feuillet, bourgeon du cristallin (isolé en B) ; — 3, fossette cristalline qui représentera plus tard le centre même du cristallin ; — 4, vésicule oculaire primitive (bourgeon nerveux venu du centre encéphalique) dont la partie antérieure déprimée correspond au cristallin ; — 7, cavité formée par le refoulement de la vésicule oculaire et qui sera occupée par le corps vitré ; — 6, endroit où le cristallin s'est séparé du feuillet épidermique.

l'embryologie nous montre que le bourgeon primitif, qui a donné naissance au cristallin, est un bourgeon épidermique (fig. 160), d'abord en connexion avec l'épiderme, et qui finit par rester isolé au milieu du globe oculaire. La couche de cellules tapissant la face interne de la capsule est donc l'analogue de la couche de Malpighi de la peau ; c'est par elle que se fait la régénération du cristallin, régénération qui ne peut se produire que si l'extirpation a laissé subsister les cellules de la cristalloïde antérieure.

L'*humour vitré* ou *hyaloïde* est formée de tissu collagène à l'état embryonnaire, d'autant plus analogue à la gélatine de Warthon qu'on l'examine sur un sujet plus jeune ; elle est contenue dans un sac très mince, anhiste et transparent, la *membrane hyaloïde*.

B. *Réfraction*. — Cet ensemble de milieux forme, au point de vue physique, une série de *trois lentilles très différentes* : la *première, constituée par la cornée et l'humour aqueuse*, serait une *lentille convexo-concave*, très compliquée, vu les diverses couches de la cornée. La *seconde* ou *cristallin* est une *lentille biconvexe* à face antérieure moins courbe (moins convexe) que la postérieure, et également très compliquée, car ses couches concentriques vont en augmentant de densité de la périphérie au centre. Enfin, en *troisième lieu*, le corps vitré constitue une *lentille concavo-convexe*, puisqu'il est creusé en avant pour loger le cristallin. C'est immédiatement derrière cette dernière lentille que se trouve la membrane sensible à la lumière, la *rétine*.

Pour plus de simplicité, on peut assimiler tout cet ensemble de lentilles à une seule lentille ayant le même pouvoir convergent total, et il est alors facile de se rendre compte du résultat final de la marche des rayons lumineux. En un mot, tout l'appareil peut être représenté par une lentille formée d'une substance ayant un indice de réfraction de 1,39 à 1,49, et d'une distance focale égale à 17^{mm},48. Les rayons lumineux qui, partis d'un point extérieur, viennent tomber en divergeant sur la cornée, convergent donc après avoir traversé cet appareil de dioptrique, et viennent se réunir en un point qui, à l'état normal, et dans des circonstances que nous précisons, se trouve précisément sur la rétine : c'est là que vient se peindre dans de moindres dimensions les objets extérieurs. Or, si la convergence ne se fait pas précisément sur la rétine, mais plus en avant ou plus en arrière, il est facile de comprendre que chaque *point* de l'objet mis en présence de l'œil viendra se peindre sur cette membrane, *non par un point, mais par un petit cercle* correspondant au plan de section par la rétine du cône convergent que

forment ces rayons avant leur réunion, ou du cône divergent qu'ils constituent après leur réunion (fig. 161).

Pour fixer les idées d'une manière simple, appelons *cône objectif* le cône des rayons lumineux partant du point lumineux et venant tomber en divergeant sur la cornée, et appelons *cône oculaire* celui que représentent ces rayons après avoir subi l'action convergente de la lentille oculaire (fig. 161) : il est évident, d'après les plus simples notions d'optique, que si le point lumineux est situé très loin, si les rayons lumineux viennent, par exemple, de l'infini, d'une étoile, le *cône objectif* a sa longueur maximum, tandis que le *cône oculaire* est le plus court possible. Si, au contraire, les rayons lumineux viennent d'un objet très rapproché de l'œil, le *cône objectif* est très court, mais produit dans l'œil un *cône oculaire*

