

sur chaque point de l'œil qui le fixe passera successivement la première couleur, puis la seconde ; si le cercle est divisé en 32 segments égaux alternativement colorés en bleu et en jaune, par exemple, et que le disque exécute deux tours de rotation en une seconde, 64 impressions successives auront passé sur le même point de la rétine.

L'expérience nous a fait voir que si un disque semblable tournait une fois en une seconde, on voyait très nettement les couleurs ; chaque impression a duré $1/32^e$.

S'il tourne trois fois, il y a confusion, chaque impression est de $1/96^e$ de seconde. S'il tourne quatre fois la confusion est complète, les deux couleurs se sont combinées en une teinte uniforme, le passage de chaque segment devant le même point de la rétine est de $1/128^e$ de seconde.

Supposons maintenant qu'un corps, une bille de billard, par exemple, passe avec une vitesse déterminée devant l'œil muni d'un écran dont la fente est assez étroite pour que par elle on ne puisse pas embrasser plus de champ de vision (à la distance où passe la bille) que la bille elle-même. Il est évident, si la direction du projectile est perpendiculaire à la direction de la fente de l'écran, qu'en un temps extrêmement court un premier bord paraîtra, puis la bille s'avancera jusqu'à ce qu'elle soit aperçue tout entière, remplissant le champ visuel de la fente, puis elle disparaîtra graduellement, jusqu'à ce que le bord opposé au premier s'efface. La durée du passage : la seconde :: le double diamètre de la bille : au nombre de mètres parcourus par elle dans une seconde.

Nous exécuterons cette expérience en laissant tomber de son poids une bille de billard, de telle manière qu'elle passe à la portée la plus nette de la vue ($0^m,3$ par exemple), devant l'œil couvert de l'écran. Si la bille ne tombe que d'une petite hauteur, la résistance de l'air n'a altéré qu'insensiblement sa vitesse, qui nous est donnée par les formules connues de la chute des corps graves.

En opérant ainsi sur une bille de 5 centimètres de diamètre, nous suivons son passage, nous distinguons nettement son contour lorsqu'elle passe avec une vitesse de $1/2$ mètre par seconde, ce qui donne $1/15^e$ de seconde de sensation. Nous la voyons passer en saisissant sa forme générale, mais sans distinguer nettement le contour lorsqu'elle parcourt 2 mètres. Durée $1/20^e$ de seconde.

SECTION III.

De la perception de l'impression lumineuse.

Cette perception se fait, ainsi que nous l'avons prouvé, dans les

tubercules quadrijumeaux et les lobes cérébraux au moyen d'une communication directe l'élaborent, la raisonnent (voy. t. I, p. 442). De là série de phénomènes intellectuels qui se reproduisent et dont il nous faut parler actuellement.

Le sens de la vue sert à nous faire percevoir les caractères physiques des objets, tels que leur nombre, leur situation, leur volume, leur couleur.

§ I. — Perception du nombre des objets. — Vue simple avec deux yeux.

Pour bien comprendre ce phénomène, il est utile que nous disions auparavant ce que l'on doit entendre par *points identiques* de la rétine.

Si, après s'être placé dans l'obscurité, en tenant les yeux fermés, on comprime avec le doigt un point déterminé de son œil, et par conséquent de sa rétine, on aperçoit un cercle de feu dans le champ visuel ; par des motifs qui ont été expliqués précédemment, le cercle correspondant au point comprimé apparaît sur le côté opposé du champ visuel. Si l'on appuie un doigt sur la partie supérieure de l'un des yeux, et un autre sur la partie inférieure de l'autre œil, on voit deux cercles de feu, l'un supérieur, l'autre inférieur, qui appartiennent, le premier à l'œil comprimé en bas, le second à l'œil comprimé en haut. Ces points des deux yeux ne sont donc pas identiques, puisqu'ils voient leurs affections dans des endroits tout à fait différents. Si l'on comprime le côté externe des deux yeux, il se produit aussi deux figures dont chacune appartient au point comprimé qui lui est opposé. Si l'on comprime le côté interne des deux yeux, il apparaît également deux cercles de feu aux côtés externes du champ visuel ; celui de droite appartient à l'œil gauche, et celui de gauche à l'œil droit. Ce qu'il y a de certain, c'est que ni la partie supérieure d'une rétine et l'inférieure de l'autre, ni les côtés internes ou externes des deux rétines ne sont identiques ensemble.

Au contraire, le côté externe d'un œil et le côté interne de l'autre sont identiques. Il y a aussi identité entre la partie supérieure d'un œil et la partie supérieure de l'autre, entre la partie inférieure de l'un et la partie inférieure de l'autre. On peut s'en convaincre en comprimant avec le doigt ces diverses parties. Alors il ne se produit plus qu'un cercle de feu. On prouve aussi que ce qui se trouve dans des points parfaitement correspondants est encore identique : or les points qui sont dans ce cas sur la rétine sont ceux qui occupent le même méridien, et le même parallèle, en considérant le milieu de la membrane comme pôle, ou ce qui se trouve

dans une même direction, à une même distance du milieu de la rétine.

Faisons l'application de cette notion aux phénomènes de la vision. Si les yeux sont tellement placés par rapport à l'objet radieux que des images semblables du même objet tombent sur des parties identiques des deux rétines, l'objet ne peut être vu que *simple*. Mais, dans d'autres cas, il doit y avoir des images doubles. La position des deux yeux eu égard à l'objet, dans laquelle des points identiques des deux organes reçoivent de lui une image, est celle dans laquelle les axes des deux yeux se rencontrent sur un même point de l'objet, comme il arrive toujours quand on regarde celui-ci. Une ligne ou un plan qui passe par le point de convergence des deux axes oculaires, ou par le point de fixation, avait reçu des anciens le nom d'*horoptre*, et l'on se figurait que les objets situés sur le côté de l'*horoptre* étaient également simples. Une analyse rigoureuse démontre cependant, d'après Mueller, que l'*horoptre* n'est ni une ligne droite, ni un plan, mais qu'il représente une surface circulaire.

