

faculté de sentir elle-même a éprouvé chez le vieillard une diminution considérable.

Sous le rapport du sexe, on remarque que les femmes ont le toucher plus délicat, la peau plus fine et plus belle. Par l'exercice, ce sens peut arriver à un développement et à un degré de perfection très élevé, comme cela s'observe dans un grand nombre de professions. Un toucher très exercé est indispensable pour un chirurgien et pour un médecin.

Chez l'homme et chez la plupart des animaux, l'exposition du tégument externe aux intempéries de l'air donne à ce tégument plus d'épaisseur et de densité. Le froid, en particulier, diminue sa susceptibilité, son action perspiratoire, et détermine la végétation d'une plus grande quantité de poils à sa surface. Les hommes du Nord sont, pour cette raison, moins sensibles, et, en général plus velus que ceux du Midi.

Enfin il peut se faire que le sens du toucher soit perverti, ou augmenté ou diminué dans sa délicatesse, dans quelques affections morbides. Il faut consulter sur ce point l'intéressant mémoire de notre savant maître, M. Beau. (*Recherches cliniques sur l'anesthésie, suivies de quelques considérations physiologiques sur la sensibilité*; dans les *Archives générales de médecine*, t. XVI, p. 4, 4<sup>e</sup> série, 1848.)

#### Du sens du toucher dans les animaux.

Chez les animaux, ce sens réside encore surtout dans la peau. Ainsi, chez les singes, les quatre extrémités offrent les caractères de la main, quoique avec des imperfections nombreuses. Chez les sapajous, il y a non-seulement les quatre mains, mais encore la queue qui servent d'organes de toucher. Chez les autres mammifères, les poils et l'épiderme trop épais doivent affaiblir ce sens. Cependant on voit quelques animaux trouver dans les poils un organe de perfectionnement très important. Ainsi, les moustaches des rats et des carnassiers sont très délicates pour le toucher. Le vulgaire pense que les chats, dont on a coupé ou brûlé les moustaches, perdent leur odorat. Chez d'autres, on voit les lèvres et le nez servir aux mêmes usages (éléphant, cheval). Mais il y a loin entre ces organes et celui de la chauve-souris qui, avec ses vastes ailes, peut aisément palper l'air, juger de la liberté des passages et de la proximité des obstacles. Dans les oiseaux, la sensibilité tactile est peu développée, parce que leur corps n'offre guère de surface libre et dénuée de plumes qu'aux pattes et au bec où, en effet, le toucher s'exerce presque exclusivement. Beaucoup de reptiles n'ont pas d'organe spécial du toucher; cependant les geckos ont ce sens assez développé. Chez les batraciens, il semble que la peau doit servir à toucher. On ne

connait qu'imparfaitement les organes du tact chez les poissons. D'après Dugès, chez les articulés qui ont une enveloppe cornée ou calcaire élastique et vibratile, le sens du toucher doit offrir un certain degré de développement. Chez les insectes et les arachnides, il existe des poils élastiques, raides et vibrants, dont les usages se rapportent à l'exercice du tact.

Chez les larves d'insectes, dans les annélides, la peau est plus flexible que dans les autres articulés; aussi jouit-elle d'une sensibilité plus vive. La chenille morte offre des poils qui, étant touchés même légèrement, font rouler l'animal sur lui-même. Les organes que l'on désigne sous le nom de *palpes*, *d'antennes*, et qui existent chez la plupart des vertébrés, ne sont nullement conformés pour palper, selon Blainville, c'est-à-dire pour donner une idée de la forme des corps. D'après Dugès, ils servent à l'ingestion des aliments. La peau humide et souple des mollusques se montre aussi sensible que celle des batraciens et des annélides, là où elle n'est pas protégée par une coquille épaisse et tout à fait inorganique. Indépendamment de ce tact général, il y a sans doute exploration tactile chez tous ceux de ces animaux qui portent des expansions particulières de la peau, du corps, de la tête. Nul doute qu'il n'en soit ainsi des longs bras des céphalopodes. Les polypes et les hydres, les actinies, les holothuries ont aussi des appendices de ce genre. Enfin, quelques-uns de ces animaux ont la peau nue, mince et le corps généralement sensible; mais on comprend qu'il y a loin des impressions qu'ils peuvent ressentir à celles qui sont procurées par un véritable organe de sens du toucher.

## CHAPITRE II.

### FONCTION DE LA VISION.

*Définition.* — Le sens de la vue est celui qui nous permet de percevoir les objets qui nous environnent.

Si nous apercevons les corps, si nous connaissons leur volume, leur couleur, leurs mouvements, quoiqu'ils soient éloignés de nous, il faut qu'il y ait entre ces corps et nous un agent intermédiaire. Cet agent n'est autre que la lumière dont l'étude est faite par les physiciens et auxquels nous renvoyons le lecteur.

L'appareil de la vision, comme tous les appareils des sens, présente trois parties bien distinctes : 1<sup>o</sup> un appareil pour l'impression; 2<sup>o</sup> un appareil pour la transmission, et enfin, 3<sup>o</sup> un appareil pour la perception.