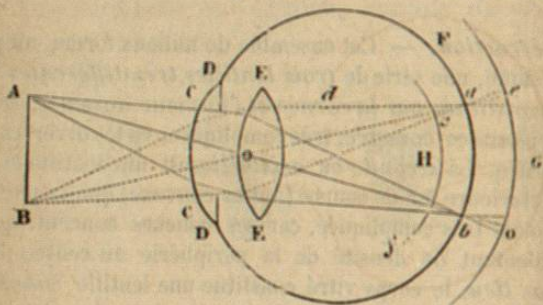


FIG. 161. — Cônes oculaires et cônes objectifs *.

beaucoup plus long que précédemment. On voit que dans ces circonstances, ce ne serait que pour une seule distance de l'objet lumineux que le cône oculaire présenterait exactement la longueur nécessaire pour que son sommet vint tomber précisément sur la rétine ; dans tous les autres cas, que le point lumineux fût plus loin ou plus près de l'œil, il donnerait un cône oculaire ou trop court ou trop long, et dont le sommet se trouverait par conséquent en avant ou en arrière de la rétine : le point lumineux, en un mot, se peindrait sur la rétine, non par un point, mais par un petit cercle, dit *cercle de diffusion*, et les images obtenues dans ces conditions seraient confuses.

* A, B, Points lumineux considérés ; — c, c, cornée ; — DD, iris ; — EE, cristallin. D'abord les rayons lumineux partis des points A ou B, sont brisés par la cornée CC et par l'humeur aqueuse comprise entre cette membrane et le cristallin, c'est-à-dire rapprochés du rayon médian qui marche parallèlement à l'axe. Une seconde réfraction s'opère à travers la lentille du cristallin, et il en résulte finalement les cônes oculaires, qui ont leurs sommets en a et en b, c'est-à-dire précisément sur la rétine : mais on voit aussi que si la rétine, au lieu de correspondre précisément au sommet des cônes oculaires, venait les couper soit plus en avant (en H), soit plus en arrière (en G), l'image qui se peindrait sur cette membrane ne serait plus un point, mais un petit cercle (*cercle de diffusion*).

Mais ce qui se passerait ainsi dans un appareil de physique tel que nous l'avons conçu, n'a pas lieu dans un œil normal. Quelle que soit (dans de certaines limites) la distance du point lumineux, nous pouvons toujours faire en sorte que le sommet du cône oculaire, produit par ses rayons, vienne tomber précisément sur la rétine : nous pouvons regarder alternativement, et voir presque avec une égale netteté, une étoile et le bout de notre nez. En un mot, nous pouvons *adapter*, *accommoder* notre œil aux distances.

C. *Adaptation*. — Le mode selon lequel se produit l'*adaptation* c'est-à-dire la *coïncidence toujours exacte du sommet du cône oculaire avec la rétine*, n'a pu être précisé que dans ces derniers temps. On a même longtemps nié l'existence de l'adaptation. La

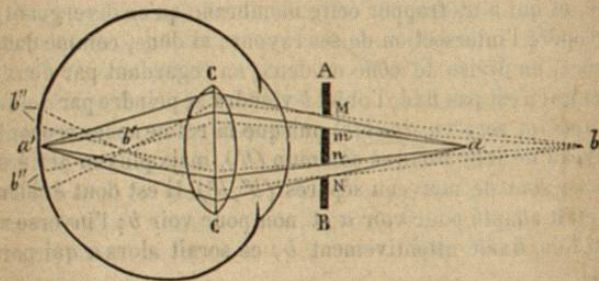


FIG. 162. — Expérience de Scheiner *.

