

quant entre eux à la manière des autres nerfs. Cette disposition est surtout apparente dans la portion du nerf qui s'étend de la selle turcique à l'œil.

*Mécanisme de la vision.*

Mécanisme  
de la vision.

La lumière qui arrive sur la cornée peut seule servir à la vue; celle qui tombe sur le blanc de l'œil, les cils, les paupières, ne peut y contribuer; elle est réfléchie ou absorbée par ses parties, suivant leur couleur. La cornée elle-même ne reçoit pas la lumière dans toute son étendue, car elle est ordinairement recouverte en haut et en bas par le bord libre des paupières.

Pour faciliter l'étude de la marche de la lumière dans l'œil, supposons un seul cône lumineux partant d'un point placé dans la prolongation de l'axe antéro-postérieur de l'œil.

*Usages de la cornée.*

Usages  
de la cornée.

La forme *convexe-concave* de la cornée indique l'influence qu'elle doit avoir sur la lumière qui entre dans l'œil : elle rapproche les rayons de l'axe du faisceau avec d'autant plus d'efficacité qu'il y a une plus grande différence entre son pouvoir réfringent et celui de l'air. Pour cette raison, la cornée contribue puissamment à la réfraction de l'œil; en d'autres termes, *elle accroit l'intensité*

de la lumière qui va pénétrer dans la chambre antérieure.

La cornée étant très-polie à sa surface, la lumière qui y arrive est en partie réfléchie et concourt à former le brillant de l'œil. Cette même lumière réfléchie produit les images qui se forment derrière la cornée. Dans ce cas, la cornée remplit l'office de miroir convexe (1).

*Usages de l'humeur aqueuse.*

En traversant la cornée, les rayons ont passé d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense; par conséquent ils ont dû se rapprocher de la perpendiculaire au point de contact. Si, en entrant dans la chambre antérieure, ils la trouvaient remplie d'air, ils s'écarteraient autant de la perpendiculaire qu'ils s'en étaient rapprochés : par conséquent ils reprendraient leur première divergence; mais ils entrent dans l'humeur aqueuse, milieu plus réfringent que l'air; ils s'écartent à peine de la perpendiculaire, et par conséquent divergent beaucoup moins que s'ils avaient passé de nouveau dans l'air.

Usages  
de l'humeur  
aqueuse.

De toute la lumière qui est entrée dans la chambre antérieure, celle qui traverse la pupille sert seule à

(1) J'ai trouvé, par l'expérience, que les propriétés physiques de la cornée dépendent de l'intégrité de la cinquième paire. Cette membrane devient opaque et s'ulcère après la section de ce nerf. (Voyez Nutrition, t. II.)



répété pour chaque cône lumineux partant de tous les autres points et se dirigeant vers l'œil, avec cette différence que, dans le premier cas, la lumière tend à se réunir au centre de la rétine, tandis que la lumière des autres cônes tend à se réunir dans des points différents, suivant celui d'où elle est partie. Ainsi les cônes lumineux partant d'en bas se réuniront à la partie supérieure de la rétine; ceux qui viennent d'en haut se réuniront à la partie inférieure de cette membrane. Les autres rayons suivent une marche analogue; de sorte qu'il se formera au fond de l'œil une représentation exacte de chacun des corps placés devant l'organe, avec cette différence que les images auront une position inverse des objets qu'elles représentent.

Images qui se forment au fond de l'œil.

Divers moyens sont employés pour s'assurer de ce résultat. On s'est long-temps servi d'yeux construits artificiellement avec du verre qui représentait la cornée transparente et le cristallin, et de l'eau qui représentait les humeurs aqueuse et vitrée. Un autre procédé était généralement employé avant la publication de mon Mémoire sur les *images qui se forment au fond de l'œil*. Il consiste à placer au volet d'une chambre obscure l'œil d'un animal (bœuf, mouton, etc.), ayant eu soin d'enlever la partie postérieure de la sclérotique. On voit alors très-distinctement sur la rétine les images des objets, placés de manière à envoyer des rayons vers la pupille.