## SECTION I.

## De l'impression de la lumière.

Diverses conditions étaient nécessaires pour que la lumière arrivât au contact de la rétine. Des parties de l'appareil de la vision sont destinées à cette impression, d'autres ont pour usage de préparer et de faciliter cette impression.

## A. — Trajet des rayons lumineux dans les milieux de l'œil.

Avant de rencontrer la rétine les rayons lumineux traversent successivement la cornée, la chambre antérieure, la pupille, le cristallin et ses capsules, et enfin le corps vitré. Comment s'accomplit ce passage, quelles sont les modifications physiques que subissent les rayons en traversant les milieux de l'œil ?

La lumière passant de l'air dans la cornée est puissamment réfractée à cause de la différence de densité des deux milieux. Le rayon lumineux se rapproche de l'axe antéro-postérieur de l'œil.

Quelques rayons sont arrêtés et réfléchis ; d'autres rayons, ayant reçu un degré suffisant de convergence, pénètrent dans la pupille et arrivent sur la face antérieure du cristallin où ils sont de nouveau réfractés. Quelle est la part des diverses parties de l'œil dans cet acte de convergence ?

*Des orbites.* — Chez l'homme, la cavité orbitaire représente une pyramide à quatre pans, ayant sa base vers la face et son sommet en arrière. Sa base est obliquement dirigée d'avant en arrière et de dedans en dehors ; d'où il résulte que la paroi externe de l'orbite a une longueur moindre que la paroi interne. Cela augmente la grandeur du champ visuel. Cette paroi externe offre une solidité très grande, tandis que celle de l'interne est très faible.

*Sourcils.* — Ils n'existent pas seulement chez l'homme, mais on les trouve encore chez les singes ; les autres vertébrés n'en ont pas ou bien ils n'en présentent que des vestiges.

Chez l'homme, les sourcils offrent une série de poils qui sont dirigés en haut et en dehors. La couleur et le nombre de ces poils varient suivant les individus et suivant les peuples. Les peuples du Midi ont généralement des sourcils plus épais et plus colorés. Les sourcils abritent l'œil contre les agents extérieurs ; ils retiennent en grande partie les corpuscules qui voltigent sans cesse dans

l'atmosphère, et qui, portés par les courants d'air jusqu'à l'œil, pourraient entraver la vision. Ils servent aussi à absorber la sueur du front que la force de la pesanteur tendrait à faire arriver jusque sur la conjonctive. Enfin, les poils des sourcils recevant en grande partie les rayons lumineux qui tombent dans l'œil lorsque ces rayons viennent d'en haut, atténuent l'intensité d'une lumière trop vive.

*Des paupières.* — La peau des paupières offre une grande finesse, et le tissu cellulaire qui la double est d'une grande laxité, circonstance favorable à la rapidité de leurs mouvements. Les cartilages tarse qu'elles ont dans leur épaisseur sont propres à l'homme, et ont pour usage d'empêcher l'enroulement sur elle-même de la peau des paupières, et déterminent en grande partie la direction de la fente palpébrale. Ils renferment dans leur épaisseur un appareil glandulaire, formé de follicules agrégés et connu sous le nom de *glandes de Meibomius*.

Les paupières exécutent des mouvements de deux ordres : 1° mouvement d'occlusion ; 2° mouvements de dilatation.

Les mouvements d'occlusion présentent une foule de degrés, depuis celui qui est presque insensible jusqu'à l'oblitération complète. C'est le muscle orbiculaire qui préside à ce mouvement. Le mouvement de dilatation est opéré par le releveur de la paupière supérieure. Il faut aussi tenir compte de la cessation d'action de l'orbiculaire qui entraîne un léger mouvement en bas de la paupière inférieure. Il y en a qui pensent que la paupière inférieure concourt à cette dilatation lorsque le globe oculaire se porte en bas, et l'expliquent par la pression que le globe exerce sur cette paupière.

D'après Bichat, l'occlusion de l'œil ne s'opère pas de la même manière pendant la veille et le sommeil. Dans le premier cas, le rapprochement des paupières est actif ; dans le second, il est passif.

Les paupières exécutent encore des mouvements semi-volontaires désignés sous le nom de *clignement*. Le clignement est un phénomène assez complexe ; il exige d'abord le relâchement du muscle élévateur de la paupière supérieure, puis la contraction du muscle orbiculaire des paupières, enfin la contraction de l'élévateur. Ces trois actions se succèdent avec une grande rapidité ; elles exigent la sensation connue sous le nom de *besoin de cligner*. Cette sensation, qui a pour point de départ la conjonctive, réclame l'intervention des filets du trijumeau, comme le prouve la section intra-crânienne de ce nerf. La participation du nerf facial est démontrée par l'aspect des paupières chez les individus atteints de paralysie faciale. Dans les cas de ce genre, on observe un écar-

tement constant des paupières ; l'élevateur de la paupière supérieure reste contracté sous l'influence du moteur commun. Trois nerfs, le facial, le moteur commun, le trijumeau, doivent donc concourir à l'accomplissement d'un acte aussi rapide que la pensée.