preuve de l'existence de cette fonction peut être donnée par plusieurs expériences. Si l'on place, par exemple, en face de soi deux doigts, l'un derrière l'autre à une certaine distance, et qu'on fixe son attention sur l'un des deux, on s'aperçoit alors que l'on ne voit distinctement que celui-ci, c'est-à-dire que l'œil n'est *adapté* que pour voir l'un des doigts, et ne l'est point pour l'autre, qui paraît vaguement dessiné ; c'est qu'en ce moment l'un des deux doigts se peint régulièrement sur la rétine, et les divers points de l'autre n'y produisent que des *cercles de diffusion*. Le fait est encore bien mieux démontré par une expérience célèbre due à Scheiner : elle consiste à placer devant l'œil une carte percée de deux petits trous rapprochés l'un de l'autre (Mm, Nn, fig. 162) et à regarder deux

* AB, diaphragme avec deux ouvertures (Mm et Nn).

a, Point pour lequel l'œil est adapté, et dont l'image vient se faire en a' (sur la rétine).

b, Point sur lequel l'œil n'est pas adapté ; les rayons lumineux qui en partent, après s'être rencontrés en b' (en avant de la rétine), divergent de nouveau et rencontrent la rétine en b'', b'', de sorte que le point b est vu double.

points lumineux (deux têtes d'épingle, par exemple) placés l'un devant l'autre à une certaine distance (comme les deux doigts dans l'expérience précédente) : si l'on fixe attentivement l'un de ces points, on voit l'autre double. Voici la raison de ce fait. Si par les deux ouvertures *Mm* et *Nn* (fig. 162) on fixe le point lumineux *a*, il se passe dans l'œil un phénomène d'adaptation, à la suite duquel le cône oculaire est tel, que son sommet tombe sur la rétine; donc les sommets des deux cônes partiels passant par les deux ouvertures se confondent en un seul (en *a'*), puisque ces deux cônes font partie du cône total qui se produirait si l'on examinait le point lumineux avec l'œil découvert; mais cette disposition est uniquement relative au point *a*, et quand au point *b*, son cône objectif étant plus long, il a un cône oculaire plus court, dont le sommet sera en avant de la rétine, et qui n'ira frapper cette membrane qu'en divergeant, après avoir opéré l'intersection de ses rayons; si donc, comme dans l'expérience, on divise le cône en deux, en regardant par deux trous, l'objet qui n'est pas fixé, l'objet *b* viendra se peindre par deux cônes distincts (et sera vu double) puisque la rétine ne les rencontre pas au niveau de leur sommet commun (*b'*), mais plus en arrière, lorsqu'ils se sont de nouveau séparés (*b''*, *b'''*). Il est donc évident que l'œil était adapté pour voir *a* et non pour voir *b*; l'inverse arriverait si l'on fixait attentivement *b*; ce serait alors *a* qui paraîtrait double.

Ces faits suffisent pour prouver que nous avons la faculté d'adapter notre vue aux différentes distances. L'expérience de tous les jours nous montre, du reste, que nous pouvons distinguer des objets placés pour ainsi dire à une distance infinie, et que nous apercevons de la façon la plus nette les objets placés à 12 centimètres. C'est, en effet, à cette distance que nous recevons la plus grande quantité de lumière, et en général la faculté d'adaptation oscille entre l'infini et 12 centimètres. C'est-à-dire qu'un œil normal, à l'état de repos, sans effort d'accommodation (voir ci-après) est en état de distinguer nettement les objets situés à 65 mètres, distance telle que les rayons qui en partent peuvent être considérés comme parallèles, comme s'ils venaient de l'infini. On appelle cette distance, le *punctum remotum*. Puis, par un effort d'adaptation, nous pouvons arriver à voir distinctement des objets de plus en plus rapprochés, jusqu'à une distance qui pour un œil normal est à 12 centimètres de l'œil; on appelle cette distance le *punctum proximum*. Le champ de l'adaptation est donc mesuré par la distance du *punctum remotum* au *punctum proximum*.