La vue simple, par des points identiques des deux rétines, doit avoir sa cause dans l'organisation des parties cérébrales de l'appareil visuel, et dans tous les cas une cause organique, car jamais les nerfs pairs ne rapportent leurs affections à un même lieu.

Il est fort invraisemblable aussi que l'habitude ou l'imagination produisent l'identité des points correspondants des rétines.

On a objecté contre la constante identité des points correspondants des deux rétines, que la vue double a lieu dans le vertige, dans l'ivresse, dans des maladies nerveuses, où l'harmonie des deux yeux ne semble pas troublée. Mais s'il doit se produire des images doubles dès qu'on ne regarde point un objet, ou dès qu'il ne se trouve pas compris dans l'*horoptre*, ce phénomène n'est jamais plus naturel et plus nécessaire que dans les cas cités plus haut.

Il n'est pas vrai non plus, comme l'ont prétendu Treviranus, Steinbach et d'autres, que l'identité des champs visuels soit acquise, et que, si la vue double a lieu au commencement du strabisme, il se produise plus tard, en proportion du déplacement des yeux, une nouvelle identité des rétines différente de la première, qui fait que, malgré le strabisme, la vue simple se trouve rétablie. En effet, des observations faites sur les personnes qui louchent prouvent seulement que l'œil strabique est en général inactif, et qu'alors il n'y a qu'un œil qui fonctionne.

Il faut donc croire que la congruence des points identiques des deux rétines est innée et qu'elle ne change jamais. On peut com-

parer les deux yeux à deux tiges sortant d'une même racine dont chacune des particules est en quelque sorte fendue en deux branches pour ces deux organes. Plusieurs expériences ont été faites pour expliquer ce remarquable enchaînement.

1° Comme les racines des nerfs optiques des deux côtés se croisent par la partie interne de leurs fibres qui va se rendre à l'œil opposé, tandis que l'externe marche vers celui qui lui correspond; que par conséquent le côté gauche des deux yeux reçoit des filets d'une même racine, et qu'au contraire leur côté droit en reçoit de deux moins différentes, l'idée devait se présenter d'attribuer la vue simple à la distribution des racines des nerfs optiques dans les deux yeux: c'est la théorie de Newton et Wollaston. Ce dernier expliquait par là un phénomène assez fréquent, celui de l'*hémipopie*, dans laquelle tout un côté du champ visuel des deux yeux est inactif jusqu'au centre de ceux-ci. Il croyait pouvoir l'expliquer par l'inaction de la portion cérébrale d'un nerf optique.

2° Cette théorie est insuffisante. Pour qu'elle expliquât tout, il faudrait que chaque fibre d'une racine de nerf optique se partageât dans le chiasma en deux branches pour les points identiques des deux yeux. Mais il est bien constaté que la racine d'un côté se divise en deux parties dans le chiasma, que la partie interne se croise avec celle du côté opposé, et que l'externe continue sa marche du même côté.

3° D'après Rohault, chaque nerf optique contient exactement autant de fibres que l'autre, et les fibres correspondantes des deux nerfs sont unies dans le même point de l'encéphale. Cette théorie ne tient aucun compte du croisement partiel qui a lieu dans le chiasma.

4° Cette quatrième théorie résume les deux précédentes en tenant compte du chiasma. Les fibres, venant de points identiques des deux yeux, deviennent dans le chiasma partie intégrante de la racine du nerf optique d'un côté, et communiquent ensemble par une anse ou naissent du même point de l'encéphale. Il en est de même pour toutes les fibres identiques. L'image des deux moitiés gauches des yeux se représenterait dans la moitié gauche du cerveau, et celle des deux moitiés droites des deux yeux dans la moitié droite de l'encéphale.

5° Enfin on peut admettre une commissure transversale sur la ligne médiane du cerveau, entre les fibres identiques des yeux.

Porterfield prétend que la véritable cause de la vue simple avec deux yeux réside dans la faculté que nous avons, suivant lui, de voir les objets là où ils sont; mais il est facile de renverser cette hypothèse. La cause de ce phénomène doit être organique. Chez

les mammifères, le rapport des parties identiques et des parties différentes des deux rétines ne saurait être le même que chez l'homme, puisque les yeux de ces animaux sont souvent divergents et que leurs axes ne se réunissent jamais sur un même point d'un objet. Quand les mammifères contemplent un objet devant eux dans la direction de l'axe du corps, l'image tombe sur la partie externe de chaque œil. Ces points doivent donc être identiques. En effet, un chien meut ses yeux comme nous le faisons, suivant qu'un objet placé devant lui, dans l'axe de son corps, est proche ou lointain. Mais les axes visuels de cet animal ne sont pas, comme chez nous, identiques avec les axes oculaires. Pour que le chien voie clairement des objets situés devant lui et apercevables par ses deux yeux, et que des images doubles ne se produisent pas, il faut que les deux points des deux yeux impressionnés soient également identiques. Toutes les parties de l'un des yeux qui ne reçoivent que la lumière d'objets latéraux ne sauraient, au contraire, avoir des points identiques correspondants dans l'autre œil, car autrement un objet placé à droite et un autre situé à gauche seraient vus au même endroit subjectif. Donc tout porte à croire que dans les yeux des animaux il y a des points en partie identiques et en partie différents, sans points correspondants dans l'autre œil.

Vue double avec deux yeux.