Je me sers d'un moyen plus facile. Je prends des yeux de lapin, de pigeon, de petit chien, de hibou, de due, dans lesquels la choroïde et la sclérotique sont à peu près transparentes; je dépouille exactement leur partie postérieure de la graisse et des muscles qui la recouvrent, et en dirigeant la cornée transparente vers des objets éclairés, je vois assez distinctement les images de ces mêmes objets sur la rétine.

Moyens de voir les images qui se forment au fond de l'œil.

Le procédé que je viens d'indiquer était connu de Malpighi et de Haller. Il en est un qui m'est particulier, et qui consiste à se servir des yeux des animaux albinos, tels que ceux des lapins blancs, des pigeons albinos, des souris blanches (les yeux des hommes albinos auraient probablement les mêmes avantages). Ces yeux présentent les conditions les plus favorables pour la réussite de cette expérience: la sclérotique y est mince, et, à très-peu de chose près, transparente; la choroïde y est également mince, et dès que l'animal est mort, le sang qui la colorait, venant à disparaître, elle devient incapable de mettre d'obstacle bien sensible au passage de la lumière.

La facilité et la netteté avec lesquelles on aperçoit les images en suivant ce procédé, m'ont suggéré l'idée de faire quelques expériences qui pussent confirmer ou infirmer la théorie admise touchant le mécanisme de la vision.

Si l'on fait une petite ouverture à la cornée

Expériences sur les images du fond de l'œil.



Expériences  
sur les images  
du fond  
de l'œil.

transparente, et que par là on fasse sortir de l'œil une petite quantité d'humeur aqueuse, l'image n'a plus la même netteté; il en est de même si l'on expulse de l'œil une certaine quantité d'humeur vitrée par une petite incision faite à la sclérotique : ce qui prouve que les volumes relatifs des humeurs aqueuse et vitrée sont nécessaires à l'intégrité de la vision.

J'ai cherché à déterminer la loi des dimensions de l'image relativement à la distance de l'objet : j'ai trouvé que la grandeur de l'image est sensiblement proportionnelle aux distances. M. Biot a eu la complaisance de constater avec moi ce résultat, qui est d'ailleurs conforme à celui qu'a donné Lecat dans son *Traité des Sensations*. (Cet auteur se servait, pour ses recherches, d'yeux artificiels, composés de verre pour représenter la cornée transparente et le cristallin, et d'eau pour remplacer les humeurs aqueuse et vitrée.)

Une chose m'a paru digne de remarque dans ces expériences : en faisant varier la grandeur de l'image par l'éloignement ou le rapprochement de l'objet, jamais on n'aperçoit de différence dans sa netteté; si ces différences existent, elles ne sont pas sensibles à la vue simple. Au contraire, dès qu'on soustrait quelque peu d'humeur aqueuse, ou vitrée, aussitôt le défaut de netteté devient manifeste.

J'ai pratiqué une petite ouverture à la circonférence de la cornée transparente, près de sa jonc-

Expériences  
sur les images  
au fond  
de l'œil.

tion avec la sclérotique, et j'ai fait sortir toute l'humeur aqueuse par cette voie; l'image (c'était celle de la flamme d'une bougie) m'a paru, toutes choses égales d'ailleurs, occuper une plus grande place sur la rétine; elle était aussi moins nette et formée d'une lumière moins intense que l'image du même corps vue dans l'autre œil de l'animal, que j'avais placé dans un rapport semblable avec la bougie, mais auquel j'avais conservé son intégrité, afin d'avoir un terme de comparaison; ce qui est conforme à ce que nous avons dit de l'usage de l'humeur aqueuse dans la vision.

Il en est de même de celui de la cornée; si on l'enlève en totalité par une incision faite circulairement à l'union de cette membrane avec la sclérotique, l'image ne paraît pas changer de dimension, mais la lumière qui la formait perd très-sensiblement de son intensité.

Nous avons dit que la grandeur de l'ouverture de la pupille influait probablement sur le mécanisme de la vision : après avoir enlevé la cornée, il est facile alors d'agrandir la pupille par une incision circulaire faite dans le tissu de l'iris. L'image, en ce cas, paraît aussi s'agrandir.