Myopie et hypermétropie. — Sous ce rapport, il y a cependant

de grandes différences individuelles : les limites que nous venons d'indiquer sont celles des yeux normaux, dits *emmétropes*. Mais certaines personnes ont le globe oculaire constitué de telle manière que, quelle que soit la longueur du cône objectif, le cône oculaire n'est jamais assez court pour que son sommet tombe sur la rétine; même quand l'objet lumineux est à l'infini, son image vient se faire plus loin que la rétine : ces personnes sont dites *hypermétropes*, c'est-à-dire qu'il faudrait que l'objet fût au delà de l'infini pour que le sommet du cône oculaire pût tomber sur leur rétine (fig. 163, 1); pour ces yeux,

le *punctum remotum* est au delà de l'infini : ces yeux sont nommés *hypermétropes*, et ce défaut de convergence (de brièveté relative du cône oculaire) constitue l'*hypermétropie*. D'autres personnes, au contraire, ont le globe oculaire tel que le cône oculaire est toujours trop court, son sommet se faisant toujours en avant de la rétine, et il leur faut rapprocher beaucoup les

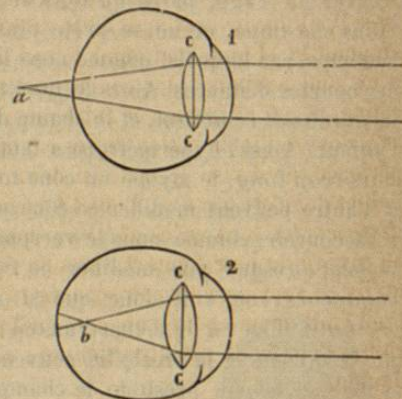


FIG. 163. — Œil hypermétrope et œil myope *.

objets, regarder de très près pour que, ce cône s'allongeant, son sommet vienne tomber sur la membrane sensible; pour ces yeux le *punctum remotum* est plus près de l'œil que chez les sujets normaux : c'est là le cas des *myopes* (fig. 163, 2) et cette trop grande brièveté du cône oculaire constitue la *myopie*.

On voit que l'*hypermétropie* et la *myopie* sont deux états opposés, dans le premier desquels l'œil, à l'état de repos, sans aucun effort d'adaptation, ne peut voir que des objets très éloignés, plus éloignés que l'infini, tandis que, dans le second, il ne peut, dans les mêmes circonstances, voir que des objets très rapprochés.

* 1. Œil hypermétrope. Les rayons lumineux, venus même de l'infini (parallèles) donnent un cône oculaire dont le sommet tombe en arrière de la rétine (en *a'*), soit que ce cône soit trop long (défaut de pouvoir convergent dans les milieux de l'œil), soit que la rétine soit trop en avant (œil trop court).

2. Œil myope. Les rayons lumineux, venus de l'infini (parallèles), donnent un cône oculaire dont le sommet tombe en avant de la rétine (en *b*), soit que ce cône soit trop court (excès de pouvoir convergent des milieux), soit que la rétine se trouve placée trop en arrière (œil trop long); les travaux de Donders rattachent la myopie à cette dernière cause, que la figure fait bien saisir; globe oculaire très allongé d'arrière en avant).

En d'autres termes, l'hypermétropie et la myopie consistent toutes deux en un déplacement du *punctum remotum*, soit au delà (hypermétropie), soit en deçà (myopie) de sa place normale. Une autre défectuosité de la vision, bien différente des précédentes, quoiqu'on l'ait confondue parfois avec l'hypermétropie, consiste en un déplacement du *punctum proximum*, qui s'éloigne de l'œil; c'est la *presbytie*. En effet la presbytie consiste en ce que la faculté de l'adaptation est diminuée et ne peut plus se produire pour les objets très rapprochés: c'est ce qui arrive normalement avec les progrès de l'âge, parce qu'alors le cristallin devient plus dur, moins élastique, et ne se prête plus si bien aux changements de courbure par lesquels, comme nous le verrons, se fait l'adaptation aux courtes distances. Alors le *punctum proximum* se rapproche du *punctum remotum*, et le champ de l'adaptation en est diminué d'autant. Ainsi l'hypermétrope a fatalement un cône oculaire toujours *trop long*, le myope un cône toujours *trop court*; mais l'un et l'autre peuvent modifier ce cône par l'adaptation et notamment le raccourcir, comme nous le verrons. Le *presbyte*, au contraire, ne peut presque plus modifier ce cône pour la vision des objets rapprochés; on voit donc que si un œil normal peut devenir *presbyte*, il en est de même d'un œil *hypermétrope* ou *myope*, et que la myopie et la presbytie peuvent se trouver combinées. Chez le myope devenu presbyte le champ de l'accommodation est très court, puisque, comme presbytie, le *punctum proximum* s'est éloigné de l'œil, et que, comme myopie, le *punctum remotum* est rapproché de l'œil, c'est-à-dire qu'il y a peu de distance entre ces deux points.