Tous ces mouvements étaient nécessaires pour soustraire les yeux à l'action incessante de la lumière. Comme tous les autres sens, celui de la vue se fatigue sous l'impression continuelle du même excitant, et l'on peut se faire une idée de l'importance du rôle des paupières, sous ce rapport, en ayant égard aux résultats de l'ablation de ces organes, ou bien encore aux effets de la paralysie du nerf facial ; dans ces différents cas, on observe généralement une inflammation aiguë ou chronique de la conjonctive ou de l'œil même. C'est également en s'abaissant au-devant du globe oculaire que les paupières le mettent à l'abri du contact des corps extérieurs. Enfin, les paupières étendent les larmes à la surface de la conjonctive.

Quant aux *cils* qui garnissent les bords des paupières, leur disposition est telle qu'ils se regardent par leur convexité, et que, lors du rapprochement des paupières, ils s'imbriquent les uns dans les autres sans se mêler. S'il fallait donner une preuve de leur utilité, on n'aurait qu'à invoquer l'exemple d'individus qui, les ayant perdus, sont atteints d'inflammation chronique. Les cils servent, en effet, à éloigner de la surface de l'œil les corpuscules qui pourraient blesser cet organe délicat ; comme les sourcils, ils diminuent l'intensité d'une lumière trop grande. Lorsqu'ils sont humides, les petites gouttelettes déposées à leur surface décomposent la lumière à la manière d'un prisme, et le point d'où vient la lumière paraît irisé.

Le nombre des paupières varie dans les différentes espèces ; en général, elles sont au nombre de trois : dans ce cas, il y en a deux de transversales et la troisième est verticale. On désigne cette dernière sous le nom de *membrane clignotante*. Cette dernière est à l'état de vestige chez l'homme et représentée par la *caroncule lacrymale*, qui offre quelquefois des cils à sa surface. Chez les poissons, il n'existe pas à proprement parler de paupières, la poissonnule fait seule exception. Mais chez tous les animaux de cette classe, la peau devenue transparente passe au-devant du globe oculaire. Dans les reptiles, cette dernière disposition se rencontre souvent. Chez les oiseaux, il existe manifestement trois paupières, et la paupière verticale peut à elle seule couvrir tout le globe oculaire.

*Sclérotique*.—Cette membrane fibreuse joue un grand rôle dans la vision en favorisant l'impression de la lumière. Imaginez à sa

place une membrane molle, flexible et les conditions optiques de l'œil deviendront impossibles. Aussi, en donnant à l'œil une certaine résistance, elle maintient la rétine dans une tension suffisante, tout en la protégeant efficacement.

*Muscles de l'œil*. — En portant l'œil dans toutes les directions, ces muscles dont nous avons dit les usages (voir t. I, p. 253), favorisent puissamment l'impression lumineuse ; par eux, nous allons pour ainsi dire à la recherche de la lumière ; par eux, nous plaçons la rétine dans des conditions nécessaires pour la formation nette des images.

Il y a un caractère qui rapproche le sens de la vue de celui du toucher : c'est que, comme ce dernier, le sens de la vue va au-devant des objets et cela au moyen de mouvements très nombreux et d'une précision extrême. Le centre du globe oculaire est immobile, et tous les mouvements de cet organe ont pour axe l'un ou l'autre de ses diamètres. On peut rapporter ces mouvements à trois directions principales : l'élévation et l'abaissement dus à la rotation de l'œil autour de son diamètre transversal ; l'adduction et l'abduction, qui se font autour du diamètre vertical ; enfin les rotations en dedans et en dehors, qui se font sur l'axe antéro-postérieur. Six muscles groupés deux par deux président à ces trois ordres de mouvements, et leurs rapports avec les organes voisins expliquent pourquoi certains de ces organes se meuvent en même temps qu'eux : ainsi la paupière inférieure, qui n'a pas de muscle spécial, suit les mouvements du droit inférieur.

Tous ces mouvements du globe oculaire n'ont entre eux aucun antagonisme, ils sont complètement indépendants les uns des autres ; mais ils peuvent s'associer et se combiner de mille manières, soit pour diriger l'œil de différents côtés, la tête étant dans une position fixe, soit pour arrêter le regard sur un objet quand la tête ou le corps entier est en mouvement. Les mouvements combinés des yeux ont ceci de remarquable, qu'ils sont toujours de même espèce, c'est-à-dire qu'ils s'exécutent dans les deux yeux autour d'un axe de même nom. Ainsi les yeux tournent ensemble, tantôt autour de leur axe transversal ou vertical, tantôt autour de leur axe antéro-postérieur. Mais cette rotation peut se faire dans le même sens ou en sens inverse. Dans l'élévation ou l'abaissement, les deux yeux marchent ensemble avec une parfaite régularité. Lorsque nous portons la vue à droite ou à gauche, le mouvement est contrarié, car nous contractons l'abducteur d'un côté et l'abducteur de l'autre ; si l'on veut regarder un objet rapproché, les deux abducteurs se contractent ensemble pour porter la pupille en

dedans. Il y a aussi un mouvement contrarié entre les deux obliques d'un côté et ceux de l'autre; toujours l'oblique supérieur d'un côté se contracte avec l'oblique inférieur de l'autre.

