

Bibliothèque numérique

medic@

**Maissiat, J.. - Lois générales de
l'optique. Analyse et discussion des
principaux phénomènes
physiologiques et pathologiques qui
s'y rapportent**

1843.

*Paris : Imprimé par Béthune et
Plon*

Cote : 90974

LOIS GÉNÉRALES
DE L'OPTIQUE.

ANALYSE ET DISCUSSION
DES PRINCIPAUX PHÉNOMÈNES PHYSIOLOGIQUES ET PATHOLOGIQUES
QUI SE RAPORTENT

LOIS GÉNÉRALES
DE L'OPTIQUE.

PAR J. MAISSET.

REVUE ET CORRIGÉE EN CONSÉQUENCE DE VOS PROPOSÉES.

PARIS,
IMPRIMÉ PAR BÉTEILLE ET DION,
50, RUE DE VARENNE.

LOIS GÉNÉRALES
DE L'OPTIQUE.

4

LOIS GÉNÉRALES DE L'OPTIQUE.

ANALYSE ET DISCUSSION

DES PRINCIPAUX PHÉNOMÈNES PHYSIOLOGIQUES ET PATHOLOGIQUES
QUI S'Y RAPPORTENT.

THÈSE

Présentée au concours pour la chaire de physique médicale
à la Faculté de médecine de Paris,
le 12 décembre 1843,

PAR J. MAISSIAT,
Agrégé de Physique en exercice à cette Faculté.



PARIS,

IMPRIMÉ PAR BÉTHUNE ET PLON,
36, RUE DE VAUGIRARD.

1843.



LOIS GÉNÉRALES DE L'OPTIQUE

ANALYSE ET DISCUSSION
DES PRINCIPAUX PHÉNOMÈNES PHYSILOGIQUES ET PATHOLOGIQUES
QUI SE RAPPORTENT.

PARIS

PRÉPARÉE PAR CONSENTE BOIS DE CHATEAU DE L'ÉCOLE MÉDICALE
à la Faculté de Médecine de Paris
le 15 octobre 1843.

PAR J. MASSIAH.

APPAREIL DE L'ÉCOLE DE CHATOUNE À CELLE DE PARIS.

PARIS

IMPRIMER PAR BÉTHUNE ET FILS
36, RUE DE AUGUSTIN.

1843.

LOIS GÉNÉRALES DE L'OPTIQUE.

ANALYSE ET DISCUSSION
DES PRINCIPAUX PHÉNOMÈNES PHYSIOLOGIQUES ET PATHOLOGIQUES
QUI S'Y RAPPORTENT.

Parmi les phénomènes divers qui se rattachent aux radiations des corps lumineux, du soleil, par exemple, l'énoncé même de la question écarte ceux qui sont dus aux radiations calorifiques et chimiques. Il ne reste donc à traiter que des phénomènes qui se rattachent d'une manière prochaine à la vision, comme l'indique le mot optique, et non lumière, mis dans l'énoncé.

Ainsi nous aurons principalement à nous occuper de la propagation de la lumière dans les milieux homogènes, et des phénomènes qui se présentent lorsqu'elle rencontre des corps soit opaques, soit diaphanes.

Évidemment telle est la question de physique médicale qui nous est posée pour sujet de thèse; et la discussion devra porter principalement sur la théorie de la vision, sur ses perturbations considérées au point de vue de l'optique, et sur les moyens physiques d'y remédier.

Comme on le sait, il y a deux théories pour se rendre compte des phénomènes de la lumière: la théorie de l'émission, due à Newton; et

la théorie des ondes, dont la première idée est due à Descartes. Nous n'avons point l'intention de les exposer ni de les discuter ici, il n'est réellement important de le faire que pour l'explication de certains phénomènes qui forment une branche particulière de la théorie générale de la lumière; mais leur connaissance n'est pas nécessaire à qui veut simplement se rendre compte des *principaux phénomènes physiologiques et pathologiques qui se rattachent aux lois générales de l'optique*. Or, ces phénomènes physiologiques et pathologiques constituent tout le sujet que nous avons à traiter; et on le peut faire directement à l'aide des seules lois générales de *l'optique proprement dite*, c'est-à-dire à l'aide des simples lois de la *catoptrique* et de la *dioptrique*, selon une ancienne division classique.

Dans le vide ou dans un milieu homogène, la lumière se meut en ligne droite avec une vitesse qu'a fait connaître l'observation des éclipses des satellites de Jupiter, et qui est d'environ 70000 lieues par seconde sexagésimale de temps.

Lorsqu'un rayon de lumière pénètre dans une chambre obscure par une ouverture assez petite pour qu'on puisse la regarder approximativement comme un point, la direction que ce rayon suit est celle d'une ligne droite passant par l'ouverture et par la source de lumière. Cette direction est rendue visible par les poussières que le rayon lumineux éclaire sur sa route. Si l'ouverture a des dimensions appréciables et si l'objet lumineux est un point, le pinceau conique de lumière dont ce point est le sommet et dont l'ouverture est la base va tracer sur un écran placé dans la chambre obscure l'image de l'orifice. Si l'objet lumineux est formé de plusieurs points, chaque point envoie un faisceau pareil. Si chacun de ces faisceaux se réduisait à son axe, c'est-à-dire au rayon passant par le centre de l'orifice, on apercevrait sur l'écran une série de points disposés symétriquement par rapport aux divers points lumineux de l'objet éclairant, c'est à-dire une image renversée de cet objet. Bien que les faisceaux ne soient pas réduits à leur axe, l'effet général est le même : seulement la netteté des images et la pureté des contours

sont légèrement altérées, parce qu'à chaque point lumineux de l'objet se trouve substitué dans l'image un cercle lumineux. On diminue le diamètre de ces cercles lumineux, leur superposition partielle, et par conséquent on augmente la pureté de l'image, en diminuant le diamètre de l'orifice ; mais, d'un autre côté, on diminue aussi l'intensité de la lumière. On ne peut réunir à la fois la netteté et l'éclat qu'en employant une lentille dont l'effet est, comme nous le verrons plus tard, de réunir en un même point tous les rayons partis d'un même point.

On prend pour intensité de la lumière la quantité de lumière reçue sur l'unité de surface. Lorsqu'il s'agit d'un point lumineux, cette intensité de la lumière reçue sur l'unité de surface diminue avec la distance. Elle est en raison inverse du carré de cette distance. On le conçoit facilement dans l'une et l'autre hypothèse théorique. Pour un objet lumineux peu étendu, l'intensité de la lumière envoyée sur l'unité de surface est proportionnelle à l'aire lumineuse, ou au nombre des points lumineux multiplié par l'intensité du pouvoir éclairant de chaque point : en sorte que, définitivement, lorsqu'un objet est éclairé par une surface lumineuse de peu d'étendue, l'intensité de l'éclairement est :

$$\frac{S i}{d^2}$$

S étant la surface lumineuse, i l'intensité du pouvoir éclairant de chaque point lumineux, et d la distance du corps lumineux à la surface éclairée.

On déduit en outre de considérations fort simples que, pour une surface éclairée obliquement, l'intensité de la lumière reçue est proportionnelle au sinus de l'angle d'inclinaison θ du rayon sur la surface. La formule générale qui convient à tous les cas est donc :

$$\frac{S i \sin \theta}{d^2}$$

Pour une petite surface éclairante, l'éclat sensible à notre œil,

que M. J. Herschell désigne sous le nom d'*éclat intrinsèque apparent*, reste constant quand la distance augmente. En effet, si la quantité de lumière admise dans l'œil diminue comme le carré de la distance augmente, la surface sur laquelle cette lumière se répartit dans notre œil diminue dans le même rapport.

Ces propositions ne se vérifiaient d'une manière rigoureuse que si la lumière se propageait dans le vide. Nos sensations ne nous donnent pas de mesures précises de l'éclat; il en résulte que les procédés photométriques, fondés même sur l'égalité de sensations simultanées, ne permettent pas d'établir expérimentalement cette proposition d'une manière bien précise.

Nous passons sous silence ces procédés photométriques.

Lorsqu'un faisceau de lumière rencontre un obstacle ou un milieu nouveau, il éprouve des changements ou des modifications que l'on peut classer comme il suit: une portion de la lumière rebrousse chemin, est réfléchie régulièrement ou irrégulièrement: le reste du faisceau pénètre dans le milieu, y est absorbé, en totalité si le milieu est opaque, partiellement s'il est transparent: dans ce dernier cas, la lumière éprouve en général un changement de direction auquel on a donné le nom de *réfraction*. Cette *réfraction* est accompagnée d'un épanouissement et d'une coloration du faisceau de lumière, qu'on appelle *dispersion*. Parlons d'abord de la *réflexion*.

Pour la *réflexion irrégulière*, il n'existe point de loi définie. Chaque point de la surface éclairée du corps réfléchissant envoie de la lumière dans toutes les directions, et c'est ce qui rend les corps visibles.

La quantité de lumière ainsi dispersée est d'autant moindre, et, par conséquent, la quantité de lumière réfléchie régulièrement est d'autant plus grande que la surface réfléchissante est plus polie.

Quant à la *réflexion régulière*, on constate, à l'aide d'un cercle répétiteur et d'une surface polie, qu'un rayon de lumière qui tombe sur cette surface sous un angle d'incidence i avec la normale, s'y réfléchit dans une direction qui demeure dans le plan mené par

la normale et par le rayon incident. On constate de plus que le rayon réfléchi fait avec cette même normale un angle de réflexion r égal à l'angle d'incidence i , en sorte qu'on a :

$$i=r.$$

Les deux lois de la réflexion régulière peuvent donc s'énoncer ainsi : première loi, les plans d'incidence et de réflexion coïncident ; deuxième loi, l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.

On en conclut que la lumière, après sa réflexion sur une surface plane polie, se propage comme si elle émanait d'un lieu situé derrière cette surface symétriquement par rapport au lieu réel d'origine, c'est-à-dire au point lumineux.

Quand la surface est courbe, la direction du rayon réfléchi est la même que s'il avait subi la réflexion sur le plan tangent au point d'incidence.

On en conclut que, dans le cas d'une surface courbe réfléchissante, si cette surface est de révolution, les rayons lumineux partis d'un point de l'axe de révolution suivent, après leur réflexion, des directions convergentes ou divergentes, indépendantes de l'azimut dans lequel on les considère.

Dans le cas simple d'une surface réfléchissante sphérique ou d'un *miroir sphérique* d'une petite ouverture, la distance p' au sommet du miroir du lieu P' de convergence ou de divergence des rayons réfléchis, et la distance p à ce même sommet du lieu P de divergence ou de convergence des rayons incidents, sont liées au rayon r du miroir par la formule

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{2}{r} \text{ ou } \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

en désignant par f la *distance focale principale* ou la distance au sommet du miroir du lieu F de concours des rayons réfléchis, dans

le cas d'incidence parallèlement à l'axe. On nomme ce lieu *F foyer principal*.

On tire de la formule pour valeur de p'

$$p' = \frac{pf}{p-f}$$

En réalité, les rayons réfléchis ne se coupent pas en un point unique ; mais on peut, sans grande erreur, admettre qu'il en est ainsi quand l'ouverture du miroir n'est que d'un petit nombre de degrés.

Cette formule permet de déterminer la position et la forme des images : il suffit, pour cela, de remarquer que si le point désigné par P n'est pas exactement situé sur l'*axe principal* passant par le centre de figure du miroir, mais s'en trouve peu éloigné angulairement, le point P' se trouve sur un *axe secondaire* passant par le centre et par le point P . P et P' sont appelés *foyers conjugués* par réflexion l'un relativement à l'autre ; et si la lumière rebroussait chemin, ou partait de P' , elle irait converger en P .

Nous nous bornerons à ces indications succinctes des conséquences des lois de la réflexion : passons à la réfraction.

Lorsque la lumière tombe à la surface d'un milieu transparent, la portion de cette lumière qui échappe à la réflexion et pénètre dans le corps s'y divise en deux parties : l'une se dissémine en toutes directions, et si ultérieurement elle est admise dans l'œil ; nous voyons le corps par transparence.

L'autre partie de la lumière qui a pénétré suit une marche régulière, et nous allons nous en occuper.