Mais l'art a trouvé, pour remédier à ces vices de la vue, des moyens empruntés à l'optique: il s'agit de modifier les cônes oculaires trop longs ou trop courts, et pour cela on place devant l'œil un verre concave ou convexe. Les plus simples notions de physique nous permettent de comprendre qu'un verre concave ou divergent allongera le cône oculaire, puisqu'il diminuera le pouvoir convergent de l'œil: les *myopes* feront donc usage de *verres concaves*. Au contraire, un verre convexe ou convergent raccourcira le cône oculaire, puisqu'il augmentera le pouvoir convergent de l'œil; ce sera d'un *verre convexe* que feront usage les *hypermétropes* pour raccourcir le cône oculaire, de même que les *presbytes*, lorsqu'ils veulent voir de près, et qu'alors leur adaptation est devenue impuissante à produire cet effet.

Mécanisme de l'adaptation. — L'étude des variétés dans le pouvoir convergent de l'œil et du mode artificiel par lequel on y remédie,

va nous permettre de comprendre comment peut se faire l'adaptation à l'état normal. En effet, l'emploi des verres dont nous venons de parler est une sorte d'adaptation artificielle, surtout chez le presbyte. Il est donc probable que, dans l'adaptation physiologique, il se passe dans l'œil quelque chose d'analogue, c'est-à-dire que le pouvoir convergent de cet organe est modifié.

Cependant on a cru longtemps que le mécanisme de l'adaptation pourrait consister en un changement de forme de l'œil, de manière à modifier, non le cône oculaire, mais la position de la rétine, qui viendrait alors se placer vers le sommet de ce cône; par exemple, l'œil se raccourcirait sous l'influence des muscles droits quand il fixe des objets éloignés, et s'allongerait sous l'influence des obliques quand il fixe des objets rapprochés. Mais cette fonction des muscles moteurs de l'œil est tout à fait hypothétique et, qui plus est, contraire à leur disposition anatomique et à toutes les expériences de physiologie.

On a aussi parlé de changements de place du cristallin, qui agirait alors comme une lentille que l'on éloigne ou que l'on rapproche, comme dans un microscope que l'on *met au point*; mais la possibilité de ces déplacements du cristallin est également contraire aux notions anatomiques, et, du reste, l'expérience directe montre qu'il n'en est rien.

L'expérience directe montre que l'adaptation, comme le faisaient prévoir nos études sur l'adaptation artificielle, consiste dans un changement de force convergente d'un seul des milieux de l'œil, du cristallin. L'expérience est basée sur l'étude des images fournies par les diverses surfaces des milieux oculaires fonctionnant comme des miroirs. En effet, il est facile d'observer que la surface de la cornée donne lieu à une image, et qu'il en est de même de la face antérieure et de la face postérieure du cristallin, de telle sorte qu'en plaçant une lumière devant un œil (fig. 164) on peut observer dans cet œil trois images de la flamme: deux droites (a et b) dues à la cornée (a) et (b) à la face antérieure du cristallin (miroirs convexes), et une renversée (c) due à la face postérieure du cristallin (miroir concave). En com-



FIG. 164. — Images données par les surfaces des milieux oculaires fonctionnant comme miroirs (images de Purkinje)*.