*Cornée et humeur aqueuse.* — La cornée et l'humeur aqueuse ont un indice de réfraction identique, aussi leur usage est le même. Ces deux parties de l'œil vont rendre plus convergents les rayons lumineux qui arrivent à leur surface de tous les points de l'horizon. On s'explique facilement cette convergence des rayons lumineux, si l'on veut se rappeler cette loi démontrée en physique, que lorsque des rayons lumineux passent obliquement d'un milieu dans un autre qui est plus dense, ces rayons se rapprochent de la perpendiculaire élevée au point d'incidence.

Les rayons ainsi réfractés par la cornée se rapprochent de l'axe antéro-postérieur de l'œil, l'humeur aqueuse ne modifie plus cette marche, en vertu de ce principe que les milieux sont également denses et que leur indice de réfraction est le même.

Il faut reconnaître que cette réfraction est peu considérable; aussi tous les rayons ne sont pas disposés pour traverser le centre de l'iris, c'est-à-dire l'ouverture pupillaire. Voyons comment cette membrane peut les modifier.

*Iris.* — L'iris est un diaphragme membraneux percé à son centre d'une ouverture appelée *pupille*. Cette membrane joue un très grand rôle dans l'impression visuelle; elle est destinée, en agrandissant ou diminuant l'ouverture pupillaire, à laisser pénétrer plus ou moins de lumière. L'iris sert à graduer la quantité de lumière qui arrive sur la rétine. En effet, quand on examine des objets très éclairés, la pupille se rétrécit, et si, au contraire, on regarde des objets obscurs, la pupille se dilate.

L'iris modère encore l'abord des rayons lumineux en écartant ceux qui ne sont point suffisamment réfractés. En effet, tous les rayons lumineux qui ne sont pas assez voisins de l'axe antéro-postérieur de l'œil rencontrent cette membrane qui les réfléchit et les renvoie au-dehors; de sorte que les rayons centraux seuls passent au delà. Ce sont ceux-là que nous allons suivre, mais avant disons comment l'iris peut remplir ce double usage. L'iris peut se dilater et se rétrécir: cette propriété lui est donnée par la disposition de fibres musculaires de la vie organique dont l'existence n'offre pas le moindre doute. Il y a des fibres longitudinales qui président à la dilatation; les fibres circulaires occupant le bord pupillaire, sont destinées à rétrécir cet orifice. C'est là un véritable sphincter.

Quant à la propriété que possède l'iris de réfléchir les rayons

lumineux périphériques, elle est due à la présence de l'uvée ou membrane pigmentaire qui est située à sa face postérieure.

*Cristallin.* — Le cristallin a pour usage d'augmenter encore la convergence des rayons lumineux. Ce fait n'a pas lieu de nous surprendre si nous nous rappelons: 1° le passage des rayons lumineux à travers une lentille biconvexe, et 2° les lois de réfraction.

Quand les rayons arrivent à la partie postérieure du cristallin, ils rencontrent une surface qui est plus convexe que la face antérieure de la lentille cristalline où leur réfraction augmente, et le foyer principal est rapproché de cette surface.

*Corps vitré.* — L'indice de réfraction du corps vitré est moindre que celui du cristallin, la convergence des rayons lumineux est encore augmentée; car les rayons s'écartent alors de la normale du point d'émergence.

*Choroïde.* — La surface interne de la choroïde présente une couche de pigment qui se trouve située en arrière de la rétine. Cette couche pigmentaire joue dans l'œil le même rôle que l'enduit noir dont nous revêtons nos instruments d'optique. La lumière qui pénètre dans l'œil n'est perçue qu'autant que les rayons qui ont excité la rétine sont annulés. Si ces rayons, après avoir traversé la rétine qui est transparente, eussent rencontré une membrane qui les eût réfléchis, ils auraient de nouveau excité la rétine et auraient jeté une grande confusion dans les phénomènes de la vision.

*Rétine.* — La rétine reçoit les impressions de la lumière, c'est sur elle que se forment les images des objets qui nous environnent. Les expériences de Magendie prouvent ce fait d'une manière directe. Les observations pathologiques nous démontrent d'un autre côté que, si la membrane rétinienne est affectée, la vue est abolie, et si les autres membranes oculaires sont malades, la vue persiste.

Cependant Mariotte et Lecat ont contesté ce rôle à la rétine, et ont voulu que la choroïde fût chargée de recevoir les impressions lumineuses. Mariotte invoquait l'expérience suivante à l'appui de son opinion: Il traçait à la même hauteur, et à une distance de 45 centimètres, deux cercles blancs de 3 centimètres de rayon sur un tableau noir; il se plaçait ensuite en face du tableau, et, fermant l'œil gauche, il fixait le cercle du côté gauche avec l'œil droit; il voyait ainsi, non-seulement le cercle fixé, mais encore celui qui est placé à côté; mais s'il s'éloignait peu à peu du tableau, il arrivait un moment où il n'avait plus que la sensation d'un seul cercle, le cercle du côté gauche, sur lequel l'œil est fixé; le cercle droit avait disparu. Or, le point où il ne voyait plus qu'une seule

image était précisément celui qui correspond à la projection des rayons de l'objet qui a disparu sur la partie de la rétine qui donne insertion au nerf optique. Ce qui le prouve, c'est qu'en s'éloignant de nouveau, la vision des deux cercles revenait à mesure que le foyer des images changeait de place sur la rétine. On a donné à ce point le nom de *punctum cæcum*. Comme dans ce point la choroïde n'existe pas, on s'expliquait ainsi le défaut d'impression. On disait encore que la rétine étant transparente, les rayons lumineux arrivaient sur la choroïde.