Comme l'usage du cristallin est d'augmenter l'éclat et la netteté de l'image en diminuant sa grandeur, on doit s'attendre à ce que l'absence de ce corps produise un effet inverse.

Quand on a fait sur un œil l'extraction ou l'a-



Expériences  
sur les images  
au fond  
de l'œil.

baissement du cristallin par un procédé semblable à l'opération de la cataracte, l'image se forme toujours au fond de l'œil, mais elle s'accroît considérablement; elle devient au moins quadruple de celle qui se produit sur un œil entier mis dans les mêmes rapports avec l'objet; elle est d'ailleurs mal terminée, et la lumière qui la produit est très-faible.

Enlève-t-on sur un même œil l'humeur aqueuse, le cristallin, la cornée transparente, et ne laisse-t-on ainsi de tous les milieux de l'œil que la capsule cristalline et l'humeur vitrée, il ne se forme plus d'image sur la rétine; la lumière y parvient bien, mais elle n'y affecte aucune forme en rapport avec celle du corps d'où elle est partie.

La plupart de ces résultats s'accordent avec la théorie de la vision, telle qu'elle est admise aujourd'hui. Il en est un cependant qui s'en éloigne, c'est la netteté de l'image. Quelle que soit la distance de l'objet, en théorie, il faudrait que l'œil changeât de forme pour que l'image fût nette, ou bien que le cristallin fût porté en avant ou en arrière, suivant les distances (1). Or ici l'expérience est en contra-

(1) Ces changements dans la forme de l'œil ou dans la position du cristallin, ont été tour à tour attribués à la compression du globe de l'œil par les muscles droits et obliques, à la contraction du cristallin, à celle des procès ciliaires, etc. M. Simonoff, savant astronome russe, soutient aujourd'hui

diction avec la théorie, ce qui fait tomber d'elles-mêmes toutes les explications qu'on a proposées à ce sujet.

On aurait tort cependant de croire que les choses

---

qu'il n'est pas nécessaire que l'œil change de forme, pour que l'image conserve sa netteté. Il a déterminé d'abord l'angle que font les rayons réfractés par la cornée du bœuf partant de deux points, dont l'un est placé à 500 millimètres de l'œil, et l'autre à une distance infinie. Cet angle s'est trouvé extrêmement petit. Il a calculé ensuite la distance des deux points d'intersection des rayons réfractés avec le cristallin, laquelle s'est trouvée  $0^{\text{mm}},043$ , si l'ordonnée de la coupe verticale de la cornée, perpendiculaire à l'axe de l'œil est de  $5^{\text{mm}}$ , et cette distance est seulement de  $0^{\text{mm}},009$ , si cette ordonnée est de  $1^{\text{mm}}$ . M. Simonoff a admis pour ce calcul le grand axe de la coupe intérieure du cristallin, selon M. Chausat (*Annales de Physique et de Chimie*, décembre 1812), à  $10^{\text{mm}},6$ ; le petit axe à  $6^{\text{mm}},3$ , et l'axe de l'humeur aqueuse à 6 millimètres.

Dans l'œil de l'homme, ces points sont encore plus rapprochés. L'extrême petitesse de la distance des points d'intersection des rayons réfractés avec le cristallin, montre que les rayons de tous les points placés sur l'axe de l'œil depuis la distance de 250 millimètres jusqu'à la distance infinie, suivront dans l'œil presque la même route. D'ailleurs les rayons réfractés par les surfaces en passant à travers les trois milieux de l'œil se rapprocheront encore plus, de manière qu'ils viendront frapper la rétine dans le même point, ou du moins la distance des points d'intersection à l'axe de l'œil sera infiniment petite, tellement qu'elle ne surpassera jamais l'épaisseur de la rétine. Aussi il



se passent exactement sur le vivant comme sur l'œil de l'animal mort. Il y a une différence très-grande, qui tient à ce que, dans l'animal vivant, la pupille s'agrandit ou se resserre suivant l'intensité de la lumière, et suivant plusieurs autres circonstances que nous allons examiner.

*Mouvements de l'iris.*

Mouvements  
de la pupille.