* a, Image droite produite par la cornée; — b, image droite produite par la face antérieure du cristallin; — c, image renversée produite par la face postérieure du cristallin.

mandant à une personne, sur laquelle on vérifie ce fait, de fixer les objets placés à des distances différentes, on verra que le seul changement qui s'opère dans les trois images a lieu dans l'image fournie par la face antérieure du cristallin (l'image *b*). On en conclut que, dans le phénomène de l'accommodation, les changements qui surviennent dans l'œil n'ont lieu que sur la partie antérieure du cristallin, et les mensurations de l'image en question prouvent (d'après les lois des miroirs convexes) que, quand on regarde un objet éloigné, cette convexité du cristallin diminue (puisque cette image augmente), que si, au contraire, on regarde un objet rapproché, cette convexité augmente (puisque les dimensions de cette image diminuent).

Ainsi l'adaptation se fait par une modification du cristallin. Quant aux puissances (muscles ciliaires) qui peuvent ainsi changer la forme de cette lentille, nous les étudierons avec les membranes accessoires destinées à maintenir et à modifier le fonctionnement des parties essentielles de l'œil, et notamment avec la choroïde et l'iris (muscle ciliaire, p. 591).

D. Imperfection de l'appareil de dioptrique oculaire. — Considéré comme appareil physique, l'œil est loin d'être parfait : aussi peut-on y constater les diverses imperfections qui se trouvent dans les appareils physiques analogues, et qui sont connues sous le nom d'aberration, soit de *sphéricité* soit de *réfrangibilité*.

L'œil n'étant qu'un appareil dont la partie essentielle est une lentille, il arrive que celle-ci, quoique très perfectionnée, ne réunit pas exactement au même point les rayons qui, partant d'une même source lumineuse, arrivent sur les bords ou sur le centre du cristallin. Le foyer de la lentille n'est donc pas unique, et c'est ce qui constitue l'*aberration de sphéricité*. Nous verrons que l'iris, comme les diaphragmes des instruments d'optique, remédie en partie à cet inconvénient.

L'*aberration de réfrangibilité* consiste en une inégale réfraction des divers rayons colorés qui composent la lumière blanche, de sorte que l'œil décompose la lumière ordinaire des objets incolores qui la lui projettent et nous les fait voir plus ou moins colorés : en un mot, *l'œil n'est pas un appareil achromatique parfait*. Ce défaut ne nous est pas sensible d'ordinaire, par l'effet de l'habitude, mais plusieurs expériences le rendent évident. Nous n'en citerons qu'une : Si on regarde le cheveu d'une lunette astronomique, en l'éclairant avec de la lumière rouge, on s'aperçoit que pour le voir avec un autre rayon du spectre (avec une autre couleur), il faut changer la place de l'oculaire ; donc l'œil adapté pour voir avec la lumière rouge ne l'est plus exactement pour voir avec les autres rayons du spectre.

Enfin, une certaine *irrégularité* dans les courbures des surfaces des milieux de l'œil constitue ce qu'on nomme l'*astigmatisme* (ou *aberration monochromatique*). L'*astigmatisme* est une irrégularité de la réfraction de l'œil si fréquente qu'on peut regarder ses faibles degrés comme existant