Toutes les fois qu'une image tombe sur des points différents des deux yeux, elle est vue double. On peut faire les expériences suivantes pour voir double. On tient deux doigts alignés devant les yeux, le premier tout proche de ces organes et l'autre à un certain éloignement. Si l'on regarde le premier le second parait double; si l'on regarde le second, c'est le premier qu'on voit double. Plus la distance entre les deux doigts est considérable, plus celle entre les deux images devient grande.

Quant à ce qui concerne la situation des doubles images par rapport aux yeux auxquels elles appartiennent, lorsque les axes optiques se croisent entre l'objet et l'œil, la double image appartient à l'œil gauche, et la droite à l'œil droit. Si, au contraire, les axes optiques se croisent au-devant de l'objet, la double image de l'œil droit se trouve au côté opposé et celle de l'œil gauche au côté droit. Les doubles images sont toujours confuses, car elles sont presque toujours placées sur les parties latérales du champ visuel, et alors même que l'image est vue dans l'axe, elle ne l'est jamais avec un état de réfraction convenable. Les phénomènes de la vue double dépendent si nécessairement de l'organisation des

deux yeux et sont unis d'une manière si intime aux causes de la vue simple, qu'ils doivent se représenter à chaque instant dans l'usage habituel que nous faisons de nos yeux. Mais nous n'y faisons pas attention, parce que les images doubles sont confuses et parce que nous avons l'habitude de diriger les axes de nos yeux sur un seul objet.

Rivalité entre les champs visuels des deux yeux.

Si l'on contemple une feuille de papier blanc à travers deux verres diversement colorés, par exemple, un bleu et un jaune que l'on tient immédiatement devant les yeux, au lieu de voir le papier vert, on le voit en partie bleu et en partie jaune. Il se passe là un phénomène curieux, en ce que les impressions de couleurs différentes, faites sur des points identiques, ne se confondent point en une impression mixte, mais que l'une d'elles prédomine dans une partie ou dans la totalité du champ visuel et que l'état de l'autre œil ne se manifeste qu'en d'autres points de ce champ. Dans l'expérience précédente, quelquefois le bleu ou le jaune prédomine, parfois aussi on aperçoit, soit une image bleue ou des taches bleues sur un fond jaune, soit une image jaune ou des taches jaunes sur un fond bleu. Si l'on continue longtemps cette expérience, les deux impressions se confondent de plus en plus, ce à quoi elles n'ont pas d'abord la moindre tendance; mais, même alors, l'une des deux couleurs reprend de temps en temps la prédominance ou se manifeste sous la forme de taches.

Tous ces phénomènes nous prouvent :

1° Que les deux yeux agissent simultanément dans certains moments, puisqu'on voit des taches et des images d'une couleur sur l'autre;

2° Que, par moments, l'impression faite sur l'un des yeux s'éteint totalement ou à peu près, et que l'autre devient prédominante;

3° Que, par moments aussi, les impressions des deux yeux se confondent ensemble.

§ II. — *De la perception de la situation des objets.*

Pour percevoir les objets dans leur situation, il est nécessaire qu'il se passe dans l'œil certains phénomènes qui ont pour but soit de faire connaître cette situation dans tous les cas et à toutes les distances, soit de redresser l'image que nous avons vue renversée sur la rétine.

A. — De la vision distincte à diverses distances.

Si l'on compare l'œil avec une chambre obscure, on est tenté de croire que les objets ne sont visibles que dans une position déterminée. Cependant tout le monde sait que l'œil a la faculté merveilleuse de donner des notions nettes sur des objets placés à des distances très différentes entre elles. Trois opinions ont été émises pour expliquer ce phénomène : 1° théorie de l'adaptation ; 2° théorie des milieux réfringents ; 3° théorie des mathématiciens.

1° *Théorie de l'adaptation.* — Olbers admet que l'image focale se rapproche d'autant plus de la face postérieure du cristallin que l'objet qu'elle reproduit est plus près de l'œil. La limite extrême de visibilité, pour les corps suffisamment lumineux, est l'infini ; le minimum de distance diffère suivant la vue individuelle. Ce minimum de distance est en moyenne de 0^m,25, mais pour les myopes et les presbytes on constate des nombres plus ou moins grands.

Dans le travail qu'il a publié en 1780, Olbers a déterminé par le calcul la distance de l'image à la cornée pour quatre distances de l'objet choisies à titre d'exemple :

Distance de l'objet.	Distance de l'image à la cornée.
Infinie.	0,8996 ponce.
27 pouces.	0,9189
8	0,9611
1	1,0426

Ces résultats prouvent que, pour les limites les plus diverses de la vision, les excursions de l'image sont comprises entre 0,8996 et 1,0426. La différence entre ces nombres, c'est-à-dire 0,143, exprime la série de positions que peut occuper l'image d'un corps lumineux situé entre une distance infinie et un pouce. En conséquence, si la cornée et le cristallin conservent leur convexité, la distance de la rétine au cristallin n'aurait besoin de changer que d'une ligne environ pour toutes les distances des objets, ce qui pourrait être opéré, soit par l'allongement de l'œil, soit par le déplacement du cristallin. Young porte le changement à un sixième de l'axe de l'œil. On conçoit que le même but pourrait être atteint sans changement de la distance du cristallin à la rétine, si la convexité de la cornée ou du cristallin était susceptible de modifications.

Olbers a recherché aussi par le calcul quel serait le changement que la convexité de la cornée devrait subir pour la vision distincte à des distances diverses. Le rayon de la cornée pour les quatre cas précédents serait ainsi qu'il suit :

Distance de l'objet.	Rayon de la cornée.
Infinie.	0,555 pouce.
27 pouces.	0,521
8	0,305
1	0,275

S'il était possible que le rayon de la cornée changeât seulement de 0,333 à 0,300 pouce, et que la longueur de l'œil s'accrût d'une ligne, la vision distincte aurait lieu pour toutes les distances au delà de 4 pouces.