Mais on peut objecter que l'insensibilité spéciale de la rétine dans le *punctum cæcum* est loin d'être absolue. En effet, si les objets placés sur le fond noir sont très éclairés, il n'est plus possible de réussir l'expérience de Mariotte.

Si l'on veut se rappeler le rôle du pigment, on comprendra facilement pourquoi le *punctum cæcum* est moins sensible. Là, en effet, la choroïde n'existe pas, il n'y a donc pas de pigment, les rayons lumineux sont réfléchis par la membrane placée derrière la rétine : de la confusion dans l'impression visuelle.

Nous ne nous arrêterons pas à montrer par quelles lois physiques les objets viennent se peindre dans le fond de l'œil à la surface de la rétine. Il nous suffit de rappeler les lois des miroirs concaves et la loi du renversement des objets.

#### *Renversement de l'image dans l'œil. — Centre optique.*

Pour comprendre pourquoi les images sont renversées au fond de l'œil, il est nécessaire de dire ce qu'on entend par *centre optique*. C'est le point de l'axe antéro-postérieur de l'œil, où s'entrecroisent tous les cônes lumineux qui traversent les milieux de l'œil. Or, le centre optique se trouve situé dans le cristallin, en un point voisin de sa face postérieure; c'est donc dans ce point que les rayons s'entrecroisent. De cet entrecroisement résulte que les rayons inférieurs vont se peindre en haut de la rétine et les supérieurs en bas, ceux de gauche à droite, et *vice versa*. Ainsi s'explique l'image renversée. On peut d'ailleurs voir ce renversement par une expérience directe. Si devant un œil auquel on a enlevé la sclérotique en arrière, on place un objet fortement éclairé, et si l'on examine la face postérieure de l'œil, on constate directement la formation de l'image dans une position renversée.

#### *Grandeur de l'image dans l'œil. — Angle visuel.*

Si l'œil était réduit à un point, les lignes droites menées des

extrémités d'un objet à ce point formeraient un angle qui permettrait d'estimer la grandeur de cet objet, et l'on aurait ainsi très facilement la détermination de l'angle visuel. Mais pour l'œil, il n'en est point ainsi, et il faut chercher la définition de l'angle visuel dans les relations que présentent entre eux les axes des rayons émanés des différents points d'un corps lumineux.

Imaginons un objet placé devant l'œil: si des extrémités de cet objet nous menons deux droites passant par le centre optique, ces droites s'entrecroiseront et iront rencontrer la rétine en divergeant, c'est-à-dire en formant un angle qu'on appelle *angle visuel*, dont le sommet est au centre optique et la base à la surface de la rétine. Cette base représentera la grandeur apparente de l'objet. Ainsi la grandeur des images sur la rétine est en rapport avec la grandeur de l'angle visuel.

#### *De la vision distincte. — Presbytie. — Myopie. — Optomètres. — Lunettes.*

En regardant une ligne noire très ténue, tracée sur une feuille de papier blanc, il arrivera un moment où la perception sera aussi parfaite que possible. Dès que ce point sera atteint, on dit que l'objet est situé à la distance de la vision distincte. Cette distance est en moyenne de 0<sup>m</sup>,25. Il est des individus chez lesquels la vue distincte dépasse d'une quantité notable 0<sup>m</sup>,25. Si les détails d'un objet de peu d'étendue ne sont saisis avec netteté que lorsqu'on le porte à 0<sup>m</sup>,50 ou 0<sup>m</sup>,70 de l'œil d'un tel observateur, sa vue cesse d'être normale, et l'on dit qu'il est atteint de *presbytie* ou *presbyopie*. On trouve, au contraire, des personnes chez lesquelles cette distance est beaucoup moindre que 0<sup>m</sup>,25. Cette portée peut être de 0<sup>m</sup>,15 et même de 0<sup>m</sup>,1. C'est ce qu'on appelle *myopie*.

Quelles sont les causes de ces imperfections? On pense que la presbytie a son origine dans le défaut des courbures des surfaces qui terminent les milieux réfringents de l'œil. La cornée imprimant la plus grande déviation aux rayons qui arrivent à l'œil, c'est ordinairement à son aplatissement qu'on attribue ce phénomène, mais la forme du cristallin peut avoir la même influence. Cette opinion est justifiée par ce que l'on voit chez les vieillards: il est, en effet, très fréquent de voir des hommes doués d'une vue normale dans leur jeunesse devenir de plus en plus presbytes à mesure qu'ils avancent en âge. Cela tient à ce que l'œil subit un commencement d'atrophie. On conçoit qu'indépendamment de toute autre cause, la réaction des humeurs sur l'enveloppe extérieure, en diminuant, produise un aplatissement de la cornée qui suffit pour donner à

l'œil le défaut que nous étudions. Si l'œil du presbyte ne présente pas des troubles du côté de la sensibilité, la vision est très nette. Le raisonnement rend bien compte de ce fait. On a déjà vu que les efforts d'adaptation ont leur maximum pour la perception des objets visibles les plus rapprochés ; qu'ils vont en décroissant à mesure que la distance augmente ; qu'ils sont nuls pour un foyer situé à l'infini. Pour voir un corps lumineux situé à une faible distance, le presbyte devra exercer toute son énergie d'adaptation, car il s'agira d'imprimer à des rayons trop divergents un degré de convergence suffisant pour que le foyer soit situé sur la rétine. Mais, à partir de ce point, les objets qui s'éloignent seront de plus en plus facilement perceptibles, puisque la condition de leur visibilité résidera dans la diminution successive d'un état actif de l'œil.