chez la majorité des individus ; mais d'ordinaire son existence ne trouble pas la vision au point d'attirer l'attention du sujet. L'*astigmatisme* consiste en ce que la courbure des surfaces de séparation des milieux de l'œil (et surtout la courbure de la surface antérieure de la cornée) varie plus ou moins sensiblement d'un méridien à l'autre. Supposons par la pensée une cornée parfaitement normale, séparée en deux moitiés suivant son axe vertical, les fragments conservant leur position primitive, la surface de section présentera une courbure d'un rayon déterminé ; supposons cette même cornée divisée suivant son axe transversal : alors la surface de section présentera une courbure identique (œil normal, non astigmatique), c'est-à-dire que ces deux sections appartiendront à une même circonférence du même rayon. Au contraire, dans un œil astigmatique (et presque tous les yeux le sont), le rayon de l'une sera plus court que le rayon de l'autre ; en un mot, les deux courbures seront inégales. Il est aisé de comprendre que cet écart, s'il vient à être suffisamment prononcé, troublera la marche des rayons lumineux au moment où ils pénètrent dans l'œil. En effet, si nous admettons que l'une des circonférences a un rayon notablement plus court que l'autre, nous concluons implicitement que l'œil est myope dans le premier sens, tandis qu'il peut l'être beaucoup moins, pas du tout, et qu'il peut même être hypermétrope dans l'autre sens. Il est facile de comprendre qu'il suffit, pour remédier à ce défaut dans la réfraction de l'œil, de faire traverser aux rayons lumineux une lentille taillée de manière à rétablir l'équilibre entre les méridiens inégaux, de sorte que les rayons lumineux, après avoir subi l'action de cette lentille et celle du milieu cornéen, adoptent une direction semblable à celle que présentent les rayons qui auraient traversé une cornée normale. On se sert pour cela de verres empruntés non plus à des surfaces sphériques, mais à des surfaces cylindriques, et on les dispose de manière que la convergence qu'ils produisent selon un seul plan coïncide précisément au plan du méridien suivant lequel la surface cornéenne de l'œil est moins convexe : c'est ainsi que se trouve corrigé ce défaut dans la convexité.

II. Membranes ou enveloppes de l'œil.

Les enveloppes de l'œil sont, en allant de dehors en dedans, la *sclérotique*, la *choroïde* et la *rétine*. La dernière est la membrane essentiellement douée de sensibilité. Nous avons à étudier les deux premières comme enveloppes protectrices, destinées à maintenir et même à *modifier* les fonctions des parties essentielles de l'œil.

1° SCLÉROTIQUE.

La sclérotique forme comme le squelette de l'œil. C'est la membrane destinée à maintenir la forme du globe oculaire, et à donner insertion aux muscles qui doivent le mouvoir. Fibreuse chez l'homme, cette enveloppe devient successivement cartilagineuse et même osseuse chez les oiseaux et les reptiles.

En avant, cette sclérotique se modifie. De blanche et opaque, elle

devient transparente et incolore, et constitue la *cornée*, que nous avons déjà étudiée. La cornée est plus convexe, appartient à un segment de sphère d'un rayon plus court que la sclérotique, c'est-à-dire que le reste du globe oculaire (fig. 158, p. 579).

2° CHOROÏDE.

La choroïde tapisse exactement la sclérotique, mais, au niveau de la ligne de jonction de la sclérotique et de la cornée, elle se sépare de ces membranes pour entrer dans la chambre antérieure de l'œil et former au-devant du cristallin un diaphragme appelé *iris*. Nous avons donc à étudier la *choroïde proprement dite* et l'*iris*.

A. La *choroïde* proprement dite est essentiellement une membrane *vasculaire*; elle est de plus tapissée à sa face interne par une couche de *cellules pigmentaires* régulièrement hexagonales; enfin elle renferme, surtout en avant, des éléments *musculaires*. De là trois rôles principaux assignés à cette membrane.

1° Comme *organe vasculaire* (nombreuses artères *ciliaires* ou *choroïdiennes*, et réseaux veineux formant les *vasa vorticosa*), elle est destinée à servir d'appareil de caléfaction à la membrane nerveuse (rétine) sous-jacente. Nous avons vu, en effet, que la richesse en réseaux sanguins est la règle générale pour tous les organes qui contiennent de nombreuses terminaisons nerveuses et surtout des appareils des sens spéciaux, comme pour les papilles de la pulpe des doigts, pour la membrane olfactive, la langue, etc.