Il est évident qu'on pourrait se rendre compte de cette adaptation par le déplacement du cristallin.

Ces hypothèses admises pour expliquer un fait incontestable sont fort ingénieuses ; mais il est difficile de donner la preuve des faits sur lesquels elles s'appuient. Aussi quelques savants les ont rejetées. Olbers croit que la vision distincte à des distances variables s'explique par des modifications internes de l'œil ; il admet un changement de courbure de la cornée, mais il ne démontre pas le fait. Cependant Home partagea cette opinion, et crut avoir trouvé les changements de courbure de la cornée au moyen d'un instrument inventé par Ramsden. Mais, plus tard, il ne fut pas si convaincu et il ne fit plus jouer qu'un rôle secondaire à la cornée pour l'accommodation aux distances. Englefield et Ramsden furent aussi de l'opinion d'Olbers ; mais beaucoup d'auteurs ont rejeté les grandes déformations de l'œil et ont avancé des preuves positives à l'appui de leurs arguments.

Th. Young, avant de mettre en avant l'explication que nous allons donner, cherche à démontrer que l'œil ne s'allonge pas, et que la courbure de la cornée est invariable. Voici comment : Au moyen d'une lunette microscopique d'une force amplificative convenable, il observe une image virtuelle bien nette, réfléchiée à la surface convexe de la cornée, l'œil de la personne mise en expérience se fixant, sans se déplacer, sur des mires situées à des distances très différentes, mais dans une même direction. Si la courbure de la cornée ne subit aucune variation, l'image réfléchiée ne changera pas de dimension ; dans le cas contraire, et en admettant les changements reconnus nécessaires par Olbers, la grandeur de l'image sera influencée d'une manière sensible et appréciable. Les résultats de Young ont toujours été négatifs, ce qui fait penser à l'invariabilité de la cornée. Un savant français, de Haldat, a confirmé les expériences de Th. Young. Ce dernier auteur fit encore une expérience bien connue pour prouver que la cornée ne change pas. Il prit une lentille biconvexe de 3/10^{es} de pouce de rayon et de distance focale, montée dans un anneau profond de 3/5^{es} de pouce ; et, après

avoir garni de cire les bords du verre, il remplit l'anneau de trois quarts d'eau presque froide, puis appliqua son œil dessus de manière que la cornée fût en parfait contact avec l'eau qu'il contenait. L'œil devint immédiatement presbyte, et la force réfringente de la lentille, qui fut réduite par le contact de l'eau à un foyer d'environ $16/10^{\text{e}}$ de pouce, ne suffit plus à remplacer la cornée, dont l'action fut annulée par le contact de l'eau à sa surface antérieure. Mais l'addition d'une autre lentille de 5 pouces $1/2$ de foyer ramena l'œil à l'état normal, et cette disposition, dans laquelle la cornée se trouvait en contact, à ses deux surfaces, avec deux liquides de même densité, et par conséquent devenait nulle quant à la faculté réfringente, permit à l'œil de conserver la propriété de s'accommoder aux distances. Tels sont en résumé les arguments les plus puissants qui aient été dirigés contre la déformation de la cornée et contre les variations de longueur de l'axe de l'œil. Les auteurs qui ont admis ces variations les ont attribuées à l'action des muscles oculaires, mais ces moyens ont paru, aux antagonistes de cette théorie, tout à fait disproportionnés avec l'effet produit.

Olbers croyait à un *allongement de l'œil*, dans le sens de son axe antéro-postérieur, allongement dû à la pression des muscles droits. Treviranus a combattu cette opinion. Voici comment : les pressions latérales des muscles droits tendent bien à refouler le corps vitré en avant et en arrière; mais la résultante générale tend à entraîner l'œil vers le fond de l'orbite où il trouve un appui dans le coussinet graisseux sur lequel il repose; l'œil vient donc s'aplatir contre cet obstacle, la longueur de son axe antéro-postérieur est diminuée. Il est clair, d'après cela, que la vision des objets éloignés pourrait être facilitée par ce mécanisme; mais chacun sait que les efforts de l'adaptation se font éprouver surtout lors de la vision d'objets placés à une petite distance. Quelques partisans des déformations totales du globe de l'œil ont proposé une explication plus rationnelle de ces effets, en admettant une compression exercée sur cet organe contre la paroi interne de l'orbite par les muscles obliques. Telle est l'opinion de J. Rohault, Lecamus et de Luchtmann. Cette théorie a l'avantage, d'après ce dernier, de s'appliquer à deux effets dont la coexistence est constante : d'une part l'allongement de l'axe oculaire, et d'autre part l'augmentation de la convergence des axes optiques, phénomène nécessaire dans l'orientation des yeux, pour la vision d'objets peu éloignés.

Une expérience faite par Mueller montre que les muscles de l'œil ne servent pas à l'accommodation. L'extrait de belladone, appliqué en solution sur la conjonctive, dilata la pupille, et cet effet est constamment accompagné d'un état d'accommodation spéciale de l'œil.

Il est bon de noter que pendant l'influence de la belladone, la presbytie momentanée permet encore l'accommodation dans des limites différentes de l'état normal. Les mouvements généraux du globe oculaire ne subissent d'ailleurs aucune modification; ce qui démontre, dans ce cas, la permanence de l'intégrité des usages des muscles oculaires.