Au moment de cette pénétration ou du passage de la lumière dans un nouveau milieu transparent homogène, en général le rayon lumineux est dévié de sa direction primitive, c'est-à-dire réfracté ; mais cette réfraction est soumise à des lois simples posées par Descartes dans l'énoncé que voici :

Lorsqu'un rayon de lumière passe d'un milieu dans un autre doué d'un pouvoir réfringent différent, il se brise à la surface de sépara-

tion des deux milieux, et *les sinus des angles d'incidence et de réfraction sont dans un rapport constant*. On a donné à ce rapport le nom *d'indice de réfraction* : l'indice de réfraction est constant pour chaque milieu, mais variable d'un milieu à un autre. *Le rayon incident, le rayon réfracté et la normale à la surface de séparation des milieux au point d'incidence, sont dans un même plan*. Si la lumière rebroussait chemin, elle suivrait les mêmes directions en sens inverses ; c'est-à-dire que si elle approchait de la surface de séparation en suivant la direction du premier rayon réfracté, elle suivrait en s'éloignant la direction du premier rayon incident. Des deux milieux celui-là est dit le plus réfringent dans lequel le rayon lumineux se rapproche le plus de la normale. En général les milieux les plus denses sont les plus réfringents ; mais il y a nombre d'exceptions : exemple, l'alcool, l'éther, plus réfringents que l'eau quoique moins denses que ce liquide.

Pour le cas de la réfraction de l'air dans l'eau, le rapport constant du sinus de l'angle d'incidence au sinus de l'angle de réfraction ou l'indice de réfraction est $\frac{4}{3}$. Généralement, en désignant par l l'indice de réfraction, par i et r les angles d'incidence et de réfraction, on a :

$$\sin i = l \sin r.$$

On vérifie cette loi de la réfraction par la déviation de la lumière à travers des prismes.

La réfraction de la lumière n'est pas un phénomène aussi simple que nous venons de le dire ; elle s'accompagne d'une division ou dispersion de ses éléments constituants en des rayons de couleurs diverses et variablement réfrangibles ; nous y reviendrons plus loin. Nous supposons provisoirement que la lumière demeure homogène en se réfractant, ou bien qu'il s'agit d'un rayon moyen entre tous les rayons diversement réfrangibles et dispersés dans le plan de réfraction.

Nous allons nous appuyer sur cette formule, ou sur les lois de la

réfraction, pour rechercher la marche de la lumière dans des milieux terminés par des surfaces planes ou courbes ; mais auparavant nous devons faire remarquer un cas singulier, dans lequel la réfraction se transforme en réflexion.

Des deux angles formés par le rayon incident et par le rayon réfracté avec la normale, le plus grand est toujours celui situé dans le milieu le moins réfringent : il en résulte que, quand ce dernier angle est de 90° , l'autre atteint une certaine valeur déterminée, dépendant de la nature du milieu, et qu'on désigne sous le nom d'*angle limite*. Si la lumière vient du milieu le plus réfringent, et forme un angle d'incidence égal à cet angle limite, le rayon émergera parallèlement à la surface de séparation. Pour un angle d'incidence plus grand la loi serait en défaut si la lumière émergeait, puisque l'angle de réfraction doit être plus grand que 90° . L'expérience prouve que dans ce cas le phénomène change de nature, que le rayon incident reste dans le premier milieu, éprouve une réflexion sur la surface de séparation, ou que la réfraction se transforme en réflexion totale. Ceci, du reste, se déduit immédiatement de la formule.

De là l'explication de divers phénomènes, du mirage entre autres, qui peut être considéré comme un cas de réflexion totale.

Dans le passage de la lumière à travers des milieux terminés par des surfaces parallèles, le rayon n'éprouve pas de déviation angulaire.

Mais au passage de la lumière à travers des milieux terminés par des surfaces courbes, il s'opère régulièrement des déviations angulaires vers certains centres ou *foyers*. Le cas le plus important à discuter ici est le cas des milieux terminés par des surfaces sphériques.

Lorsque la lumière passe d'un milieu dans un autre indéfini terminé par une surface sphérique d'une petite ouverture, en appelant p et p' les distances des foyers conjugués au sommet de la surface, r le rayon de courbure de cette surface, et I l'indice de réfraction, on a :

$$\frac{1}{p} + \frac{l}{p'} = \frac{l-1}{r}$$

formule qui convient à tous les cas, pourvu qu'on donne des signes convenables à p' et à r .

Lorsque le second milieu n'est pas indéfini, mais qu'il est terminé par deux surfaces sphériques en contact avec un même milieu; en un mot, lorsqu'il s'agit d'une *lentille* d'une petite ouverture et d'une épaisseur négligeable, les distances des foyers conjugués au sommet de la surface et les deux courbures de cette surface sont liées par la relation.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = (l-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right)$$

ou $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{a}$

a étant la *distance focale principale* de la lentille.

De cette formule, on déduit la formation des images données par les lentilles. La marche à suivre est la même que celle qui a été indiquée pour la formation des images par réflexion, avec cette seule différence que le centre de la surface sphérique réfléchissante est remplacé ici par le *centre optique*. Dans les miroirs, l'image d'un point est sur l'axe secondaire passant par le centre; dans les lentilles, elle est sur l'axe secondaire passant par le centre optique. Il résulte de là que l'objet et son image sont vus sous le même angle du centre d'un miroir ou du centre optique d'une lentille.

Le rapport entre la grandeur de l'image et la grandeur de l'objet, rapport qui, dans le cas des miroirs, est égal à celui des distances au centre, est semblablement donné dans le cas des lentilles par le rapport des distances au centre optique.

On peut faire rentrer le cas de plusieurs lentilles consécutives dans le cas d'une seule lentille; voici comment:

Le point de réunion des rayons qui ont traversé une première lentille peut être considéré comme le point *réel* ou *virtuel* d'où

émanent ceux qui tombent sur la seconde : on peut donc en déterminer le foyer conjugué. Ce nouveau foyer peut à son tour être considéré comme point rayonnant pour une troisième lentille, ainsi de suite.

Les formules précédentes ne sont applicables qu'aux rayons centraux, pour les autres rayons, il y a *aberration de sphéricité* ; leur foyer varie de position avec la distance du point d'incidence au sommet de la surface. Cette aberration s'accroît avec l'ouverture de la lentille ; elle a pour effet d'altérer la pureté des images d'une manière sensible dès que la lentille présente une certaine ouverture.

Nous avons dit que, toutes les fois que la lumière est réfractée, elle s'épanouit dans le plan de réfraction et se colore. Ce phénomène a été l'objet d'études approfondies de la part de Newton : tout le monde connaît son expérience du spectre solaire. Si dans une chambre obscure on introduit un rayon solaire par une petite ouverture, il va tracer sur un tableau une image blanche circulaire ; mais si sur le trajet de ce rayon on interpose un prisme dans la position du *minimum* de déviation, au lieu d'une image circulaire blanche on aperçoit une image colorée et allongée dans un plan perpendiculaire aux arêtes du prisme, image qu'on désigne sous le nom de *spectre*.

Ce spectre présente une succession de couleurs passant par degrés insensibles du rouge au violet. L'œil distingue néanmoins sept couleurs principales qui sont :

Violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge.

Pour expliquer ce phénomène, Newton remarquait d'abord que si toutes les parties du faisceau incident étaient également réfrangibles, l'image serait sensiblement circulaire ; comme il n'en est point ainsi, on doit en conclure que la lumière blanche n'est pas homogène, mais formée de rayons élémentaires inégalement réfrangibles et de couleurs différentes. A la plus grande réfrangibilité correspond la plus grande déviation ; par conséquent la réfrangibilité augmente

du rouge au violet. D'un autre côté, la couleur variant avec l'indice, on est conduit à regarder la lumière comme formée d'une infinité de rayons de diverses couleurs inégalement réfrangibles, et à regarder la couleur et l'indice comme inséparablement unis.

Newton montra en effet qu'en réunissant tous les rayons dispersés on reproduit la lumière blanche primitive. Un groupe partiel de rayons serait coloré : deux groupes qui en somme les contiendraient tous donneraient lieu par leur réunion à de la lumière blanche : on nomme les couleurs de ces groupes *couleurs complémentaires*. Un groupe partiel peut être de la nuance d'une couleur prismatique, mais il serait de nouveau décomposable par le prisme, tandis qu'après avoir expérimenté de mille manières sur les rayons du spectre, Newton reconnut qu'ils ne pouvaient plus être subdivisés par la réfraction.

Mais ce n'est là qu'une preuve négative, et nous devons dire que M. Brewster en analysant le spectre, non plus par réfraction, mais par *absorption* (c'est-à-dire par l'extinction de certains rayons dans des milieux transparents colorés), a cru reconnaître que des rayons de même indice pouvaient avoir des couleurs différentes, ou, ce qui revient au même, que des rayons de même couleur pouvaient avoir des indices différents.

Quoi qu'il en soit, les indices variant d'une couleur à une autre et chaque couleur dans le spectre occupant une certaine étendue, dont il est difficile d'assigner les limites, on conçoit que l'indice de réfraction de la lumière n'était susceptible d'aucune détermination précise avant une découverte de Wollaston et de Frauenhofer qui a fait connaître dans le spectre un certain nombre de points de repère ou *raies constantes*, par lesquelles on a pu définir la direction des rayons réfractés.

On a quelques raisons de supposer que ces raies sont dues à l'absorption de certains rayons de lumière par des milieux spécifiques interposés entre les corps lumineux et nous.

En observant successivement la déviation des rayons réfractés

dont la position est définie par certaines raies du spectre, on détermine les indices correspondants à certains rayons de lumière.

L'indice des rayons de chaque couleur varie d'une substance à une autre; mais en outre leur rapport même ne demeure pas constant, c'est-à-dire que les diverses substances ont des pouvoirs dispersifs très-différents. Newton admettait que la dispersion était toujours proportionnelle à la réfraction, il en conclut que la lumière naturelle qui a traversé un système réfringent ne peut être à la fois déviée et incolore.

Mais Euler, se fondant sur l'achromatisme sensible de l'œil, émit la proposition contraire, et Dollond, célèbre opticien anglais, démontra le premier par l'expérience, que l'achromatisme est possible.

Quand la lumière tombe sur une lentille, la distance focale principale est donnée par la relation

$$\frac{1}{f} = (l-1) \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right)$$

L'indice variant d'une couleur à l'autre, la distance focale principale varie aussi : d'où il suit qu'au lieu d'une seule image on obtient une série d'images colorées placées à la suite les unes des autres, à des distances inégales de la lentille.

Le plus ordinairement ces images sont assez voisines, de sorte que pour l'œil elles se superposent partiellement, et les bords seuls apparaissent colorés. Cette coloration ne peut disparaître qu'autant que les images se feraient au même lieu, ce qui est impossible avec une seule lentille.

Mais en employant deux lentilles, système dont la distance focale principale renversée est égale à la somme des distances focales principales renversées des deux lentilles séparées, on conçoit que les variations des indices qui font varier la distance focale principale renversée de chaque lentille élémentaire puissent les faire varier en sens contraire, de telle sorte que la distance focale principale renversée

du système demeure constante, au moins pour les deux rayons les plus lumineux: tel est un système achromatique.

Si l'on avait à traiter complètement la question de la dispersion sous toutes ses faces, il faudrait encore remarquer que le spectre présente trois sortes de radiations: radiations lumineuses, calorifiques et chimiques. En général, les effets calorifiques sont plus sensibles vers la partie rouge, ou la moins réfrangible; les effets chimiques, au contraire, sont plus sensibles vers la partie violette, ou la plus réfrangible du spectre. On a représenté ces effets variables par des courbes d'intensité, variables elles-mêmes avec le prisme employé pour la dispersion. Mais nous nous contentons d'indiquer ceci, qui appartient à une question plus générale que celle des lois de l'optique et des principaux phénomènes physiologiques et pathologiques qui s'y rapportent.

Telles sont, au point de vue de notre question, les lois générales de l'optique. Nous allons maintenant analyser et discuter, à l'aide de ces lois, les principaux phénomènes physiologiques et pathologiques qui s'y rattachent.

La question majeure comprendra les phénomènes de la vision, les perturbations de cette fonction eu égard au passage de la lumière dans l'œil et à ses effets physiques, enfin les moyens d'y remédier.

Pour procéder avec méthode dans la discussion du phénomène de la vision, nous dirons d'abord quelques mots sur la disposition mécanique de l'œil comme instrument d'optique, sans néanmoins insister là-dessus, car ces descriptions ne peuvent réellement être bien présentées que sur l'organe même, ou à l'aide de figures que le peu de temps qui nous est accordé ne permet point de faire graver.

Puis nous discuterons la formation des images dans l'œil, et nous passerons enfin à la discussion du rapport qui existe entre ces images formées, ou généralement les effets de la lumière dans l'œil, et les sensations que nous percevons simultanément.

Nous jetterons ensuite un coup d'œil sur les divers animaux, soit

au point de vue de l'anatomie de leur appareil optique comparé à celui de l'homme, soit au point de vue de l'installation de ce même appareil comparativement dans l'homme lui-même et dans les animaux.