2° Le pigment de la face interne de la choroïde joue un rôle important dans la vision; la rétine étant transparente, les rayons lumineux arrivent jusque sur le pigment choroïdien, qui se comporte vis-à-vis d'eux d'une manière encore difficile à interpréter. Peut-être cette couche absorbe-t-elle les rayons les plus irritants, et sert-elle de miroir réflecteur pour les autres, qui impressionnent alors les organes terminaux des fibres nerveuses de la rétine; nous verrons, en effet, que les éléments sensitifs de la rétine ont leur extrémité libre tournée vers la choroïde et ne sont sans doute impressionnés que par les rayons que réfléchit cette sorte de miroir (Ch. Rouget). Cette couche pigmentaire n'est pas toujours absolument noire: il y a là de grandes variétés selon les animaux. Chez quelques-uns, comme, par exemple, chez le bœuf, elle présente des reflets métalliques (tapis) qui rappellent parfaitement la surface d'un miroir. Peut-être aussi que cette couche pigmentaire, si foncée et si opaque en d'autres points, est destinée à empêcher, comme le noir mat dont on revêt la face interne de nos chambres obscures, la réverbération irrégulière et en tous sens des rayons lumineux et

à assurer ainsi la netteté de la vue; en effet, les animaux qui manquent de pigment choroïdien (*albinos*) ne supportent qu'avec peine l'action d'une lumière vive (*héliophobes*). Toujours est-il que le pigment choroïdien est accessoirement très utile à la vision, et que si, dans la vieillesse, la face interne de la choroïde tend à se décolorer, cette transformation, quoique secondaire, n'est pas étrangère à l'affaiblissement de la vue à cet âge avancé.

3° Enfin, les éléments *musculaires* de la choroïde (*muscles ciliaires*), développés surtout dans sa partie antérieure et annexés à des prolongements érectiles (*procès ciliaires*) sont destinés surtout à agir sur le cristallin, et à produire les changements de forme que nous avons étudiés à propos de l'adaptation; mais on est loin d'être d'accord sur le mécanisme par lequel l'action musculaire agit sur la lentille (fig. 165). Le muscle ciliaire se compose de fibres longitudinales et de fibres circulaires. Les premières peuvent agir en prenant un point fixe à l'union de la sclérotique et de la cornée (au niveau du canal de Schlemm), pour tirer en avant tout le sac choroïdien, par suite la zone de Zinn (18, fig. 165) dont la tension normale tient le cristallin aplati; la zone de Zinn se relâchant alors, le cristallin devient plus bombé par sa face antérieure, la seule libre; d'autre part, il peut se faire que les fibres circulaires, en se contractant, viennent presser, par l'intermédiaire des procès ciliaires, sur la circonférence du cristallin, qui cède dans ce sens.

Nous voyons donc, en somme, que les contractions de la partie antérieure de la choroïde (muscle ciliaire) ont pour effet de produire l'adaptation. Cette adaptation est involontaire et toute spontanée; elle résulte d'un réflexe; il semble que la rétine ou les organes centraux de la vision, s'apercevant de la confusion de l'image, réagissent sur les muscles ciliaires et en amènent la contraction. Le ganglion ciliaire ou ophthalmique a longtemps été regardé comme le centre de ces réflexes, qu'on semble devoir aujourd'hui rapporter plutôt à la partie céphalique de la moelle (protubérance annulaire et tubercules quadrijumeaux. V. p. 98). Les fibres musculaires de la choroïde sont des fibres lisses: de là une certaine lenteur dans l'accomplissement de l'adaptation. Quant au nerf qui vient innover le muscle choroïdien, ce paraît être la troisième paire crânienne; en effet, Trautvetter a constaté chez les oiseaux que, lors de l'excitation du moteur oculaire commun, l'image cristallinienne antérieure devient plus petite et se rapproche de l'image cornéenne; donc, chez les oiseaux, c'est le nerf de la troisième paire qui préside à l'activité du muscle ciliaire, et il doit en être de même chez l'homme, quoique ce muscle soit strié chez