L'explication des changements de courbure de la cornée, par la réaction des humeurs internes de l'œil soumis à la compression des muscles oculaires, a été également attaquée par de Haldat. Ce physicien a prouvé par des expériences directes, sur des yeux d'animaux récemment sacrifiés, qu'une compression méthodique suffisante pour changer la convexité de la cornée détermine constamment une opacité plus ou moins grande de cette membrane; le calcul de la force nécessaire pour produire cet effet lui a également permis de conclure que les muscles oculaires peuvent à peine produire une multiplication trois ou quatre fois moindre.

Th. Young, partisan de l'adaptation, arriva par voie d'élimination à attribuer au *crystallin* la propriété de subir les modifications nécessaires pour la vision à des distances diverses. S'appuyant sur l'existence des fibres élémentaires, qui, par leur réunion, constituent cette lentille, il suppose que chaque couche dans la partie voisine de l'axe du cristallin possède une certaine contractilité. Lorsque la contraction se produit, le volume des parties situées suivant l'axe augmentant, la convexité des courbures se trouve accrue et la distance focale devient alors plus petite. D'après cela, l'axe du cristallin serait susceptible de s'allonger et de se raccourcir. Mais y a-t-il véritablement dans le cristallin des fibres contractiles? Quel est le nerf qui préside à ce mouvement? Young répond que Hunter admettait cette contractilité, qui, d'ailleurs, serait spéciale. Mais objections encore à Young que, le cristallin étant enlevé, l'accommodation aux distances n'abandonne pas l'œil.

Tout récemment Forbes est venu soutenir l'adaptation aux distances au moyen des changements de courbure du cristallin; mais il rejette la contractilité de cet organe. Il ne considère pas la densité variable du cristallin comme un moyen de correction de l'aberration de sphéricité, puisque, d'après les mesures précises de Chossat, ses surfaces naturelles ne sont pas sphériques. Il regarde la décroissance de densité du cristallin du centre à la périphérie comme un moyen de rendre cette lentille plus élastique dans quelques sens que dans d'autres, et, par conséquent, plus propre à changer de courbure et de foyer sous une pression hydrostatique imprimée du dehors. Suivant le même physicien, une lentille à noyau ferme et à bords gélatineux, soumise à une pression hydro-

statique uniforme sur toute sa périphérie, doit céder surtout par les bords : sa forme se modifie de telle sorte que son axe est moins raccourci que les diamètres situés dans une face perpendiculaire à cette direction. Dans le cas spécial dont il s'agit, la pression est produite primitivement, dit Forbes, par l'action des muscles moteurs du globe oculaire, puis communiquée à l'ensemble de la masse semi-fluide contenue dans l'enveloppe résistante que forment la sclérotique et la cornée. Le cristallin librement suspendu, embrassé, pour ainsi dire, par l'humeur aqueuse d'un côté et l'humeur vitrée de l'autre, est comprimé en tous sens par la force transmise, et, se rapprochant davantage de la forme sphérique, devient plus réfringent.

Cette théorie n'est pas plus susceptible de démonstration directe que celle de Th. Young. La question d'hydraulique qui vient la compliquer est d'ailleurs un problème dans lequel le *desideratum* est érigé en vérité. Ajoutons de plus que les expériences faites par Forbes sur le cristallin de bœuf n'ont pas été suivies de succès.

Divers auteurs ont soutenu que l'adaptation de l'œil est due à des déplacements antéro-postérieurs du cristallin. Ce sont Kepler, Lecat, Camper, Scheiner, Porterfield, et Jacobson, qui a cherché le mécanisme de cette progression antérieure. Suivant ce dernier, lorsque le cristallin doit se rapprocher de la cornée, l'humeur aqueuse passe de l'avant à l'arrière de cette lentille, au moyen d'orifices que cet anatomiste signale dans la paroi antérieure du canal godronné de Petit : la dilatation de ces orifices s'opère par l'action érectile des procès ciliaires.

Cette hypothèse est ingénieuse, mais elle n'est basée sur aucune expérience; et Vallée a prouvé que la théorie des mouvements du cristallin par les déplacements de l'humeur aqueuse tombe, si l'on soumet au calcul les diverses conditions qu'il est nécessaire d'admettre, d'après Jacobson, pour se rendre compte de ce phénomène.

Si maintenant nous résumons les différentes opinions qui ont été émises sur les causes de l'adaptation, nous pouvons les formuler ainsi : 1° allongement et raccourcissement de l'axe du cristallin (Young, Hunter) ; 2° convexité plus grande de la cornée (Home, Englefield, Ramsden) ; 3° déplacement du cristallin par le cercle et les procès ciliaires (Kepler, Scheiner, Porterfield, Camper, etc.) ; 4° influence compressive des muscles sur la forme de l'œil (Olbers, Rohault, Bayle, Home, Schroeder van der Kolk).

2° *Théorie des milieux réfringents.* — Treviranus a cherché à démontrer que la distance focale d'une lentille dont la densité va croissant de la périphérie au centre est invariable, quelle que soit la distance de l'objet lumineux, pourvu qu'un diaphragme à orifice

variable change le rapport des rayons marginaux aux rayons centraux, suivant une loi qu'il fait connaître. Appliquant les déductions de ses calculs au cristallin qui présente la structure de ces lentilles hypothétiques et aux variations de l'orifice pupillaire, il admet que le foyer de cet appareil est le même pour toutes les limites de la vision, et ne croit nullement à des changements de rapport entre les diverses parties de l'appareil oculaire. Ces principes ont été attaqués par Kohlrausch. On verra d'ailleurs bientôt qu'il est incontestable que des mouvements intérieurs se passent dans l'œil.