Pour une idée générale, l'œil humain consiste en un globe creux, sorte de chambre noire ouverte d'un côté, où se trouve enchâssée une lentille. Cette lentille détermine dans l'œil la formation d'images sur la paroi opposée à l'ouverture, en y concentrant au même point tous les rayons admissibles partis d'un point lumineux extérieur. Ces images sont d'autant plus nettes que les points lumineux sont plus rapprochés de l'axe de la lentille.

C'est, plus exactement, un système de lentilles qui concentrent les rayons lumineux émanés de chaque point d'un objet en vue sur la surface d'une membrane nerveuse délicate, la rétine. Cette rétine est douée d'une sensibilité spéciale pour cet ordre de sensations, et présente à sa surface tournée du côté des lentilles, d'après des recherches microscopiques de Tréviranus, comme une mosaïque résultant d'innombrables papilles élémentaires d'une ténuité extrême. Nous reviendrons en lieu convenable sur cette disposition remarquable de la rétine, qui se rapproche ainsi de l'organisation des organes du tact.

La forme générale de l'œil déterminée par une enveloppe opaque, la sclérotique, est celle d'une sphère de 10 à 11 millimètres de rayon dont on aurait détaché en avant une petite calotte ayant une base de 11 à 12 millim. de diamètre, pour lui substituer une autre calotte sphérique, la *cornée transparente*, de même base, mais de rayon moindre, puisqu'il n'est que de 7 à 8 millimètres.

A la jonction de ces deux portions de sphère, l'une, postérieure, plus grande, opaque, blanche, très-dense, très-résistante; l'autre, antérieure, moindre, très-diaphane, lamelleuse, mais pareillement très-dense, très-résistante, se trouve l'iris, diaphragme annulaire, adhérant par un périmètre extérieur, libre par son bord central, situé dans le plan de la base commune aux enveloppes. L'iris est

opaque, variablement coloré, fibreux dans le sens des rayons et dans le sens d'anneaux concentriques.

Son ouverture centrale, circulaire, variable, ou la *pupille*, est moyennement de 3 à 7 millimètres de diamètre, mais les variations du diamètre de la pupille peuvent s'étendre au delà de ces limites, elles ont lieu rapidement, incessamment, et jouent un grand rôle dans les fonctions de l'œil.

Derrière l'iris et très-près de cette membrane (ou de ce muscle?) se trouve un organe lenticulaire, le *cristallin*, enveloppé et soutenu dans une membrane parfaitement diaphane comme lui, c'est sa capsule. La capsule du cristallin adhère par son bord à une couronne annulaire d'organisation problématique, la couronne ciliaire. En contact avec la surface interne de la sclérotique se trouve la membrane *choroïde* de même forme et enduite sur la face opposée, c'est-à-dire en dedans, d'une couche pigmentaire sombre d'un brun-noirâtre, très-apte à absorber la lumière introduite qui aurait traversé la *rétine* légèrement diaphane, qu'elle revêt et qui est aussi d'une forme analogue, sphérique, tronquée, concentrique. La couche pigmentaire s'étend derrière l'iris.

Entre le cristallin et la rétine d'une part, le cristallin et la cornée transparente d'autre part, existent des espaces, deux chambres, l'une postérieure, l'autre antérieure, remplies par des liquides, limpides, incolores, dont les indices de réfraction ont été mesurés, et qui achèvent de remplir exactement le globe de l'œil.

Tous ces corps liquides ou solides sont généralement d'une forme de révolution autour d'un même axe, l'axe de figure extérieure, c'est l'*axe optique principal*.

La sclérotique et la choroïde sont ouvertes en arrière, en dedans et un peu en bas, pour permettre la continuité nerveuse entre la rétine et le *nerf optique*.

Au-devant de l'œil humain on trouve des paupières, voiles mobiles que tout le monde connaît. Le seul point qu'il soit bon de faire remarquer ici, c'est que les paupières sont perméables à la lumière, ou

légèrement diaphanes : cette propriété intervient dans un phénomène physiologique dont il sera question.

Revenons un peu sur les éléments constitutifs de l'œil pour ajouter quelques détails à cette vue d'ensemble.

Voici les dimensions moyennes des parties constitutantes d'un œil humain.

Rayon de courbure de la sclérotique	10	à	11	mill.
<i>Id.</i> de la cornée transparente.	7	à	8	
Diamètre de l'iris.	11	à	12	
<i>Id.</i> de la pupille.	3	à	7	
Épaisseur de la cornée transparente.	1			
Distance de la pupille à la cornée.	2			
Distance de la pupille au cristallin.	4			

Quelques auteurs ont admis que cette dernière distance est nulle ou très-petite ; ainsi M. J. Herschell, dans ses dessins de l'œil, ne la figure pas ; il est très-difficile, sinon impossible, de s'assurer du fait.

Rayon antérieur du cristallin.	7	à	10	mill.
Rayon postérieur du <i>id.</i>	5	à	6	
Diamètre du cristallin.	10			
Épaisseur du <i>id.</i>	5			
Longueur de l'axe de l'œil	22	à	24	

La figure de la cornée, d'après M. Chossat, est celle d'un ellipsoïde de révolution autour de son grand axe.

L'humeur aqueuse ou le liquide incolore et parfaitement diaphane qui remplit la chambre antérieure, n'est effectivement que de l'eau contenant un peu de muriate de soude et de gélatine, avec quelques traces d'albumine dans une proportion moindre que 0,08 d'après Chenevix. Son indice de réfraction, d'après MM. Chossat, Brewster et Gordon, est presqu'exactement le même que celui de l'eau : il est représenté par 1,337, celui de l'eau étant 1,336.

Le cristallin n'est point une lentille homogène, il est constitué

par couches superposées. La courbure de ses deux surfaces n'est point sphérique, ni la même aux deux faces : chacune appartient, d'après M. Chossat, à une ellipsoïde de révolution autour de son petit axe.

Le cristallin contient beaucoup plus d'albumine et de gélatine que les autres milieux de l'œil : si bien que, diffusent en partie dans l'état naturel, il est entièrement coagulable par la chaleur; il offre des traces de fer. Sa densité augmente généralement de la surface au centre. Selon MM. Brewster et Gordon, l'indice de réfraction de sa substance constituante est 1,3999 au centre, 1,3786 à mi-profondeur du centre, et 1,3767 à la surface même, l'indice de l'eau pure étant 1,3358. Cet accroissement de l'indice de réfraction à mesure qu'on se rapproche du centre du cristallin tend évidemment à faire converger les rayons centraux plus près qu'ils n'eussent convergé l'indice restant identique dans toute la lentille; de là une correction des effets de l'aberration de sphéricité pour le cristallin.

De plus la dissection d'un grand nombre de cristallins a démontré à M. Pouillet que ce corps est composé de couches semblablement disposées les unes en dedans des autres, mais néanmoins non réellement concentriques : il en est donné une figure détaillée dans le *Traité de physique* de M. Pouillet, et cette disposition s'accorde parfaitement avec les mesures directes fournies par M. Chossat. Les couches extérieures sont elliptiques de révolution autour du petit axe; et les couches successives, en se rapprochant du centre, se rapprochent de la figure sphérique jusqu'à la partie solide centrale ou noyau, qui est exactement sphérique.

Il résulte de cette disposition un nouvel élément de correction de l'aberration de sphéricité. En effet, les couches centrales étant ainsi tout à la fois et plus courbes et plus réfringentes que celles des bords, les rayons centraux en iront converger moins loin, c'est-à-dire que leur foyer se rapprochera ainsi de celui des rayons marginaux déplacé par aberration de sphéricité; ces deux lieux extrêmes,

entre lesquels sont compris tous les foyers intermédiaires, pourront donc différer très-peu de distance à la lentille cristalline.

M. Muller et M. de Halde ont décrit une structure élémentaire des couches du cristallin ; chaque couche, d'après M. Muller, résulterait de trois champs ou systèmes de fibres élémentaires, parallèles dans un même système, épaisses comme la couche cristalline, et dirigées dans le sens de trois rayons ou, pour chaque système parallèlement les unes aux autres de la circonference au centre, et d'un système à l'autre dans des directions inclinées. On ne voit point le but de cette disposition. Les fibres du cristallin se pénètrent réciproquement par des dentelures qu'elles présentent sur leurs bords, comme l'a fait voir M. Brewster. Les lignes qui séparent les champs varient d'azimut sur l'axe optique, et, sur une projection commune, les six lignes seraient représentées par six rayons également écartés. (Dr Wertheim, *Dissert. inaugurale*, Vienne, 1839.)

La chambre postérieure est remplie par l'*humour vitrée*. Cette humeur vitrée, d'après Chenevix, ne diffère sensiblement de l'*humour aqueuse*, ni en composition chimique, ni en densité. Son indice de réfraction est 1,339, nombre qui, pareillement, diffère peu de celui 1,337, qui représente l'indice de l'*humour aqueuse*. L'*humour vitrée* est remarquable en ceci qu'elle n'est point homogène en une seule masse liquide comme l'*humour aqueuse*, mais cette humeur vitrée se trouve répartie en des cellules séparées, quoique communiquant ensemble, c'est-à-dire dans les mailles ou cellules de la *membrane hyaloïde* parfaitement transparente ; disposition analogue à celle du blanc d'un œuf de poule.

La choroïde peut se séparer en deux membranes, la choroïde proprement dite, et la *membrane ruischienne* vasculaire, plus visible chez certains mammifères que chez l'homme. La face interne de la choroïde est recouverte d'une couche ou *membrane pigmentaire*, résultant de cellules hexagonales, aplatis, diaphanes, mais remplies de *granules pigmentaires*. Ces granules pigmentaires manquent chez les *albinos*.

Le *cercle ciliaire* paraît être fibreux chez l'homme : il présente

en dedans de sa courbure une série d'appendices ou *procès ciliaires* qui s'engagent entre l'iris et la capsule du cristallin, ou mieux entre l'iris et un feuillet hyaloïdien qui double cette capsule cristalline. Entre ces appendices ou procès ciliaires, et partant à la face postérieure de l'iris, se trouve un pigment abondant, bien propre à éteindre les rayons lumineux rétrogrades du fond de l'œil; les procès ciliaires eux-mêmes s'en trouvent enduits.

La rétine a été étudiée avec un soin particulier dans ces derniers temps. Le microscope y a fait découvrir à Tréviranus une organisation spéciale du plus haut intérêt et dont nous avons déjà dit un mot précédemment.

D'après Tréviranus et M. Gottsche, la rétine, dans son ensemble, résulte de trois couches spéciales et distinctes ainsi qu'il suit : la première couche, la plus excentrique, est comme pultacée, ou granuleuse; la deuxième couche, ou couche moyenne, présente des fibres nerveuses, des filets conducteurs; la troisième couche, ou la plus centrale, résulte d'une infinité de très-petits cylindres pressés en mosaïque les uns contre les autres, et tous ayant leur axe dirigé vers le centre de figure de l'œil. Ces cylindres ne se voient bien que fort peu de temps après la mort, ce qui ne permet guère de les étudier que chez les animaux voisins de l'homme. Ils se détachent facilement de leur couche de support, et flottent alors très-visibles dans la lame d'eau du champ du microscope. Ces trois couches de la rétine semblent parfaitement définies, et les observateurs sont d'accord sur leur existence, mais on n'a point précisé les rapports de jonction de ces trois couches. Le mode d'union des cylindres de la couche centrale, qui tous sont dirigés vers le centre de figure de l'œil, avec les fibres ou cylindres de la couche intermédiaire qui traversent perpendiculairement au rayon, serait surtout intéressant à connaître. Un détail de Tréviranus semble indiquer que les fibres de la couche moyenne proviennent des filets du nerf optique s'irradiant en toutes directions après leur entrée dans l'œil. Chacun de ces filets ou cylindres de la couche moyenne, après un trajet variable de l'un à l'autre, se re-

courberait vers le centre de l'œil pour constituer un des petits cylindres par son extrémité propre, terminée d'une manière abrupte. Chez quelques animaux ces extrémités terminales sont renflées en forme de papilles. M. Muller se demande surtout si le nombre des cylindres terminaux n'est qu'égal à celui des fibres nerveuses de la couche intermédiaire, ou si plusieurs cylindres terminaux sont implantés en série sur chaque fibre nerveuse de la couche moyenne.

A défaut de mesures prises chez l'homme, nous citerons quels diamètres on a trouvés à ces cylindres ou aux papilles terminales chez les animaux. Chez le hérisson le diamètre des cylindres était de 0,004, chez le lapin celui des papilles était de 0,0033 : ces mesures auront de l'intérêt pour la recherche des limites de ténuité des plus petites images perceptibles dans la vision.