La *myopie* tient à une cause inverse de la précédente. Ici la courbure de la cornée et du cristallin est trop grande. La convergence imprimée aux rayons pénétrant dans l'œil est telle que ceux qui, avant d'y arriver, ont une faible divergence, reçoivent une déviation en vertu de laquelle leur foyer se trouve en avant de la vitrine. Ils divergent à partir du lieu d'entrecroisement, et l'image qui est au fond de l'œil est nébuleuse à cause de la superposition des cercles de diffusion.

On comprend dès lors comment la distance de la vue distincte se trouve diminuée. En effet, plus l'objet se rapprochera de l'œil, plus les rayons émanés de chacun de ces points seront divergents ; leur foyer s'éloignera de la face postérieure du cristallin, et la vision sera nette quand le sommet des cônes réfractés sera sur la rétine. La vision des objets éloignés ne résultant pas d'un effort d'adaptation, mais d'un relâchement général, d'une sorte d'inertie de l'appareil optique, le myope ne pourra pas réagir contre la trop grande puissance de son organe, et les objets placés à une trop grande distance, envoyant des rayons peu divergents, formeront successivement leur foyer en avant de la rétine et ne pourront être perçus avec netteté.

La myopie tient en général à une disproportion des éléments organiques de l'œil ; elle peut néanmoins dépendre de certaines circonstances accidentelles. On prétend que les enfants qui lisent ou écrivent en regardant de très près deviennent souvent myopes ; cette induction paraît peu rigoureuse, et l'on a pris la cause pour l'effet. On attribue aussi le même effet à l'usage du microscope. Ce défaut de la vue appartient à la jeunesse et tend à se corriger à mesure qu'on avance en âge.

*Des optomètres.* — Voici comment on fait pour mesurer la distance de la vue distincte. On se sert d'une règle de bois bien

dressée, longue de 80 centimètres environ, large de 5 centimètres ; elle est recouverte de velours noir et couchée horizontalement. Sur le milieu de cette règle est tendu parallèlement à sa longueur un fil de soie blanche ; à une distance de 2 ou 3 millimètres de ce fil et sur l'un de ses côtés, se trouve une tringle de bois graduée avec soin sur laquelle deux curseurs peuvent mouvoir. A l'une des extrémités de la règle et perpendiculairement à la direction du fil de soie, est une lame métallique noircie dans laquelle, à 3 centimètres environ de la règle, existent deux petits trous circulaires sur une même ligne horizontale, assez rapprochés l'un de l'autre pour que leur distance soit plus petite que le diamètre de la pupille ; ces trous doivent être également éloignés l'un à droite, l'autre à gauche du plan qui passerait par le fil de soie et la verticale élevée en l'un de ses points.

Pour faire usage d'un optomètre ainsi construit, on place l'un des yeux vis-à-vis les deux trous et à une distance aussi petite que possible de la plaque, de manière à voir le fil de soie tendu sur la règle. Dans l'œil d'un observateur doué d'une bonne vue ce fil apparaît sous la forme de deux lignes blanches, dont le maximum d'écartement se trouve à la partie la plus rapprochée de l'œil et qui vont en convergeant l'une vers l'autre jusqu'à ce qu'elles se confondent. A partir de ce point on ne les voit plus se disjoindre, et la sensation est unique. Si l'on fait marcher le curseur jusqu'au sommet de l'angle que forment entre elles les deux lignes, le nombre de millimètres qui le sépare du 0 degré de la tringle graduée exprime précisément la distance de la vue distincte.

Pour concevoir l'apparence que prend le fil de soie dans cette expérience, il suffit de se rappeler qu'un point placé en avant de l'œil, en deçà de la limite de la vue distincte, et ayant son foyer plus loin que la rétine, peint sur cette membrane un cercle d'une étendue appréciable. Si, comme on le fait au moyen des deux trous de l'optomètre, on vient à arrêter une partie des rayons qui contribuent à la formation de ce cercle, les deux petits pinceaux lumineux qui arrivent à la rétine conservent leur direction respective et se peignent sur les éléments différents de cet écran. En faisant un raisonnement semblable pour chacun des points d'une ligne lumineuse disposée comme le fil de soie de l'optomètre, on concevra la perception des deux lignes et leur écartement de moins en moins sensible.

Le lieu de l'intersection est évidemment celui qui correspond au point lumineux qui a son foyer exactement sur la rétine ; pour un tel point la netteté de l'image est conservée, malgré la diminution de l'intensité lumineuse.