Pouillet a émis aussi une théorie basée sur la structure du cristallin et sur les mouvements de l'iris. L'étude anatomique du cristallin, dit-il, prouve que les couches centrales étant tout à la fois plus courbes et plus réfringentes que celles des bords, les rayons qui traversent ces dernières ne peuvent pas converger au même point que ceux qui ont traversé les premières. Le faisceau central converge plus près, et le faisceau des bords va converger plus loin. Ainsi le cristallin n'est pas une lentille à un seul foyer, mais une lentille à un nombre infini de foyers différents. Je vais essayer d'indiquer comment ce fait peut concourir à l'explication des phénomènes. D'abord, si l'on place au-devant de l'œil une lame opaque percée d'un trou dont le diamètre soit moindre que 0^m,004, on distingue nettement tous les objets jusqu'à des distances beaucoup plus petites qu'on ne le pourrait faire sans cette précaution ; c'est qu'alors le faisceau qui pénètre dans l'œil est si mince, qu'il est à peine nécessaire qu'il soit aminci par la convergence pour faire des images nettes. Aussi n'observe-t-on aucune différence lorsque le petit trou coïncide avec le bord ou avec le centre de la pupille. Avec un faisceau aminci, on peut donc voir nettement à toutes les distances et par toutes les zones du cristallin.

Quand on veut regarder, à la vue simple et sans diaphragme, un objet de plus en plus rapproché, on rétrécit de plus en plus l'ouverture de la pupille : c'est un fait facile à vérifier. Le but de ce rétrécissement est en effet d'arrêter les rayons qui tomberaient trop loin du centre du cristallin et dont la convergence ne pourrait avoir lieu qu'au delà de la rétine. Quand on veut regarder au loin, on ouvre, au contraire, la pupille autant qu'il est possible afin que le faisceau incident soit large et que ses bords extérieurs tombent près des bords du cristallin, pour converger ensuite sur la rétine. Alors, il est vrai, la partie centrale du faisceau converge trop tôt, mais l'épanouissement qu'elle peut prendre, en allant depuis son point de convergence jusqu'à la rétine, est toujours très petit, et

peut d'autant moins troubler la vision que l'éclat de la lumière est toujours très faible par rapport à la lumière des bords.

Cette théorie se rapproche beaucoup de celle de Treviranus. Diverses expériences faites par de Haldat sont venues lui prêter leur appui. Déjà Magendie avait remarqué qu'en faisant varier par l'éloignement et le rapprochement de l'objet la grandeur de l'image peinte sur la rétine, on n'aperçoit pas de différence appréciable dans sa netteté. De Haldat a étudié les images produites par des cristallins isolés. Il a construit une petite chambre obscure dans laquelle le cristallin remplit le rôle d'objectif et avec laquelle on reconnaît sans difficulté, ajoute-t-il, l'invariabilité du foyer de cette lentille oculaire. L'appareil se compose d'un tube de laiton qui porte à sa face antérieure une capsule propre à contenir un cristallin de bœuf; ce tube en reçoit un second qui est terminé par une lame de verre dépoli disposée perpendiculairement à l'axe.

Si l'on amène, dit de Haldat, le verre dépoli au foyer de la lentille oculaire, et qu'on présente l'instrument successivement vers des objets voisins et vers des objets éloignés placés dans la même direction, on observe des images d'une égale pureté. Le résultat est plus frappant encore lorsqu'on reçoit à la fois les images d'objets placés à des distances diverses, comme on l'a fait pour des mires placées, les unes à 3 et à 4 décimètres, et les autres à 20 et 30 mètres. Les résultats, comparés avec ceux qui ont été obtenus au moyen d'une petite lunette de Ramsden, ont montré que les mêmes objets, pour en obtenir des images distinctes, exigeaient un déplacement de l'oculaire de 10 à 12 millimètres. Un diaphragme est utile pour rendre les images plus pures et plus régulières.

Malgré l'autorité de Treviranus, de Pouillet, de de Haldat, nous ne pouvons partager ces opinions; car il y a un fait incontestable: c'est qu'il se passe dans l'œil des phénomènes qui ont pour but de l'adapter aux distances. Voici comment Mueller prouve l'existence de ce phénomène. On place verticalement deux épingles noires sur une règle de bois horizontale, à une distance notablement différente. On ferme l'un des yeux, et l'on vise avec l'autre les extrémités alignées des deux épingles. Si, restant immobile, on cherche à voir l'épingle la plus rapprochée, son image se peint dans l'œil et on la perçoit avec une très grande netteté: les contours linéaires sont vifs et arrêtés, surtout lorsqu'on a soin de faire qu'elle se projette sur un écran blanc; en même temps l'épingle la plus éloignée cesse d'être vue, et l'on n'a plus de sensation pour cette dernière que d'une trace nébuleuse. Lorsqu'au contraire, sans varier de position, on adapte son œil pour voir nettement l'épingle éloignée, on la perçoit par-

faitement distincte, tandis que la plus rapprochée devient tout à fait confuse.

Voici des expériences qui prouvent que l'œil s'adapte, et qui par conséquent renversent encore les théories précédentes.

Scheiner perce une carte de deux petits trous distants entre eux d'une longueur moindre que le diamètre de l'orifice de la pupille. Il observe, en plaçant cette carte devant l'œil, un objet peu étendu, un point noir sur un fond blanc, par exemple. On constate que ce point n'est vu unique qu'à une distance déterminée; en deçà et au delà on a une sensation double. Évidemment, l'œil une fois disposé pour l'expérience, la rétine se trouve au foyer de l'appareil réfringent de l'œil seulement pour les distances auxquelles le point paraît unique. Dans ce cas, en effet, un point lumineux extérieur envoie des rayons qui, traversant deux parties quelconques de l'appareil réfringent, concourent au même foyer et se rencontrent sur les mêmes éléments de la rétine. Si l'observateur voit deux points lumineux en deçà et au delà de la position précédente, c'est que dans l'un et l'autre cas les rayons ne forment plus leur foyer sur la rétine; en deçà les rayons trop divergents auraient leur foyer derrière cette membrane, et chaque pinceau rencontre des points sensibles différents, d'où une sensation double; au delà les rayons trop convergents se croisent en avant de la rétine, et, continuant leur marche au delà du foyer, vont encore déterminer un double ébranlement et une double sensation.