Les nerfs optiques se composent de fibres primitives plus déliées que celles d'aucun autre nerf; on peut considérer les filets de la couche moyenne de la rétine comme un épanouissement de ces filets primitifs des nerfs optiques.

Mais un point d'anatomie important sous le rapport de la vision, c'est que les deux nerfs optiques provenant symétriquement du cerveau présentent, avant d'entrer dans l'orbite et de se rendre chacun à l'œil correspondant, la plus large communication mutuelle que l'on connaisse entre deux nerfs d'une même paire. Cette communication des nerfs optiques, connue sous le nom d'entrecroisement, *chiasma*, joue un grand rôle dans la vision, principalement dans l'explication de l'unité de la sensation ou de la sensation double pour une impression élémentairement double toujours, quand nos deux yeux à la fois peuvent admettre la lumière émanée des mêmes objets. Généralement les choses paraissent se passer (sauf des restrictions que nous indiquerons en leur lieu) comme si les deux nerfs optiques et les deux rétines étaient en tout symétriquement constitués d'un côté à l'autre du corps par rapport à son plan de symétrie général, et de plus comme si chaque nerf optique parvenu au chiasma s'y divi-

sait en deux moitiés identiques se rendant aux deux yeux pour s'y répartir sous forme de rétine en des points homologues de chacun de ces deux organes par rapport à deux plans verticaux, passant pour chacun par l'axe de figure de l'organe, en sorte qu'en rameant ces deux plans verticaux à se confondre, chaque double point des rétines confondues transmettrait la sensation au cerveau par un même nerf bifide du chiasma aux yeux, mais qui pourrait être simple du chiasma au cerveau. De plus, tous les points situés à gauche dans les rétines communiqueraient leur ébranlement au cerveau par le nerf optique primitif gauche, et tous les points situés à droite par le nerf optique primitif droit.

Qu'il en soit réellement ainsi de la structure et de la distribution des nerfs optiques, c'est ce dont on n'a point encore pu s'assurer. Dans l'homme en particulier, le mode de communication des nerfs optiques dans le chiasma n'a pu encore être défini nettement par les anatomistes.

Cherchons maintenant, à l'aide de ces données anatomiques, à nous faire une théorie de la vision chez l'homme.

Nous ne pouvons guère espérer d'atteindre qu'à une théorie approchée de cette fonction, car on n'ignore point que, depuis Kepler, qui en donna les premières idées justes, les plus illustres physiciens, Newton, Young et tant de célèbres modernes ne sont point encore tombés d'accord sur les éléments de précision qui s'y manifestent incontestablement.

Disons un mot d'historique. Parmi les anciens, les platoniciens et les stoïciens pensaient que des rayons partant de l'œil en rencontrent d'autres provenant des objets éclairés et les rendent visibles ; qu'après un conflit mutuel, les rayons primitivement partis de l'œil rentrent dans cet organe et nous rapportent ainsi la sensation des objets.

Cette théorie a été encore soutenue par Roger Bacon (*Opus magnum*, p. 289).

Les epicuriens au contraire admettaient que des images sortaient des objets mêmes pour pénétrer dans l'œil.

Les péripatéticiens admettaient aussi ces images, mais incorporelles.

Aristote, ce génie, disait purement qu'une essence incorporelle devait occasionner la vue des corps; que ce qui est perçu par l'œil n'est pas la matière même, mais une apparence, comme l'impression d'un cachet dans la cire.

Ses élèves prirent la chose à la lettre et dirent que les objets faisaient impression sur l'air, l'air sur les couches ultérieures, et ainsi successivement jusqu'au cristallin, organe principal selon eux. Ils considéraient la vue comme analogue à l'ouïe. Ceci a quelques rapports avec l'idée première de Descartes sur la nature de la lumière, l'idée des ondulations, comme on sait.

J.-B. Porta, auteur de la chambre obscure (*De refractione opticae parte, libri IX, Neapoli, 1583*), compara l'œil à la chambre obscure; mais, bien que cette comparaison fût très-juste en soi, l'auteur néanmoins n'avait qu'une connaissance imparfaite de la disposition de l'œil, et tenait la pupille pour une ouverture par laquelle était opérée la formation d'une image sur le cristallin.

Kepler (*Paralipomena ad Vitellionem, Francofurti, 1604*) corrigea cette erreur, et émit l'idée juste que la rétine est un écran sur lequel tombent les images données par la lentille ou cristallin, d'après les règles de l'optique. La connaissance qu'eut Kepler du véritable mécanisme fondamental de la vision fut si exacte, qu'il indiqua d'une manière précise l'action des verres convenables pour les presbytères et pour les myopes. On trouve une idée analogue, mais peu précise, dans Vésale (*De humani corporis fabrica, libri VII. Basileæ, 1543*).

Scheiner, en 1625, précisa encore davantage et démontra l'image formée sur la partie postérieure de la rétine dans des yeux de bœuf, de mouton (*Londres, 1652*).

Mariotte, en 1668 (*Oeuvres, pag. 496*), démontra un lieu du

fond de l'œil insensible à la lumière : on l'appela *punctum cæcum*. L'expérience qui le prouve, et dont nous parlerons en son lieu, fut répétée en présence du roi d'Angleterre.

Picard, Lecat, Purkinje varièrent cette expérience de Mariotte.

Daniel Bernoulli (*Commentaires de l'Académie de Saint-Pétersbourg*) montra que ce *punctum cæcum* se trouve écarté de l'axe de figure de l'œil d'environ 7 $\frac{1}{2}$ du diamètre de cet organe. Dans son opinion, tous les objets nous eussent paru percés si le *punctum cæcum* se fût rencontré sur l'axe principal.

Mariotte, à cause de ce point insensible, admit que la rétine est insensible aux images, et lui substitua la choroïde pour la fonction de transmettre les impressions de la lumière, se fondant sur ce que l'iris, qui semble un prolongement de la choroïde, se montre sensible à la lumière par ses contractions sous l'influence de cet agent naturel.

Méry (*Mémoires de l'Académie*, 1704), Lecat (*Traité des sens*, Rouen, 1740), Michel et Valker Reid, Briggs, adoptèrent cette opinion.

Pecquet, Lahire, Peyraud, Priestley, soutinrent l'opinion de Kepler et revinrent au principe de la sensibilité des nerfs exclusivement.

Haller (*Elementa physiol.*, t. 8) montra que le fait de Mariotte n'est pas une preuve contradictoire à cette dernière opinion : puisqu'il ne se trouve réellement pas de rétine au *punctum cæcum*, mais simplement une tache blanche, une membrane celluleuse, d'où il suit qu'on n'en peut rien conclure relativement aux fonctions de la rétine même.

Essayons maintenant de nous rendre compte des phénomènes physiques de la vision, d'après les travaux nombreux acquis aujourd'hui sur ce sujet si intéressant, soit qu'on le considère comme application éminente des lois générales de l'optique, soit qu'on y voie, d'un point de vue philosophique, un apanage des animaux, d'où résulte pour eux une sorte d'*ubiquité*, comme dit M. J. Herschell.

Pour la vision au moyen d'un œil constitué comme celui de

l'homme, un certain cône de la lumière qui diverge en tous sens d'un point lumineux situé sur l'axe optique principal de l'œil, ou peu écarté angulairement de cet axe, et qui peut tomber sur l'œil, y pénètre à travers la cornée transparente, et si la distance est convenable, après plusieurs réfractions successives, la portion de ce cône admise à travers la pupille se trouve de nouveau sensiblement réunie en un seul point de la rétine. Les divers cônes de lumière partis de divers points lumineux d'un objet situé tout autour de l'axe optique principal de l'œil, à petite distance angulaire, iront donc ainsi retracer au fond de l'œil une image de chacun de ces points ou une image renversée des objets.

On voit que le mécanisme est ici le même que celui par lequel se forme, à l'un des foyers conjugués d'un système de lentilles, une image d'un objet situé à l'autre foyer conjugué. Le faisceau de rayons lumineux partis d'un point de l'objet situé sur l'axe optique ou voisin de cet axe, et qui vient tomber sur la cornée transparente, traverse la cornée sans déviation sensible (du moins pour sa portion centrale), à cause du parallélisme des deux surfaces et du peu d'épaisseur de la membrane. En pénétrant dans l'humeur aqueuse, le faisceau de lumière se trouve donc à peu près comme s'il sortait de l'air même; mais, à la surface de l'humeur aqueuse, il éprouve une réfraction qu'il conserve. Une portion extérieure, variable, enveloppante, de ce faisceau réfracté à la première surface de l'humeur aqueuse, est arrêtée par l'iris, réfléchie dans toutes les directions, et reporte au dehors la couleur propre de cette membrane qu'elle éclaire. La portion centrale du faisceau, admise dans la pupille, atteint le cristallin sous forme de pinceau déjà aminci: là ce pinceau éprouve une nouvelle réfraction convergente, car le cristallin est plus réfringent qu'e l'humeur aqueuse; enfin à la deuxième surface du cristallin qui est courbée en sens inverse et même d'un plus court rayon, le pinceau de lumière admis éprouve une dernière réfraction convergente; car l'humeur vitrée est moins réfringente que le cristallin.

La convergence du pinceau admis se fera donc définitivement à une certaine distance du cristallin, derrière cette lentille.

L'expérience prouve que cette convergence a réellement lieu, et qu'une image renversée des objets se forme ainsi moyennement à la surface postérieure de l'humeur vitrée, ou sur la surface de la rétine qui se trouve appliquée contre l'humeur vitrée. On s'en assure par l'examen direct, comme le fit le premier Scheiner.

Pour répéter cette expérience de Scheiner, on peut enchaîner un œil-de-bœuf, par exemple, dans le volet d'une chambre obscure, la cornée transparente tournée du côté du jour. Si on a préalablement aminci la sclérotique dans sa portion correspondant à l'axe optique principal, on aperçoit par derrière, à travers cette portion diaphane, l'image renversée qui se forme sur la rétine quand une bougie ou un corps fortement éclairé est disposé convenablement sur l'axe optique en avant de l'œil.

On peut encore apercevoir cette image par-devant, à travers l'humeur vitrée, en enlevant avec précaution une portion de la sclérotique dans sa partie supérieure. On se ménage ainsi une sorte de fenêtre par laquelle la vue peut plonger dans la chambre postérieure de l'œil et voir l'image sur la rétine.

M. Magendie a imaginé de recourir à l'œil d'un animal albinos dont la choroïde est dépourvue de pigment, comme nous l'avons dit : la sclérotique étant elle-même diaphane (ou rendue telle au besoin par un amincissement préalable), on peut observer facilement par derrière l'image formée sur la rétine.

On constate ainsi l'existence, le renversement et la position de l'image, c'est à-dire que l'image formée sur la rétine est bien réellement telle que serait l'image formée par un système de lentilles à son foyer conjugué.

On est donc autorisé à considérer l'œil comme une chambre obscure sur le fond de laquelle se forme l'image des objets au foyer conjugué du système des deux lentilles, humeur aqueuse et cristallin, qui se trouvent réunies sur le trajet de la lumière admise.

La distance moyenne la plus convenable pour que les rayons lumineux d'un foyer radieux, ou d'un objet éclairé situé au-devant de l'œil, aillent ainsi former une image réelle sur le tableau du fond ou la rétine, c'est-à-dire la *distance de la vue distincte* pour un œil humain, est moyennement de 30 centimètres.

X *L'angle visuel*, sous lequel on voit deux points ou une dimension d'une image, est l'angle que font, en se coupant au centre optique du système des lentilles de l'œil, les deux axes des pinceaux de lumière partis de ces points et admis dans l'œil. On peut regarder chaque axe d'un pinceau admis comme sensiblement rectiligne d'un point radieux extérieur à son image sur la rétine. Nous reviendrons sur cela plus tard.

Si les formules qui font connaître les distances focales conjuguées sur les axes secondaires d'une lentille pouvaient être considérées comme rigoureusement exactes, l'image d'un plan extérieur normal à l'axe optique principal de l'œil devrait se former sensiblement sur une surface plane. Ainsi, pour un autre objet dont tous les points ne sont pas sphériquement équidistants de la lentille, l'image formée ne peut être identiquement nette sur tous les points de la rétine qui ne change pas de forme. Mais l'amincissement des pinceaux lumineux qui vont constituer chaque point de l'image fait que leur intersection, à des distances peu différentes de la distance focale exacte, donne encore une image suffisamment nette des points lumineux.