Pour une bonne vue, et dans le cas de presbyopie, tous les points du fil situés au delà de celui qui est placé à la limite de la vue distincte ne donnent qu'une image ; c'est-à-dire qu'à partir du sommet de l'angle, les lignes se confondent de manière à n'en former qu'une seule. Si c'est un myope qui fait l'expérience, il en sera tout différemment : les lignes se confondront d'abord en une seule, comme dans les cas précédents ; à partir de ce point, la ligne paraîtra simple dans une portion de sa longueur ; puis elle commencera à diverger de nouveau d'une manière continue. Cette expérience démontre combien sont resserrées les limites de la vision nette chez le myope.

*Des lunettes.* — Dans le cas de presbytie, les yeux ne suffisent pas pour donner la convergence nécessaire aux rayons divergents qui émanent des objets rapprochés, on a placé, en avant de ces organes, des lentilles biconvexes dont les courbures sont telles que le foyer des objets placés à la distance de la vue distincte normale se trouve précisément sur la rétine. Cette courbure est plus ou moins grande suivant le degré de presbyopie, mais on ne peut arriver au choix des verres convenables que par des essais successifs.

La myopie tenant à un défaut inverse, on emploie des lentilles biconcaves pour la guérir.

Mais les lunettes vulgairement usitées présentent un inconvénient dû à l'aberration de courbure de leurs surfaces : les objets peu éloignés de l'axe visuel sont vus avec une netteté suffisante, tandis que ceux qui n'arrivent à l'œil qu'en traversant les bords de la lentille sont vus en confusion. Pour obvier à cela, Wollaston en a fait construire d'autres qu'il appelle *périscopiques*. Ce sont des lentilles dont la surface dirigée vers l'œil est concave et dont la surface tournée vers l'objet visible est convexe. Pour les presbytes, le rayon de concavité l'emporte sur celui de convexité ; pour les myopes c'est l'inverse.

*Chromatie et achromatie de l'œil.* — On sait qu'en physique il existe des lentilles appelées *achromatiques*, qui ont pour but de ramener à la convergence un rayon lumineux qui avait été séparé par un prisme. L'œil possède-t-il une pareille propriété ? en d'autres termes, est-il achromatique ? Nous ne le pensons point : ainsi Arago a fait une expérience qui confirme cette opinion. Elle consiste à regarder une étoile brillante à travers un prisme tenu horizontalement, de manière que son arête soit en haut. Si l'œil était achromatique, l'étoile donnerait la sensation d'un spectre linéaire dans lequel le violet serait en haut et le rouge en bas. Or il n'en est pas ainsi, car si l'on fixe le violet, il apparaît comme un point, mais le spectre va se dilatant en une sorte de triangle jusqu'à la

partie rouge. si l'on regarde le rouge, on a la sensation d'un point et tout le reste du spectre se dilate jusqu'au violet ; enfin, quand on regarde la teinte moyenne, le vert, les deux extrémités s'étendent comme précédemment. Cette expérience prouve donc que l'œil n'est pas achromatique, puisque les diverses couleurs ne se trouvent pas en même temps au foyer.

Cependant, si l'œil n'a pas un achromatisme absolu, il faut croire qu'il y a dans toutes ses parties une disposition suffisante pour remédier au défaut d'achromatisme dans les conditions ordinaires de la vision. Toutes les fois que nous fixons les objets qui nous environnent, en adaptant l'œil d'une manière convenable, on aperçoit une image dont les bords ne sont pas irisés. Si, au contraire, regardant un objet on emploie une adaptation pour un point imaginaire, en avant ou en arrière de lui, l'image est moins nette et les phénomènes chromatiques se manifestent.

*Netteté de l'impression visuelle. — Aberration de sphéricité.*

Dans les lentilles, il existe une imperfection dans la netteté de l'image, résultant de ce que tous les cônes lumineux qui les traversent ne concourent point dans un même foyer. On appelle ce défaut *aberration de sphéricité*. On remédie à ce défaut jusqu'à un certain point, dans les instruments d'optique, en plaçant au-devant des lentilles des diaphragmes opaques percés d'un trou. Ces diaphragmes suppriment les rayons marginaux, et ne laissent pénétrer dans la lentille que les rayons centraux. Par ce moyen, on donne plus de netteté à l'image, mais il est aisé de voir qu'on diminue son éclat.

On avait d'abord cru que l'iris était destiné à remplir le même usage dans l'œil : mais il est bien reconnu aujourd'hui que le cristallin n'est pas une lentille, et qu'il a la propriété de faire converger tous les rayons sous un même foyer quel que soit le point qu'ils aient traversé. De cette manière, la netteté et l'éclat de l'image ne sont point compromises. Il faut donc chercher la netteté et la clarté des images dans d'autres conditions qui sont au nombre de trois.

La *première condition* dépend de ce que la rétine se trouve exactement à la distance focale de l'image. A elle se rattache le plus ou moins de portée de la vue distincte.

La *seconde condition* de la netteté de la vue est une quantité suffisante de lumière. L'excès et le défaut de lumière rendent également tous deux l'image confuse.