Pour être complet, mentionnons encore une théorie émise par Jean Mile. D'après lui c'est le bord de l'iris qui est la cause de l'accommodation. Cette théorie se base sur les phénomènes qui ont lieu quand des rayons lumineux rasent le bord des corps opaques: et que l'on désigne sous le nom de *phénomènes de diffraction*. Ce qui fait rejeter cette théorie, c'est qu'il faudrait supposer que les images nettes sont produites seulement par le nombre très petit de rayons qui rasent les bords de la pupille; mais alors quel rôle jouent les rayons qui pénètrent dans l'œil en proportion énorme sans être diffractés?

Théorie de Lehot. — D'après ce physicien, l'impression lumineuse ne se produit ni sur la rétine ni sur la choroïde, mais dans l'épaisseur même du corps vitré. L'image d'un plan a deux dimensions dans ce milieu, mais celle d'un corps solide en a trois. La sensation pour un point lumineux extérieur correspond au sommet du cône réfracté qui se trouve dans le corps vitré, et là seulement. Suivant la distance des objets à l'œil, les sommets se rapprochent ou s'éloignent de la face postérieure du cristallin; mais ils sont toujours dans le corps vitré tant que la perception est nette. De pareilles propositions ne sont pas soutenables.

3° *Théories des mathématiciens.* — Sturm et Vallée en sont les auteurs. Nous ne croyons pas devoir les rapporter, parce que nous ne les comprenons pas d'abord, et ensuite parce que nous n'aurions pas grand profit à connaître des exercices de physique ou de mathématiques faits à propos de physiologie.

Conclusion. — D'après tout ce que nous venons de dire, il reste un fait incontestable, c'est la nécessité de changements dans l'œil pour expliquer la vue distincte d'objets placés à des distances différentes; c'est la nécessité de l'adaptation. Il n'y a pas le moindre doute à cet égard. L'expérience de Mueller et celle de Scheiner sont trop évidentes. Bien plus, ne sait-on pas que si l'on examine trop longtemps des objets rapprochés, l'œil devient momentanément myope? Ne sait-on pas aussi que si après avoir fixé quelque temps un objet éloigné, on regarde rapidement un autre objet plus rapproché, il faut un certain temps pour bien distinguer l'objet. Si ce fait de l'adaptation est bien établi, il faut reconnaître aussi que le mécanisme de ce phénomène nous est inconnu.

Vue renversée et vue droite.

D'après les lois de l'optique, les images se présentent sur la rétine renversées par rapport aux objets. Mais voit-on réellement les images renversées comme elles le sont; ou bien les voit-on droites comme les objets? D'après Mueller, il faut penser que, quoique nous voyons les objets renversés, nous ne pouvons jamais en acquiescer la conscience que par des recherches d'optique, et que, voyant tout de la même manière, l'ordre des objets ne se trouve nullement altéré.

Cependant on a donné de ce phénomène deux autres explications. Dans la première on attribue la vision droite à ce que nous voyons, non pas l'image de la rétine, mais la direction des rayons lumineux. Mais les rayons lumineux n'ont point de direction déterminée et à chaque point correspond un cône entier de lumière, et il nous est impossible de sentir autre chose que les particules de notre rétine. La deuxième hypothèse a été soutenue par Bartels. Dans celle-ci, on prétend que la rétine agit en dehors et qu'elle y reporte les objets en sens croisés, par exemple, suivant la direction de la perpendiculaire à la rétine. Mais alors comment expliquer pourquoi une direction aurait une prééminence sur l'autre?

Direction de la vue.

Il y a sur ce point deux hypothèses :

1° La direction suivant laquelle on voit un objet dépend seule-

ment de la particule affectée de la rétine, de la distance à laquelle cette particule se trouve du centre de la membrane, de la direction qu'elle affecte par rapport à lui, ou, en d'autres termes, de la place qu'elle occupe dans la rétine. Alors même que l'imagination agit au dehors, et y projette les affections de la rétine, la relation des petites images demeure la même, et la représentation visuelle peut être considérée jusqu'à un certain point comme un déplacement en avant du champ visuel entier de la membrane, déplacement qui n'en altère nullement les côtés, ce qui apparaît en haut étant représenté en haut, ce qui apparaît en bas l'étant en bas.

2° Les projections des images se croisent de manière que l'image de la rétine est projetée du côté opposé dans la représentation, ou vue dans la direction primitive. Cette seconde hypothèse est susceptible de varier beaucoup suivant le point d'entrecroisement qu'on admet pour les directions.

Les uns croient qu'on aperçoit la direction de la lumière, que par conséquent on voit dans la direction de la lumière elle-même. Mais on peut objecter que dans la vision ordinaire, chaque point de l'image sur la rétine est déterminé par le sommet d'un cône lumineux ayant pour base la largeur de la rétine. Lequel de ces rayons du cône doit déterminer la direction? serait-ce le rayon parallèle à l'axe?

Portefield et Bartels supposent que chaque point de la rétine voit dans la direction d'une ligne perpendiculaire à la rétine ou à sa tangente. Cette hypothèse est complètement arbitraire.

Suivant Volkmann, la direction de la sensation dépend de la situation du point sentant par rapport au point d'entrecroisement des rayons visuels, qui, d'après ses propres observations, se trouve sur la même ligne que la petite image de la rétine et l'objet. Il ajoute que c'est la conséquence d'une loi innée et qu'on ne doit pas chercher à expliquer.