Les considérations précédentes avaient conduit M. Lehot à proposer une théorie d'images à trois dimensions formées dans l'humeur vitrée et perçues par des prolongements nerveux qui y pénétreraient. Mais on objecte à cela que ces nerfs sensibles de l'humeur vitrée ne paraissent point admissibles, qu'une peinture parfaite et placée dans des conditions convenables peut produire une illusion parfaite de sensation (ceci se trouvera justifié surtout par des expériences de M. Weilstone que nous rapporterons). Enfin, en réalité on observe des images planes sur la rétine.

Le pinceau lumineux provenant d'un point et admis dans la pupille a une base variable avec cette ouverture. Les variations du diamètre de la pupille règlent donc l'intensité de la lumière admise, en interceptant ou laissant pénétrer les rayons marginaux du pinceau.

Ces variations de diamètre de la pupille se font dans deux conditions générales spéciales, dans l'une desquelles notre volonté peut intervenir:

1^o L'ouverture de la pupille diminue ou l'iris s'étend si un objet regardé à une distance constante augmente d'éclat successivement, et *vice versa*;

2^o La pupille se resserre de même si un objet regardé et conservant un éclat constant se rapproche de plus en plus, et *vice versa*. L'intensité de la lumière admise dans notre œil est donc toujours convenablement modérée.

Comme nous pouvons à volonté fixer nos yeux sur des objets rapprochés ou sur des objets lointains, tous éclairés par une lumière commune, nous pouvons, en ce sens, arbitrairement déterminer le resserrement ou la dilatation de l'iris, qui prend toujours les dimensions convenables. Considéré ainsi, l'iris variable peut être assimilé pour la vue à ce qu'est, pour l'ouïe, la tension variable de la membrane du tympan, c'est-à-dire un élément d'accommodation précise, d'un côté pour regarder, de l'autre pour écouter.

Quand, pour un objet à distance constante, l'éclat diminue, la pupille se dilate, à la vérité les rayons marginaux que cette dilatation laisse alors pénétrer peuvent, par suite d'aberration de sphéricité, aller altérer les contours de l'image tout en la conservant suffisamment intense; mais dans ces cas la perception de l'image, bien que confuse, peut encore avoir lieu dans des conditions d'éclaircissement pour lesquelles une image précise fût devenue insensible.

Nous reviendrons sur ce point et sur les fonctions de la pupille dans la discussion de l'ajustement de l'œil pour des distances variables de l'objet en vue.

Le système du cristallin, du corps vitré et de la rétine qui se moule sur lui, est enveloppé à partir du bord pupillaire d'un en-duit noir ou pigment répandu sur la face postérieure de l'iris, le corps ciliaire et la choroïde. Ce pigment absorbant de la lumière est utile pour empêcher les effets de réflexion qui pourraient troubler la netteté des images. Bien que le pigment choroïdien soit au delà de la rétine par rapport à l'orifice pupillaire par où pénètre la lumière, ce pigment n'en est pas moins utile pour absorber les rayons qui, après avoir traversé la rétine même, membrane trans-lucide, pourraient la traverser de nouveau après une réflexion, et retourner ainsi frapper un autre lieu de cette même membrane sensible.

Ce paraît être un effet de ce genre qui produit l'éblouissement. Aussi les albinos, qui n'ont pas de pigment sur la choroïde, sont-ils facilement éblouis par une lumière moyennement intense.

Cherchons quelles sont les conditions d'un maximum de netteté dans les images formées sur la rétine, ou, ce qui revient au même, quelles sont les conditions pour qu'un pinceau de lumière parti d'un point (physiquement parlant), et admis dans l'œil, aille y converger en un point élémentaire de la rétine, c'est-à-dire en un point de cette membrane isolément sensible.

1^o Une première condition évidente, c'est que le point lumineux et le point de la rétine soient deux foyers conjugués; nous traiterons bientôt de cela avec détails. Supposons, pour le moment, qu'il en soit ainsi.

2^o Une deuxième condition, c'est que le point lumineux ou éclairé le soit à un degré suffisant d'intensité, mais non trop, car alors il y aurait éblouissement, ou au moins des effets perturbateurs que nous discuterons plus tard sous le nom d'irradiation. L'objet donc étant moyennement éclairé, l'intensité de chaque point de l'image sera convenable si l'objet est assez rapproché et si la pupille offre des dimensions moyennes convenables.

3^o Une dernière condition qui se rattache aux données anatomiques

ques, c'est que le foyer conjugué intérieur se réduise à un point de la rétine physiologiquement isolé : car, sans cela, la sensation du point physique extérieur ne saurait être distincte.

Nous allons d'abord discuter cette troisième condition de la vision distincte ; puis nous reviendrons sur la première, ou celle des distances focales, qui exigera plus de développements.

La loi des lentilles, qu'un objet et son image sont vus sous le même angle du centre optique, conduit à penser que, si l'on connaissait l'ouverture ou la dimension du dernier élément isolément sensible de la rétine, l'angle au centre optique que cet élément soutiendrait déterminerait, en le prolongeant au dehors, des limites entre lesquelles nous ne pourrions plus distinguer deux éléments des objets en vue qui y seraient compris.

Le plus petit angle au centre optique sous lequel nous puissions distinguer deux points, ou l'angle limite de la distinction des éléments des objets, paraît être, d'après Smith, de 40 secondes. Ainsi, $p' \sin. 40''$ serait l'étendue du dernier élément de la rétine isolément sensible, p' étant la distance focale de l'œil pendant l'observation. Smith a calculé que le moindre élément de la rétine isolément sensible est d'environ $1/8000^{\circ}$ de pouce anglais. Les papilles de la rétine du lapin que nous ont fait connaître les travaux de Tréviranus, ont $0,0033^{\circ}$ de millimètre de diamètre, ce qui revient à environ $0,00011^{\circ}$ ou $\frac{1}{9000}$ de pouces anglais. Pour les oiseaux on a observé des papilles de la rétine ayant $0,004^{\circ}$ millim. de diamètre ou environ $0,00015^{\circ} = 1/6000^{\circ}$ de pouce anglais. La moyenne approchée $1/8000^{\circ}$, montre donc que la moindre partie de la rétine, isolément sensible, ne paraît pas s'éloigner des dimensions de son moindre élément, directement observable au microscope.

Les papilles paraissent s'altérer promptement par la décomposition spontanée ; en sorte que, lorsqu'on observe la rétine, un certain nombre d'heures après la mort, comme il arrive dans les dissections humaines, les papilles n'apparaissent plus que comme des globules. Si ces globules observés par M. Weber sont réellement des papilles sen-

sibles, les dimensions $1/8000^{\circ}$ ou $1/8400^{\circ}$ de pouce que ce physicien leur a assignées, concordent avec les rapprochements précédents.

Le professeur Muller rapporte l'opinion de Wolkmann, qui pense que les moindres éléments, isolément sensibles de la rétine, sont de dimensions inférieures à celles des moindres éléments nerveux de cette membrane directement observables. Tréviranus distinguait *un point noir de 0,00833 de ligne de diamètre sur un fond blanc*, à la distance de 48 lignes. Wolkmann en conclut que le diamètre de la moindre image sensible sur la rétine est de 0,000060 de ligne. M. Muller trouve cette estimation encore trop forte, puisqu'on distingue un cheveu à 30 lignes de distance : le diamètre du cheveu étant de 0,002 de ligne, l'image est de 0,000023 de ligne de diamètre; il cite enfin un cas excessif où l'image sentie ne devait avoir que 0,00000014 de ligne de diamètre. Il nous semble que ces divers exemples, où il n'entre dans l'expérience qu'une seule image, doivent être distingués de ceux où il se trouve à reconnaître par la sensation deux points séparés, deux lignes formant un petit angle. Dans ce second ordre d'expériences, il faut nécessairement, pour la sensation distincte, que les deux images tombent sur deux points isolés, et la limite de la confusion des sensations peut faire connaître la moindre dimension d'un élément de la rétine isolément sensible; mais quand il n'y a formation que d'une seule image, comme dans le cas d'un seul point noir à reconnaître sur un fond blanc, ou dans le cas du cheveu, la limite trouvée ne donne que la limite au delà de laquelle il n'y a plus sensation dans les conditions de l'expérience, non la limite des dimensions de l'élément isolé. Il se peut faire, par exemple, qu'un élément de la rétine soit sensible même à une impression qui ne tombe que sur une portion de son étendue.

M. Muncke admet pour valeur de l'angle limite $30''$ ou $\frac{3}{4}$ de la valeur admise par Smith.

Quand nous avons dit précédemment que la distance moyenne de la vue distincte est de 30 centimètres, nous avons voulu dire simplement, comme tous les auteurs, qu'à cette distance moyenne un homme

doué d'une vue ordinaire distingue sans effort et nettement des objets de petites dimensions, comme, par exemple, des lettres d'impression d'un caractère moyen; mais il pourrait mieux reconnaître la forme d'une lettre en l'approchant davantage de son œil et accommodant cet organe pour cette distance, comme nous le dirons bien-tôt. Il y a, toutefois, une limite au delà de laquelle l'accommodation devient impossible. D'un autre côté, pour des objets de dimensions plus grandes que celles des lettres qui nous ont servi de point de départ, la vue nette la plus distincte, la moins pénible pour nous, de ces grands objets considérés dans leur ensemble comme autant d'unités, se trouvera avoir lieu pour de plus grandes distances. La distance de la vue distincte doit donc être définie relativement aux objets à discerner distinctement. Dans tous ces cas les dimensions d'une partie de l'objet isolément perceptible paraissent pouvoir être assez approximativement déterminées par l'écartement, à la distance de l'objet, de deux lignes arrivant à lui sous un angle de 30° ou 40° en divergeant du centre optique de l'œil qui l'observe.

On peut vérifier ceci dans des limites assez peu variables pour chaque individu, en regardant à des distances successivement plus grandes des lignes alternées, blanches et noires, des couleurs diverses semblablement alternées, ou simplement les traits qui constituent les ombres dans une gravure, des mélanges de grains colorés, etc... Il y a pour tous ces cas des limites où les impressions de deux éléments différents ne peuvent plus s'isoler sur la rétine: dès lors la sensation devient une moyenne entre les diverses sensations isolées.

Venons maintenant à la question de l'ajustement ou de l'accommodation de l'œil pour la vue distincte à diverses distances.

Quand un système de lentilles reste invariable pendant qu'un objet lumineux se déplace sur l'axe, depuis une distance infinie jusqu'au foyer principal; l'image, toujours située au foyer conjugué, se déplace réciproquement depuis le foyer principal jusqu'à l'infini. Il est important de remarquer que l'image ne commence à se dépla-

cer de quantités comparables à la distance focale principale, que lorsque l'objet s'est rapproché, depuis l'infini jusqu'à n'être plus éloigné de la lentille que d'un petit nombre de fois la distance focale principale.

Young et Olbers ont calculé quels déplacements subirait l'image pour des variations de distance de l'objet depuis l'infini jusqu'à la distance de quelques centimètres de l'œil. On trouve que cette variation du foyer conjugué, ou de l'image, sur l'axe optique principal, n'est que d'environ $\frac{1}{5}$ du diamètre total de l'œil dans le sens de son axe de figure, c'est-à-dire d'environ 3 ou 4 millimètres, d'après les mesures données précédemment.

Si donc notre œil fonctionne réellement comme un système de lentilles, et si la rétine se trouve à une distance précise pour une image nette des objets très-éloignés, il faudra que cette membrane s'éloigne de quelques millimètres pour qu'une image puisse encore s'y former nette quand l'objet en vue ne se trouvera plus qu'à quelques centimètres de l'œil; ou bien il faudra que d'autres éléments interviennent, comme la variation des courbures des surfaces qui séparent les divers milieux réfringents de l'œil. Ces surfaces pourraient en effet varier de courbure, de manière à compenser les effets dus à la variation de situation de l'objet.

De fait nous voyons nettement à des distances très-diverses, mais non simultanément, et ceci est important à noter, car c'est la preuve la plus forte qu'une variation réelle survient quelque part dans le système de notre œil, pour l'ajuster ou l'accommoder exactement aux distances, puisque successivement nous pouvons distinguer nettement les objets entre des limites amplement écartées, et cela par effort volontaire. Nous avons, du reste, parfaitement la conscience de cet effort volontaire intérieur à l'œil quand nous voulons examiner un petit objet fort rapproché. L'état d'accommodation à une moyenne distance propre habituelle varie, non-seulement d'un individu à un autre, mais encore dans le même individu à des époques de temps

successives : par suite de cas singuliers de vision, comme après l'usage prolongé du microscope, etc.