L'ouverture circulaire placée au centre de l'iris, ou la pupille, éprouve de grandes variations dans ses dimensions; tantôt elle est à peine visible, et tantôt elle est presque aussi large que la cornée: dans le dernier cas, l'iris semble avoir disparu.

Les circonstances qui accompagnent les mouvements de la pupille sont :

1°. Les divers degrés d'intensité de la lumière; plus elle est grande, plus la pupille est contractée; quand par accident un rayon de soleil entre dans l'œil, la pupille se ferme aussitôt; si, au contraire, nous sommes placés dans un lieu obscur, la pupille est largement ouverte.

2°. Plus un objet que nous regardons est placé

---

n'est pas nécessaire de supposer un déplacement du cristallin; la netteté de la vision des objets placés depuis 250 millimètres jusqu'à l'infini, ne dépend que de leur diamètre apparent et de la transparence de l'air interposé. (*Voyez mon Journal de Physiologie*, t. IV.)

près de l'œil, plus l'ouverture de l'iris se rétrécit. Les expériences sur ce point sont délicates, car il faut y distinguer avec soin ce qui dépend des variations d'intensité de la lumière de ce qui est l'effet de la distance de l'objet. La difficulté est ici d'autant plus grande, que tous les changements de distance sont nécessairement accompagnés de changements dans l'intensité de la lumière.

Mouvements  
de la pupille.

3°. La volonté fait contracter la pupille, mais dans des limites assez restreintes; c'est plutôt de légers mouvements soit de resserrement, soit de dilatation, qu'une franche contraction comme celle qui a lieu sous l'influence des différens degrés d'intensité ou d'éclat de la lumière.

L'attention et l'effort que nous faisons pour bien voir de petits objets donnent aussi lieu à la contraction de la pupille. Voici comment je m'en assure: je choisis une personne dont la pupille soit très-mobile, et il y a de grandes différences sous ce rapport entre les hommes; je place une feuille de papier dans une position fixe par rapport à l'œil et à la lumière, et je m'assure de l'état de la pupille; alors je dis à la personne de chercher, sans faire aucun mouvement de la tête ni des yeux, à lire de très-petits caractères qui sont tracés sur le papier; aussitôt la pupille se contracte, et son resserrement dure autant que l'effort. M. Mille, jeune physiologiste polonais d'une grande espérance, a rendu cette expérience plus rigoureuse: il se sert d'un instrument



la vision; le surplus est réfléchi, repasse à travers la cornée, et va faire connaître au dehors la couleur et l'aspect de l'iris.

En traversant la chambre postérieure, la lumière ne subit aucune nouvelle réfraction; puisqu'elle marche toujours dans le même milieu (*l'humeur aqueuse.*)

*Usages du cristallin.*

Usages  
du cristallin.

En passant à travers le cristallin, la lumière subit une nouvelle modification. Les physiiciens comparent l'action de ce corps à celle d'une lentille qui aurait pour usage de rassembler tous les rayons d'un cône quelconque de lumière sur un certain point de la rétine. Mais, ainsi que nous l'avons dit plus haut, il s'en faut de beaucoup que le cristallin soit une lentille. En outre, quand même cet organe en aurait toutes les propriétés, il ne pourrait en remplir les fonctions, ou du moins ne pourrait-on en comparer l'effet à celui des lentilles qui sont employées dans l'air; car son pouvoir réfringent est à peu près semblable à celui de l'humeur aqueuse et de l'humeur vitrée (1). Tout

(1) MM. Brewster et Gordon donnent les résultats suivants sur les pouvoirs réfringents des humeurs de l'œil. L'eau étant . . . . . 1,3358.

Humeur aqueuse. . . . . 1,3365.

— vitrée. . . . . 1,3394.

Couches extérieures du cristallin. . . . . 1,3767.

Partie centrale du cristallin. . . . . 1,3990.

(Vid. Brewster's Journal V, 1, p. 49.)