Toutes ces explications basées sur la seconde hypothèse sont affectées d'un vice commun. La vue des deux yeux à la fois les contredit toutes. Si la direction de la vue dépend d'une action de la rétine dans une direction quelconque, déterminée de dedans en dehors, il y a impossibilité de comprendre comment on voit les objets simples avec deux yeux.

Jugement sur la forme, la grandeur, la distance et le mouvement des objets.

Le jugement que nous portons, d'après la vue, sur la *forme* des corps est la suite, en partie de la sensation et en partie de la re-

présentation combinées. Comme la forme des images dépend absolument de l'étendue des points affectés de la rétine, la simple sensation suffit pour nous faire distinguer les unes des autres des formes bornées à de simples surfaces, par exemple, un carré d'un cercle ; mais la faculté de juger des différentes dimensions des corps d'après les images de la vue exige de l'exercice, parce que toutes les intuitions de la vue ne sont originairement que des surfaces, et que, pour procurer la représentation d'un corps, le jugement doit ajouter les différentes faces qu'on aperçoit à ce corps, quand on lui donne une autre situation. L'opéré de Cheselden voyait tout à plat, parce que c'est effectivement ainsi que tout se représente. Mais comme les images changent tandis que nous nous mouvons dans l'espace, parce que nous passons en quelque sorte entre elles, il résulte de là en nous la représentation du champ visuel qui n'est qu'une simple idée et non une sensation.

La *grandeur* apparente des objets dépend immédiatement de celle de la partie affectée de la rétine, ou de la grandeur de l'angle sous lequel ils apparaissent à l'œil. Pour juger de leur grandeur réelle d'après leur grosseur apparente, il faut combiner des idées déjà acquises de proche, de lointain, etc.

Juger de la *proximité* et de l'*éloignement* est l'affaire de l'esprit et non de la sensation. Tout objet qui apparaît sous un angle plus petit que celui sous lequel on le voit dans un voisinage immédiat est jugé éloigné. On juge plus éloigné celui qu'un autre couvre en partie, ou qui paraît plus petit relativement qu'il ne devrait le sembler, s'il était placé à la même distance que les autres objets.

Ce jugement s'acquiert, et ce n'est point une faculté innée, du moins chez l'homme. Pour l'enfant, tout se trouve à la même distance, il cherche à saisir la lune aussi bien que le corps le plus rapproché de lui. La plupart des physiologistes prétendent que la situation des axes des yeux, qui est nécessaire pour regarder les objets, contribue aussi beaucoup à l'appréciation des distances, parce que les axes des yeux convergent d'autant plus que l'objet est plus rapproché. Cependant on s'exagère la valeur de ce moyen. Il peut sans doute avoir beaucoup d'efficacité pour des objets qui sont placés en droite ligne devant les yeux, mais il la perd toute pour ceux qui sont situés de côté.

Le jugement que nous portons sur le *mouvement* des objets vus dépend en partie du mouvement de l'image sur la rétine et en partie de celui des yeux qui suivent un corps quand il se meut. Si l'image se meut sur la rétine, tandis que l'œil et notre corps demeurent en repos, nous jugeons que l'objet vu change de position par rapport à nous. Son mouvement peut cependant n'être qu'apparent, quand

le corps sur lequel nous nous trouvons, un bateau, par exemple, se meut. Si l'image reste en repos sur la rétine, si elle y demeure fixée au même point, et que les mouvements des yeux suivent le corps mù, nous jugeons que celui-ci se meut d'après la sensation de mouvement que nous éprouvons dans nos muscles oculaires. Lorsque l'image sur la rétine et les muscles des yeux se meuvent en même temps d'une manière correspondante, comme en lisant, nous jugeons que l'objet est tranquille et nous savons qu'il n'y a que nous qui changeons de situation par rapport à lui. Quelquefois il y a mouvement apparent des objets, bien que ceux-ci et les yeux soient tranquilles. Ainsi, après qu'on a tourné sur soi-même, on les voit tourner à leur tour, mais en sens inverse. Ces mouvements, d'après Purkinje, dépendent d'une impulsion communiquée au cerveau.

États de la rétine consécutifs aux impressions visuelles, ou images subjectives consécutives aux impressions de la rétine par les objets extérieurs à elle.

La durée des impressions sur la rétine est beaucoup plus longue que celle de la lumière. D'après Plateaux, la sensation dure 0,32 à 0,35 secondes au delà de cette action, et la durée de l'impression consécutive croît en raison directe de celle de l'impression première. Cette persistance nous rend compte de plusieurs phénomènes : de celui du cercle de feu qu'on aperçoit quand on tourne une lumière en rond devant les yeux, de celui encore du mélange des couleurs d'un disque coloré tournant, et de l'impossibilité de distinguer les unes des autres les raies d'une roue qui marche avec rapidité. C'est aussi par la persistance de l'impression consécutive que l'on s'explique certains mouvements apparents.

Toutes les fois que l'on a tenu ses regards fixés pendant longtemps sur les ondes d'une eau courante et qu'on les reporte tout à coup sur le sol, celui-ci semble se mouvoir, mais en sens inverse.

Les images consécutives peuvent être rapportées à trois classes :

1° Images consécutives incolores d'images dépourvues elles-mêmes de couleur.

2° Les images consécutives colorées d'images incolores.

3° Images consécutives colorées d'images également colorées.

4° Images consécutives incolores après des images incolores. —

Les images consécutives pures d'objets blancs ou brillants sont aussi brillantes ou blanches ; celles des objets obscurs sont également obscures. Ainsi l'image consécutive d'une lumière mue avec rapidité est lumineuse : cependant l'éclairage des images peut, en