Une expérience qui démontre que la vision ne peut réellement être distincte simultanément pour plusieurs distances notamment différentes, ou que l'œil s'accommode réellement, c'est de viser deux épingles alignées et situées, par exemple, l'une à 20 centimètres, l'autre à un mètre de l'œil. Si l'on fixe l'œil sur la première, la seconde paraît nébuleuse; si c'est pour la seconde qu'on accommode l'œil, la première à son tour paraîtra nébuleuse. Donc les deux images ne sont jamais simultanément nettes; l'œil est accommodé, c'est-à-dire, la rétine est à la distance convenable pour l'une ou pour l'autre; mais toujours l'une ou l'autre image se forme avant ou après la rétine, et le cercle diffus de chacun de ses points couvre de nébulosités le pourtour des images superposées, dont une seule est nette.

On obtient des résultats analogues avec un point opaque que l'on regarde sur une lame de verre dans la direction d'objets lointains, ou à travers laquelle on regarde ces objets, etc.

On cite encore comme preuve une expérience de Scheiner qui consiste à regarder un petit corps à travers deux trous d'épingle pratiqués à une carte, et moins écartés entre eux que n'est large la pupille. Dans cette expérience, pour une certaine distance, le petit corps regardé, l'épingle, par exemple, paraît simple, mais pour une distance moindre ou plus grande elle paraît double; dans le premier cas c'est l'image supérieure qui disparaît si l'on bouche le trou supérieur, dans le second cas c'est l'image inverse. Il paraît donc que la rétine ne se trouve à la distance précise du foyer conjugué que pour une seule position de l'objet.

Young s'est servi de ce moyen comme *optomètre*, ou pour mesurer la distance de la vue nette dans l'état naturel de l'œil. Mais il nous semble qu'il resterait ici quelque incertitude. Si nous pouvions nous en rapporter à notre expérience personnelle, nous dirions qu'il nous est possible de faire doubler l'image par un effort volontaire sans

déranger la distance à laquelle, un instant auparavant, nous voyions l'épingle simple.

Tréviranus, M. Magendie, M. de Haldat ont considéré la distance focale comme invariable entre les limites de la vision ordinaire.

Tréviranus se fonde sur des calculs faits par lui en partant de la constitution variable des couches du cristallin et de la variabilité de la pupille. L'exactitude de ces calculs a été mise en doute par Kohlrausch.

M. Magendie se fonde sur l'expérience de l'œil d'un Albinos où l'on ne voyait pas varier la netteté des images pour des distances variables de l'objet. Mais l'examen à l'œil nu ne peut rendre sensibles des altérations d'une image qui ne porteraient que sur quelques éléments isolés de la rétine autour de chaque gros trait altéré dans l'image, et pour les traits déliés ces altérations échappent.

M. de Haldat, de son côté, se fonde d'une part sur des expériences contradictoires aux explications de l'accommodation qui ont été fournies : nous les citerons en discutant ces explications. D'autre part, M. de Haldat a observé directement des images formées, soit par le cristallin, soit par le système complet de l'œil. Exposons avec quelques détails ces données expérimentales fort importantes, qui mettent en évidence, dans les milieux réfringents de l'œil, des propriétés utiles physiquement liées aux courts foyers.

Première expérience. M. de Haldat se servit d'un cristallin comme microscope simple ou loupe montée avec diaphragme variable : dans ces conditions, les rayons reçus par l'œil, comme partis d'une image virtuelle, retracraient nettement les contours et les couleurs des objets quand le diaphragme présentait une ouverture de dimensions pupillaires petites, 3 à 6 millimètres. Pour une plus grande ouverture du diaphragme de l'appareil, les images se déformaient et se coloraient sur les bords : ce qui confirme l'effet utile attribué à l'iris dans l'œil, c'est-à-dire sa fonction d'arrêter les rayons trop marginaux.

Voici une expérience fondamentale que nous transcrivons :

« Si l'on emploie le cristallin comme objectif de chambre obscure, il donne, ainsi que ces instruments, des images très-distinctes, et dans une position renversée. Seulement, comme sa convexité est forte, elles ont peu d'étendue ; mais ce qui distingue particulièrement le cristallin, c'est de réunir au même foyer les rayons lumineux réfléchis par les objets placés à des distances différentes. Comme c'est sur cette propriété étrangère aux lentilles de l'art que repose l'explication des phénomènes principaux de la vision et qu'elle semble une exception aux lois de la lumière, nous avons dû la constater par des preuves à l'abri de toute objection. J'ai construit, pour y parvenir, une petite chambre obscure dans laquelle le cristallin remplit le rôle d'objectif et avec laquelle on reconnaît sans difficulté l'invariabilité du foyer de cette lentille oculaire. Elle se compose d'un tube de laiton de six centimètres de longueur et de vingt-quatre millimètres de diamètre, qui porte à son extrémité antérieure ou objective une capsule propre à contenir un cristallin de bœuf. Ce tube calibré en reçoit un second qui a, à son extrémité antérieure ou correspondant à la face postérieure du cristallin, un verre dépoli sur lequel doivent se peindre les images des objets extérieurs. Les expériences qui constatent cette propriété caractéristique du cristallin sont aussi exactes que faciles à exécuter. On amène le verre dépoli au foyer de notre lentille oculaire et, présentant l'instrument successivement vers des objets voisins et vers des objets éloignés placés dans la même direction, on obtient 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 je l'ai fait pour des mires de dimension égale 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, nous montrent 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.

» Des faits précédents, il résulte que le cristallin peut remplir les fonctions des lentilles artificielles; il résulte encore des mêmes faits que ce corps jouit aussi d'une propriété qui ne peut appartenir à ces instruments, celle d'avoir le même foyer pour les rayons de directions différentes. Mais, comme cette propriété semble en opposition avec les lois de la dioptrique, j'ai dû ne rien négliger pour la prouver rigoureusement; c'est encore notre petite chambre obscure qui nous en a fourni le moyen. L'instrument étant armé d'un cristallin de bœuf, si on l'expose aux rayons solaires réfléchis dans la chambre obscure et transmis par une ouverture de 10 à 12 millimètres de diamètre, si en outre le verre dépoli est amené au foyer du cristallin, qui est de dix millimètres, il se forme une image éclatante du soleil, bien terminée, et qui, amplifiée par la lentille oculaire, présente une surface de quatre millimètres de diamètre. Le verre dépoli, sur lequel se peint cette image, étant fixé à la même distance, on a interposé entre le cristallin et le porte-lumière une lentille biconvexe, dont le foyer était de trente-cinq centimètres. Quoique les rayons, auparavant parallèles, aient alors pris une direction convergente, l'image a présenté plus d'éclat et une plus grande étendue; mais le foyer a été le même. A la lentille biconvexe on a substitué un verre bi-concave, dont chaque face avait son foyer à douze centimètres; les rayons rendus divergents ont donné à l'image moins d'éclat et une étendue moindre, mais le foyer a toujours été le même. On a confirmé ces résultats en changeant même d'une très-petite quantité la distance du verre dépoli au cristallin. L'image du soleil, soit que cette distance ait été augmentée ou diminuée, est devenue confuse et mal terminée. *L'invariabilité du foyer du cristallin, pour des rayons de directions différentes, est donc un fait acquis à la science et une preuve nouvelle de la merveilleuse intelligence de l'auteur de la nature.* »

M. de Haldat substituant ensuite au cristallin une lentille à court

foyer (la longueur n'est pas indiquée) dans le même appareil, et répétant les mêmes expériences, la distance focale conjuguée des rayons émergents varia d'une manière sensible avec la distance focale des rayons incidents.

L'auteur admet donc que le cristallin est doué d'une propriété spéciale de foyer constant dans des limites entre lesquelles des lentilles homogènes artificielles présentent des variations sensibles de distance focale.

Pour se rendre compte du fait il a recours à la variation par couches de la densité du cristallin et à la variation de courbure de ses lames successives, se ralliant ainsi aux idées émises par M. Pouillet, et dont il sera question plus loin.

Citons maintenant une autre expérience de M. de Haldat sur le même sujet.

« Plusieurs se sont refusés à admettre ce que j'ai établi sur des faits souvent observés, et depuis vérifiés sur l'œil entier, comme je le dirai dans cette troisième partie. Aussi un physicien très-savant et très-versé dans la théorie comme dans la pratique de l'optique, répétant l'expérience principale sur laquelle repose notre opinion, disait très-plaisamment : Je le vois, mais je ne le crois pas. Cependant, un savant géomètre m'assurait qu'un de ses confrères était arrivé par le calcul au même résultat que nous par la voie expérimentale ; toutefois, il faut convenir que, dans un cas si opposé aux idées reçues et en apparence à une loi de l'optique sanctionnée par l'assentiment général, le doute était autorisé et l'opposition légitime. Parmi les objections proposées, une seule me frappa ; elle le fut par M. Forbes, professeur à Édimbourg. L'objection de ce savant portait sur la difficulté qu'il y avait de constater la différence dans la pureté des images produites par des rayons de direction différente, lorsqu'elles l'étaient par une lentille d'un foyer très-court et qu'elles avaient si peu d'étendue. Je répondis que, dans nos expériences, les différences étaient ren- dues sensibles au moyen d'une lentille dont la force amplificative

» était de huit diamètres. Toutefois, craignant d'avoir été dupe de
» quelque illusion, je me livrai à de nouveaux essais avec des cristal-
» lins de bœuf et de mouton... Je les préparai en coupant les trois
» membranes dans une étendue égale à la surface d'une pièce de
» cinquante centimes, et dans un plan parallèle à la pupille. Pour
» pratiquer cette ouverture, qui suffit à l'image des objets placés à l'ex-
» térieur, on doit saisir l'œil entre les doigts avec la précaution de
» le comprimer le moins possible, ou, mieux encore, en l'enfermant
» dans une capsule sphérique, qui porte une ouverture à la face pos-
» térieure et une autre à la face antérieure. Les deux valves dont se
» compose cette capsule, réunies par le moyen d'une charnière, peu-
» vent contenir le globe oculaire d'un mouton. L'ouverture posté-
» rieure permet de faire la section circulaire des membranes for-
» mant le fond du globe, et d'observer les images qui s'y peignent.
» Quoiqu'il s'écoule nécessairement une petite quantité d'humeur
» vitrée, ces images sont très-distinctes, si cette humeur a conservé
» la forme sphérique qui lui est propre. Si elle l'a perdue, on la lui
» fait reprendre par l'application de quelque portion d'une mem-
» brane demi-transparente appliquée sur l'ouverture. Diverses sub-
» stances peuvent être employées à cet usage; mais, de tous les
» moyens, celui qui est le plus commode et le plus simple est d'ap-
» pliquer sur cette ouverture un verre de montre d'une courbure
» analogue à celle du globe oculaire employé. Ce verre, fermant à la
» fois l'ouverture de la valve postérieure de la capsule et celle qui
» est pratiquée au fond du globe, permet d'observer les images avec
» la plus grande facilité. On peut lui donner les qualités du verre
» dépoli, tel qu'on l'emploie dans certaines chambres obscures, en
» passant sur sa surface extérieure une couche de suif extrêmement
» légère. Par ce procédé si simple, qui donne au verre une demi-
» transparence bien supérieure à celle du verre dépoli ou simple-
» ment terni, on pourrait, même dans un cours de physiologie, exé-
» cuter un grand nombre d'expériences importantes, et montrer que
» l'image est bien réellement peinte au fond de l'œil, et nécessaire-

» ment sur la rétine ainsi remplacée; qu'elle l'est avec la forme et
» la couleur des objets, dans une dimension qui est en raison inverse
» du carré de la distance, mais dans une situation renversée; enfin,
» que le lieu de l'image est sensiblement invariable pour les objets
» représentés par des rayons lumineux de direction diverse. »

Enfin cet habile expérimentateur voulut faire une comparaison dans des conditions aussi identiques que possible. Il fit exécuter un cristallin artificiel en flint-glass, et le substitua au cristallin naturel dans l'expérience citée.