Usages  
du cristallin.

ce qu'on peut dire de positif, c'est que le cristallin doit augmenter l'intensité de la lumière qui se dirige au fond de l'œil avec d'autant plus d'énergie que la convexité de sa face postérieure est plus considérable. Ce qu'on peut encore ajouter, c'est que la lumière qui passe près de la circonférence du cristallin est réfractée d'une autre manière que la lumière qui passe par le centre (1); que, par conséquent, les mouvemens de resserrement et d'agrandissement de la pupille doivent avoir sur le mécanisme de la vision une influence qui n'a pas échappé à l'attention des physiiciens. Cependant le cristallin n'a pas sur la vue l'influence qu'on lui a long-temps attribuée, car cette fonction persiste après l'enlèvement de cette partie par l'opération de la cataracte. Il existe de ce fait une autre preuve déjà fort ancienne: un œil artificiel fait avec une boule de verre sur laquelle on adapte une section d'une autre sphère plus petite, et qu'on remplit ensuite d'eau pour représenter les trois humeurs, agit comme un œil véritable, car il s'y forme des images sur le fond.

La lumière qui est venue frapper la face antérieure du cristallin, ne pénètre pas tout entière

(1) La structure du cristallin pourrait bien avoir pour un des avantages de corriger l'aberration de sphéricité que présentent les lentilles ordinaires.



dans le corps vitré; elle est en partie réfléchi. D'un côté, elle *retraverse* l'humeur aqueuse et la cornée, et va concourir à former l'éclat de l'œil; de l'autre, elle tombe sur la face postérieure de l'iris, où elle est absorbée par la matière noire qui s'y trouve; ce qui paraît être nécessaire pour la netteté de la vision. Chez les hommes et les animaux albinos, dont l'iris et la choroïde sont dépourvus de matière noire, la vue est toujours plus ou moins imparfaite (1).

Il est probable qu'il se passe quelque chose de semblable à chacune des couches qui forment le cristallin.

(1) Beaucoup de faits ne s'accordent pas avec cette explication. La plupart des animaux remarquables par l'excellence de leur vue, surtout la nuit, les chats, les renards, les chevaux, plusieurs variétés de chiens, certains poissons chasseurs, ont la choroïde et même la face postérieure de l'iris d'une couleur bleue, jaune, verte, plus ou moins éclatante; ces yeux reflètent la lumière comme ceux des chats dans l'obscurité. Ainsi le fond de l'œil de ces animaux est un miroir concave qui renvoie la lumière. D'après la théorie actuelle de la vision, on comprend difficilement comment cet éclat de la choroïde ne nuit pas à la fonction; si dans la construction de nos lunettes on négligeait de noircir les parois internes des tubes, il en résulterait de graves inconvénients. (Voyez sur ce sujet un Mémoire de Desmoulins t. IV, p. 89, de mon *Journal de Physiologie*.)

Lumière  
réfléchi par  
le cristallin.

*Usage de l'humeur vitrée.*

L'humeur vitrée a une force réfringente quelque peu moindre que le cristallin; par conséquent les rayons de lumière qui, après avoir traversé ce corps, pénètrent dans l'humeur hyaloïde, s'écartent de la perpendiculaire au point de contact.

Son usage relativement à la marche des rayons dans l'œil est donc d'augmenter leur convergence. On pourrait dire que, pour arriver au même résultat, la nature n'avait qu'à rendre le cristallin un peu plus réfringent; mais la présence de l'humeur vitrée dans l'œil a un autre usage bien plus important: c'est d'augmenter de beaucoup l'étendue de la rétine, de permettre à un plus grand nombre d'images de s'y peindre à la fois, et d'agrandir ainsi le *champ* de la vision.

M. Lehot, ingénieur et physicien instruit, a supposé, dans une suite de Mémoires sur la vision, un singulier usage au corps vitré; il croit que les parois des cellules hyaloïdes sont le lieu de la sensibilité de l'œil pour la lumière. Selon le même auteur les images ne seraient pas de simples surfaces, mais des figures à trois dimensions. Nous sommes obligés d'ajouter que ses preuves sont loin d'être satisfaisantes.

Ce que nous venons de dire d'un cône de lumière partant d'un point placé dans le prolongement de l'axe antéro-postérieur de l'œil, doit être

Usage  
du corps  
vitré.

Marche  
des rayons  
lumineux  
dans l'œil.