La *troisième condition* dépend des particules de la rétine qui

sont susceptibles de percevoir isolément les unes des autres, comme si elles étaient séparées dans l'espace. Nous en avons un exemple dans les corps qui présentent des lignes très fines, alternativement blanches et noires. Quand on regarde une gravure d'une distance telle que les images des traits blancs et noirs tombent à la fois sur des parcelles de la rétine d'une certaine grandeur, on ne peut pas distinguer les limites de ces lignes et l'on n'a qu'une impression mixte de gris. La même chose arrive pour les lignes très fines, diversement colorées et dont les teintes alternent ensemble : si elles sont bleues et jaunes, par exemple, elles font naître l'impression mixte du vert. C'est cette cause enfin qui fait que tous les mélanges de deux couleurs différentes ne nous apparaissent pas comme un mélange, mais comme teinte intermédiaire homogène.

De là résulte donc qu'il y a dans la rétine des *minima* qui confondent en une seule toutes les impressions reçues par eux et ne peuvent plus les distinguer les unes des autres, quoiqu'elles soient réellement distinctes dans l'image. On peut donc présumer que des rayons différents qui tombent à côté les uns des autres sur ces minima de la membrane nerveuse ne sont plus sentis distincts, et que chaque papille n'obtient et ne transmet qu'une seule impression moyenne des influences qui l'affectent en même temps. De cette manière l'image ressemblerait à une mosaïque, dont chaque élément serait homogène en lui-même ; or les plus petites parcelles de la rétine coïncident assez bien avec les plus petits points sensibles de cette membrane. L'angle le moins ouvert sous lequel nous puissions distinguer deux points, est de 40 secondes. Smith a calculé, d'après cela, que le petit point sensible de la rétine avait  $1/8000^e$  de pouce. D'après les recherches de Treviranus, le diamètre transversal des papilles de cette membrane est de  $0^m,0038$  dans le lapin, et de  $0^m,002$  à  $0^m,004$  dans les oiseaux. Or ces  $0^m,003$  millimètres =  $0,00014$  pouce anglais, et  $0^m,004$  millimètres =  $0,00015$  pouce. Donc en évaluant le diamètre moyen des papilles de la rétine entre  $0^m,003$  et  $0^m,004$ , c'est-à-dire, à peu près entre  $1/6000^e$  et  $1/10000^e$  de pouce, la plus petite partie sensible de cette membrane correspondrait très exactement à sa plus petite partie matérielle. Les mesures que L.-H. Weber avait déjà données de globules de la rétine, en les portant de  $1/8000^e$  à  $1/8400^e$  de pouce, s'accordent parfaitement aussi avec ces appréciations.

Cependant il n'y a plus de correspondance, lorsqu'on prend d'autres déterminations pour point de départ, et Volkmann croit très probable que la faculté de distinguer avec la rétine a plus de portée qu'elle n'en aurait si les fibres nerveuses étaient les der-

niers éléments. Munke admet que le plus petit angle visuel est de 30 secondes. Treviranus distinguait jusqu'à une distance de 48 lignes un point noir de  $0,00753$  ligne de diamètre sur un fond blanc, et Volkmann calcule d'après cela que le diamètre de la plus petite image sur la rétine est de  $0,000060$  ligne. Cette évaluation est trop forte encore, car un œil médiocre distingue, à la distance de 30 lignes, un cheveu qui n'a que  $0,002$  ligne de diamètre, ce qui donnerait une image sur la rétine ayant un diamètre de  $0,000023$  ligne. Un élève de Baer pouvait encore apercevoir à une distance de 28 lignes un poil de  $1/60^e$  de ligne, ce qui, selon Volkmann, donnerait une image sur la rétine de  $0,0000014$  ligne de diamètre. De là Volkmann conclut qu'en faisant abstraction du dernier cas, qui est tout à fait extraordinaire, les plus petites images sur la rétine sont inférieures aux moindres éléments de cette membrane dont nous connaissons la masse.

## SECTION II.

## Acte de la transmission de l'impression visuelle.

Quand l'impression de la lumière a eu lieu sur la rétine, il se passe une série de phénomènes qui ont pour but de transmettre à l'encéphale cette impression. Nous savons déjà que le nerf optique seul est chargé de cet acte (voy. t. I, p. 490 et suiv.). Le nerf optique transporte l'image rétinienne jusqu'au voisinage des tubercules quadrijumeaux, et de là jusque aux lobes cérébraux, ainsi que les recherches savantes de M. Gratiolet l'ont prouvé.

## § I. — Conditions et vitesse de cette transmission.

Diverses conditions sont nécessaires pour que cette transmission se produise. Il faut évidemment que le nerf optique soit intact, qu'il n'offre aucune solution de continuité, qu'il ne soit point comprimé ; mais la condition indispensable est celle de la durée de l'impression.

L'œil peut suivre un mouvement rapide ; il est cependant une vitesse, comme celle d'un projectile d'arme à feu, qui n'est pas transmise au centre nerveux ; cependant la rétine est un organe dont la sensibilité est extrêmement prompte. M. Sagot (*Archives génér. de médéc.*, avril 1853, p. 204 et suiv.), s'est attaché à donner la mesure de cette durée.

Supposons un disque circulaire de carton, divisé du centre à la circonférence en un grand nombre de segments égaux, colorés alternativement de deux couleurs ; si ce disque est mis en rotation,