Voici ses propres paroles :

« Je dois déclarer que je ne fus pas peu surpris de trouver entre les effets produits des différences moins grandes que je le croyais. Je devais, d'après les lois de l'optique, m'attendre à les trouver très-sensibles, elles m'ont semblé ne s'élèver qu'à des *fractions de millimètre*, et, ce qui ne m'a pas moins étonné, c'est que les effets de l'aberration de sphéricité et de l'achromatisme, malgré la grande convexité de la lentille artificielle, ne m'ont pas semblé différer beaucoup. »

Il nous semble qu'on pourrait se rendre compte théoriquement de ce résultat expérimental du peu de variations de la distance focale de la lentille artificielle, dans les circonstances de l'expérience. En effet, si l'on met la formule des lentilles sous la forme :

$$p' = \frac{a}{1 - \frac{a}{p}}$$

on voit que pour $p = \infty$ $p' = a$ et que pour $p = na$ on aura :

$$p' = \frac{a}{1 - \frac{a}{na}} = a + \frac{1}{n-1} a$$

dans les expériences, en prenant $a = 10^{\text{mill}}$, comme l'a déterminé M. de Haldat, pour le cristallin isolé, naturel ou artificiel; on voit que pour le soleil, ou pour $p = \infty$, ou bien pour $p = 300^{\text{mill}} = 30a$, ou $p = 120^{\text{mill}} = 12a$, on avait :

$$p' = a, p' = \frac{30}{31} a, p' = \frac{12}{11} a$$

Ainsi, le lieu de l'image, dans le cas de la plus grande variation, ne devait se déplacer que de $\frac{1}{11} a$ ou de $\frac{10}{11}$ mill. On conçoit dès lors que, pour les cas favorables, ce déplacement soit resté insensible par les résultats d'altération qui en proviendraient dans l'image du soleil.

Il nous semble que, pour des expériences de ce genre, une condition utile, afin de rendre sensibles les altérations de l'image sur l'écran, ce serait de prendre pour objet extérieur lumineux une surface à points reconnaissables, une surface blanche, par exemple, avec des lignes noires.

Le cristallin jouit donc, comme lentille à court foyer, de la propriété d'avoir un lieu d'images à distance sensiblement constante pour des variations de situation des objets, depuis l'infini jusqu'à un petit nombre de fois la distance focale principale de l'œil, qui est 15^{mill.} environ.

Mais il nous paraît què, malgré le grossissement de 8 diamètres, à l'aide duquel M. de Haldat a recherché l'altération des images, la remarque de M. Forbes n'en conserve pas moins quelque valeur.

D'ailleurs les faits expérimentaux qui démontrent que l'état actuel de l'œil est accommodé pour telle distance ou telle autre à notre gré, mais non à la fois et simultanément pour deux distances trop différentes, ne nous paraissent guère contestables.

On pourrait peut-être déterminer, à l'aide de l'*opsiomètre* de M. Lehot, quelles sont, pour un état actuel d'accommodation de l'œil, les deux distances *maximum* et *minimum* entre lesquelles la vision reste pure ou les images parfaitement nettes, du moins pour des objets de dimensions constantes à reconnaître. Cela exprimerait en quelque sorte la profondeur de la couche sphérique de l'espace où la vision est distincte pour un objet donné qui s'éloigne, l'œil restant dans un état d'accommodation constant. Voici en quoi consiste cet instrument :

Sur une règle horizontale¹, ayant 80 centimètres de longueur sur 5 de largeur, et couverte² de velours noir, se trouve tendu un fil de soie blanche; à 3 millimètres de distance de ce fil est disposée latéralement une tringle de bois graduée, sur laquelle glissent deux curseurs portant des index; à 3 centimètres et demi au-dessus d'une des extrémités de la règle, et dans le plan vertical passant par le fil, se trouvent les³ centres de deux trous circulaires, ayant 15 à 20 millimètres de diamètre; ces trous sont pratiqués dans deux plaques verticales, parallèles entre elles, perpendiculaires à la règle, et situées à 2 centimètres l'une de l'autre. Pour l'œil regardant le fil à travers ces ouvertures, la partie la plus voisine paraît grisâtre et demi-transparente; elle figure un angle qui converge vers un sommet, lequel détermine la première limite de la vue distincte; au delà de ce point le fil paraît net et blanc sur une certaine étendue, qui est le champ de la vision; plus loin le fil reparaît sous une forme angulaire, divergeant d'un autre sommet, qui donne la seconde limite de la vue distincte.

Les index mobiles sont facilement amenés aux lieux que semblent occuper les deux sommets, et l'échelle de bois indique leurs distances à l'œil. M. Lehot a fait avec cet instrument, appelé *opsiomètre*, un grand nombre d'expériences. Voici quelques-uns des résultats qu'il a obtenus: si le fil de soie est coloré, les limites du champ de la vision sont d'autant plus près de l'œil et le champ est d'autant plus petit que la couleur est plus réfrangible. Si l'on place entre l'œil et le fil un milieu plus réfringent que l'air, et compris entre deux plans parallèles, le champ de la vision augmente, et ses limites s'éloignent de l'œil. La dilatation de la pupille fait marcher les deux limites l'une vers l'autre, et diminue conséquemment le champ de la vision. Au contraire, lorsque la pupille se rétrécit, la première limite se rapproche de l'œil, la seconde s'éloigne, et le champ augmente. En pressant l'œil avec un doigt, on change les limites de la vision.

L'œil s'accorde donc réellement aux distances.

Par quel mécanisme ? Les plus éminents physiciens et physiologistes des temps passés ou modernes se sont occupés de cette question, la plus délicate de la physique animale, et les maîtres de la science actuelle ne sont point encore d'accord sur ce sujet. Nous allons exposer les principales interprétations et les raisons à l'appui de chacune.

Un fait d'abord qu'il faut prendre en considération dans toutes les hypothèses, c'est que les mouvements de l'iris sont liés aux variations de l'accommodation. Sous ce point de vue, il faut soigneusement distinguer deux ordres de mouvements qui se superposent dans l'iris. 1° L'iris se dilate, ou le diamètre de la pupille diminue pour une augmentation d'intensité de la lumière, l'état d'accommodation restant constant, ou l'œil demeurant fixé sur un objet à distance constante. Ces variations de l'iris semblent tenir à des rapports vitaux inconnus, appelés *sympathies* en physiologie. L'effet qui en résulte est de diminuer la section du pinceau de lumière parti d'un point et admis dans l'œil quand l'éclat de ce point radieux augmente, ou de diminuer les variations d'intensité des images pour des variations de lumière dans les objets extérieurs. 2° L'iris varie encore de forme pour un état lumineux constant des objets extérieurs : ainsi la pupille s'élargit quand nous fixons nos yeux sur des objets éloignés, elle se rétrécit quand nous regardons ceux situés à petite distance. Sous ce second point de vue, les nerfs iriens provenant du ganglion ophthalmique, ganglion qui communique avec les nerfs oculo-moteurs communs, les mouvements de l'iris peuvent se trouver *associés* à ceux du globe de l'œil produits par les muscles droits, sauf l'interne, et par le petit oblique. Nous verrons que cette remarque a de l'importance pour l'une des explications de l'accommodation de l'œil aux distances.

Les mouvements de l'iris, qui s'ouvre davantage quand l'objet est plus éloigné, ont encore pour effet, à ce point de vue, d'amoindrir les variations d'intensité de l'image.

Les deux causes de variation du diamètre de la pupille peuvent

intervenir indépendamment l'une de l'autre, ou dans le même sens d'action ; l'effet réel est un moyen terme.

(A) Englefield, Ramsden, Home, admettaient qu'un changement de courbure avait lieu dans la cornée transparente, que cette courbure augmentait pour les petites distances, et qu'ainsi le lieu de l'image pouvait rester constant ou toujours à peu près exactement sur la rétine, la distance focale conjuguée, qui eût dû croître par suite du rapprochement de l'objet, se trouvant restreinte à sa première grandeur par suite de la diminution du rayon de courbure de la première lentille.

Mais le docteur Young objecta par une expérience directe, qui consiste à armer l'œil d'une sorte de cornée invariable : pour cela on dispose à l'entrée d'un tube court, susceptible de s'adapter commodément à l'œil par l'autre bout, une lentille de verre du même effet convergent que la cornée et l'humeur aqueuse. On remplit ce tube d'eau et l'on y adapte l'œil. Ainsi armé, l'œil peut encore s'accommoder aux distances. Or, sa cornée même pût-elle varier, les effets de cette variation de forme seraient à peu près nuls, puisque ses faces sont parallèles et que les deux liquides qui la baignent par ces deux faces, dans cette expérience, ont des indices de réfraction très-sensiblement identiques, comme il a été dit.

Ajoutons que des expériences tentées par Home et Ramsden d'une part, d'autre part par Young, soit directement, soit en observant des images réfléchies à la surface extérieure de la cornée, étaient restées incertaines et n'avaient pu être précisées contradictoirement. M. de Haldat, ayant repris cette discussion de la variation de courbure de la cornée, a répété avec soin les expériences par les deux méthodes : l'observation directe du sommet, pour voir s'il s'avance pour proéminer ; et l'observation des images réfléchies, pour voir si elles changent de grandeur. La personne en expérience était dans le premier cas observée de profil, à l'aide d'une lunette micrométrique dont on amenait le fil vertical tangent à sa cornée ; dans le second cas, ou pour observer les images, on cherchait deux points de

repère dans une image générale, comme les deux bords d'une fenêtre d'un édifice; on faisait coïncider deux fils parallèles verticaux de la lunette avec ces deux lignes de repère, et jamais M. de Haldat n'a pu observer de variations dans ces deux points observés, soit que la personne en expérience (et qui regardait constamment dans la même direction) cherchât à distinguer un objet rapproché (à 50 centimètres de distance, par exemple), ou éloigné (à 20 mètres). Or, pour que l'accommodation dans les deux cas pût avoir lieu par simple variation de courbure de la cornée, il eût fallu que le rayon de la cornée variât, d'après le calcul d'Olbers, de 0,33 à 0,39 pouces environ, et que la longueur de l'œil s'accrût d'environ une ligne.

(B) Le docteur Young attribua l'accommodation de l'œil à une variation de courbure du cristallin qui serait susceptible de changer de forme, de se contracter et de devenir plus convexe quand il s'agit de voir à de petites distances. Le docteur Young fut conduit à cette explication par voie d'exclusion. On objecta qu'aucun nerf ne se distribue au cristallin pour provoquer les contractions. Il y fut répondu par une comparaison avec certains animaux inférieurs translucides, et qui se contractent, bien qu'on n'y découvre aucun nerf.

Olbers, Home, objectèrent que des hommes opérés de la cata-racte, et privés du cristallin, pouvaient néanmoins accommoder leur œil aux distances. Cela est vrai selon le docteur Young, mais l'atténuation extrême de cette faculté de l'accommodation dans ce cas prouve que l'œil est alors privé du moyen le plus puissant pour l'obtenir. Le docteur Young attribue ce qui paraît persister de cette faculté à la contraction de l'iris qu'on observe alors: contraction qui amincit le pinceau de lumière admis, de telle sorte que son cercle de diffusion sur la rétine trop rapprochée soit à peine sensible. On voit du reste que le principe du docteur Young n'est pas susceptible de recherches expérimentales directes. L'électricité est sans action sur le cristallin, comme agent excitateur de contrac-

tions : l'analogie empêche donc de comparer cet organe à un muscle.

(C) Une troisième interprétation, qui se rapproche de la première et peut être fondue avec elle, c'est d'attribuer l'accommodation de l'œil à un allongement de son axe sous l'action des muscles droits ou obliques qui peuvent le comprimer. Olbers admettait que cette compression est due aux quatre muscles droits qui, tirant ensemble l'œil en arrière contre le coussin graisseux du fond de l'orbite, l'y compriment et font, par la réaction des fluides intérieurs, ressortir la cornée, en augmentant à la fois et sa courbure et sa distance à la rétine. Il est difficile, selon Tréviranus, de ne pas voir là une cause de raccourcissement de l'axe oculaire plutôt qu'une cause d'allongement de cet axe.

Mais une manière plus admissible de concevoir l'allongement par ce même mécanisme, c'est de l'attribuer à l'action des muscles obliques qui peuvent coercer l'œil contre la paroi interne de l'orbite.

C'est l'explication admise par Lecamus, Rohault, Schroeder van der Kolk. Cette interprétation aurait pour elle de rattacher, par un lien commun, deux effets qu'on observe ordinairement ensemble : l'accommodation pour une petite distance, et l'orientation des axes optiques convergents à petite distance en avant de la face. Cette remarque est due à Luchtman. Cette interprétation néanmoins rencontre quelques difficultés dans l'expérience qui consiste à provoquer la dilatation excessive de la pupille par l'instillation sur l'œil d'une goutte d'extrait de belladone. Il en résulte une sorte de presbytie temporaire (Purkinje et Volkmann nient qu'il en soit toujours ainsi) ; et néanmoins alors l'œil, qui ne semble avoir rien perdu de ses mouvements, se trouve dans un état moyen d'accommodation très-différent, bien que toujours, même alors, volontairement variable.

(D) Kepler, Scheiner, Portefield, Camper, ont invoqué, pour l'accommodation de l'œil aux différentes distances, non pas la variation de forme du cristallin, mais son déplacement parallèlement à lui-

même par l'action du cercle et des procès ciliaires. Le fait est rationnellement possible, mais la discussion ne porterait sur aucune donnée expérimentale; nous ne pouvons donc que mentionner cet élément de solution du problème, qui remonte à d'illustres auteurs.

(E) Tréviranus admettait *à priori*, par suite de déductions théoriques, l'invariabilité de lieu des images. Nous avons vu combien cette interprétation concorde avec les recherches expérimentales de M. de Haldat. Mais le fait de la vision indistincte de l'un ou de l'autre de deux petits objets alignés et distants ne permet pas d'admettre la constance rigoureuse du foyer, bien qu'on ne puisse guère refuser de reconnaître que les oscillations, en un sens ou dans l'autre, de cette distance focale, doivent être minimes.

(F) Une explication, due à M. Pouillet, tend pareillement à s'accorder avec la distance focale bien peu variable.

M. Pouillet, prenant pour point de départ la forme et la constitution du cristallin qu'il a soumis à des dissections nombreuses et à une étude approfondie, raisonne de la manière suivante: « 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. » Ces foyers sont sur un même axe: ceux des rayons centraux plus voisins du cristallin, ceux des rayons marginaux plus éloignés, et tous sur une courte ligne droite; cette ligne des foyers se mouvrait tout entière un peu, (mais d'une bien petite quantité, puisqu'elle est restée insensible dans les expériences de M. de Haldat), en arrière pour un rapprochement de l'objet entre de certaines limites, en avant pour un éloignement de ce même objet.

Supposons maintenant la rétine située au milieu de cette ligne des foyers quand l'objet en vue se trouve à moyenne distance. Si la

pupille se trouvait largement ouverte, il se formerait au lieu où se trouve la rétine une superposition d'images, les unes précises par les foyers moyens, les autres diffuses par les foyers extrêmes, dont les pinceaux donneraient des cercles puisqu'ils sont coupés par la rétine trop loin ou trop près. Mais si la pupille se contracte jusqu'à éteindre tous les foyers ultérieurs aux foyers moyens, l'image restante ne sera plus altérée que par les cercles diffus des pinceaux très-centraux.

Or M. Pouillet prouve, par l'expérience simple de regarder à travers un trou fait avec une épingle, qu'un pinceau de lumière très-aminci ou de très-petite base donne une image nette, par quelque zone du cristallin qu'on l'introduise dans l'œil. Il est du reste aisé de voir par le raisonnement que, pour un pinceau conique coupé à une même distance du sommet, le cercle diffus d'intersection est d'autant moindre que la base du pinceau est moindre elle-même. L'image pourra donc rester nette dans les circonstances ci-dessus définies.

Si maintenant l'objet se rapproche, les foyers des rayons centraux atteignent la rétine; et si l'iris intercepte la couche conique creuse des rayons les plus excentriques du cas précédent, l'image pourra encore être conservée suffisamment nette. Or on observe en effet la contraction de l'iris dans ce cas.

Si enfin la distance de l'objet en vue change en sens inverse, augmente et dépasse sa première grandeur moyenne, la ligne des foyers se rapproche du cristallin, les foyers profonds s'avancent du côté du cristallin jusqu'au lieu de la rétine; et si la pupille est largement ouverte, tous les foyers donnent des images, mais chaque foyer profond appartenant à une couche conique de rayons de plus en plus évasée, éclaire et se fait sentir avec plus d'intensité qu'un foyer plus antérieur. Si donc les rayons centraux tendent à altérer l'image, leur effet étant peu intense, la perturbation pourra rester petite.

On peut remarquer du reste que les deux éléments de perturbation, l'intensité et la largeur du cercle diffus, ne se trouvent jamais réunis pour un même tube conique de rayons perturbateurs. Les

rayons moyens sont à la vérité nombreux, mais ils se coupent très-près du lieu de la rétine. Quant aux rayons très-centraux, ils se coupent loin de la rétine, mais sous un très-petit angle, et d'ailleurs ils sont fort peu intenses.

Cette théorie de M. Pouillet offre en sa faveur de se rallier naturellement aux mouvements de la pupille qu'on observe toujours concorder avec l'accommodation dans le sens de cette théorie.

M. Muller la rejette néanmoins en se fondant sur une expérience que nous avons déjà mentionnée. Comme cette question est de la plus haute importance, nous citons le passage entier :

« Les phénomènes précédemment cités, qui ont lieu quand on vise deux épingle parallèles placées à des distances différentes, contredisent absolument cette théorie. Nous avons vu qu'en visant d'un seul œil les extrémités alignées des épingle, on aperçoit distinctement la première quand la seconde est nébuleuse, et qu'on distingue bien la seconde lorsque la première n'est vue qu'imparfaitement. Ainsi, dans le cas de pupille étroite pour l'objet proche, l'objet éloigné produit un cercle de diffusion par ses rayons centraux, qui se réunissent au devant de la rétine. *Il suit de là, contre l'hypothèse de M. Pouillet, que quand on fixe l'objet éloigné et qu'on le regarde avec une pupille large, les rayons centraux ne peuvent point être perdus malgré la pureté de l'image produite par les rayons marginaux*, et que s'ils ne se perdent pas, la vision distincte à des distances diverses doit dépendre d'une autre cause que celle qui est assignée par ce physicien.

» Les mêmes réflexions s'appliquent aussi à l'hypothèse de Tréviranus, qui admet pour éléments, non-seulement la différence de densité du cristallin, mais encore le changement de la pupille. » D'après ses calculs, une lentille doit être capable de réunir en un point les rayons lumineux d'objets placés aux distances les plus diverses, quand la pupille modifie, en vertu d'une loi indiquée par lui, le rapport des rayons marginaux aux rayons centraux.

» Enfin on peut, avec Volkmann, objecter contre toutes les théo-

» ries qui dérivent du mouvement de l'iris la faculté qu'a l'œil de
» s'accommoder aux distances, que si le changement de la pupille
» était l'unique moyen de parvenir au but, tout changement im-
» primé par la lumière à cette ouverture devrait en occasionner un
» aussi dans l'état d'accommodation, ce qui n'a pas lieu. La vision
» distincte d'un objet regardé à travers une pupille artificielle en
» carte, et *la possibilité persistante, malgré ce diaphragme, de voir*
» *clairement l'une ou l'autre à volonté de deux épingle alignées*, prou-
» vent aussi que la faculté d'accommodation n'a point pour cause le
» changement de grandeur de la pupille, et que, si cette ouverture
» varie suivant les distances, l'effet doit dépendre de quelque autre
» cause. *Si je regarde les lettres d'un livre éloigné de quinze pouces à*
» *travers un trou d'épingle percé dans une carte que je tiens immédiatement au-devant de la cornée, il dépend de ma volonté, avec cette pupille invariable, de voir ou distinctement ou indistinctement.* » (*Physiologie du système nerveux*, traduction de M. Jourdan. Paris, 1840, page 356-357.)

On peut répondre à la conclusion que nous avons soulignée dans le premier paragraphe, que la nébulosité de l'image de l'objet lointain dans l'expérience est spécialement une nébulosité centrale qui se trouverait recouverte par l'image correcte dans le cas d'accommodation pour cette distance ou de pupille plus large. Il nous semble néanmoins que l'on perçoit aussi, dans l'expérience citée, une nébulosité marginale suffisamment amplifiée et assez intense pour qu'elle fût perceptible avec de l'attention de notre part dans la vision accommodée à l'objet lointain si sa cause persistait. (Peut-être faudrait-il recourir ici aux phénomènes particuliers de la diffraction de la lumière venue de l'épingle éloignée sur le bord de l'épingle voisine quand on regarde celle-ci.)

On voit dans le second paragraphe de la citation que les calculs de Treviranus se rapprochent singulièrement de la théorie de M. Pouillet et des expériences de M. de Haldat.

Enfin nous avons répété les expériences indiquées en caractères

italiques dans le troisième paragraphe ; c'est là un procédé simple pour contrôler l'effet des variations pupillaires , et l'expérience est bien facile à répéter. Si nous osons nous en rapporter à nos propres yeux, nous devons dire que les deux propositions de M. Müller nous ont paru devoir être bien restreintes.

Il nous semble donc naturel de conclure que si les variations pupillaires ne sont pas le moyen unique d'accommodation de l'œil aux diverses distances, tout au moins en paraissent-elles être le principal élément.

On peut faire à cet égard l'expérience suivante : elle est très-simple, et donne en quelque sorte la mesure de vérité que comporte pour chacun la conclusion précédente. C'est d'aligner deux épingles en croix, l'une à deux ou plusieurs mètres de distance , l'autre seulement à quelques centimètres de l'œil, et toutes deux projetées sur un fond blanc, par exemple sur un rideau de fenêtre. A l'œil nu on ne peut voir que l'une ou l'autre épingle, et alternativement, selon l'accommodation que l'on fait prendre à l'œil ; mais à travers un trou d'épingle pratiqué dans une carte que l'on tient près de l'œil, on peut à l'instant voir les deux épingles simultanément, et les variations de netteté qu'on peut encore introduire entre les images donnent une mesure sensible des restrictions à apporter à la proposition ci-dessus déduite.

Nous avons dit que, si l'on instille dans l'œil une goutte d'extrait de belladone, la pupille ne tarde pas de se dilater ; qu'il en résulte une presbytie temporaire , c'est-à-dire que l'objet doit être plus éloigné qu'auparavant pour que l'image redevienne nette comme précédemment.

M. Müller remarque néanmoins que des expériences de Purkinje et de Volkmann ne permettent pas d'admettre que la presbytie soit un résultat constant de l'instillation de la belladone.

M. Müller a fait, sur lui-même, des expériences avec la belladone : le résultat a été de rendre presbyte l'œil dans lequel il avait instillé le narcotique ; mais un résultat remarquable qu'il met

en relief, c'est que l'œil sain, lui-même, s'en ressentait dans son état moyen d'accommodation. Chaque œil avait conservé la faculté fondamentale de pupille variable et d'état variable d'accommodation pour la vue nette à des distances différentes, mais l'état moyen restait dans un désaccord à peu près constant ; c'est-à-dire que les états d'accommodation continuaient à varier ensemble, et toujours dans le même sens pour l'un et l'autre œil, en sorte qu'il était impossible de les ramener simultanément au même état, bien qu'on pût faire successivement passer l'un ou l'autre par un même état.

Il y avait lieu, en général, à images doubles, mais l'une ou l'autre seulement était nette, celle de l'œil accommodé pour la distance actuelle de l'objet.

Quand l'œil malade ou presbyte parvenait à s'accommoder pour une distance d'objet voisin, l'image en lui était nette, mais d'un tiers environ moindre que nature; tandis que l'image du même objet, confuse alors dans l'œil sain, restait de grandeur naturelle.

Enfin, on doit à M. Müller une exposition et une discussion des rapports intimes qui lient entre eux trois ordres de mouvements presque strictement solidaires, à savoir :

1° L'état d'accommodation; 2° l'état d'ouverture de la pupille; 3° l'état de direction ou d'orientation des axes optiques. Nous avons déjà vu précédemment l'union intime de ces deux premiers ordres de mouvements; voici maintenant comment ils se trouvent ensemble, dépendants de la direction des axes optiques. Cette question elle-même se rattache à celle de la vue simple ou double d'un objet avec les deux yeux; mais nous la discuterons à part : considérons simplement ici une double image comme un signe que les deux axes optiques ne concourent pas sur un objet.

Voici l'énoncé général des rapports dont l'existence est établie par les expériences de M. Müller et leur discussion. Les axes optiques étant dirigés l'un vers l'autre, de manière à converger d'abord près, puis plus loin, et successivement jusqu'à l'infini, quand ces axes sont parallèles, la pupille, étroite d'abord, devient de plus en plus

large, et l'accommodation, qui existait primitivement pour une petite distance, passe ensuite par tous les états pour des distances successives jusqu'à l'infini.

On ne peut pas par volonté isoler un de ces trois effets, l'accommodation, l'état de l'iris, la direction des axes. Si l'un des axes reste fixe et que l'autre suive un objet idéal qui s'éloignerait sur l'axe fixe, les mêmes relations mutuelles persistent, même si l'œil mobile est couvert.

Quand nous regardons avec les deux yeux à la fois un objet voisin situé dans le plan de symétrie de notre tête, nos deux axes optiques convergent sur cet objet, et l'accommodation des yeux est juste pour cette distance : l'objet est vu nettement. Si nous cherchons à introduire dans nos yeux un autre état d'accommodation, et que nous y parvenions, l'objet est vu nébuleux, mais il est vu double, symétriquement écarté du plan de symétrie de la tête, et nos deux axes optiques sont déplacés; ils convergent plus loin ou plus près que l'objet, selon que nous avons introduit l'accommodation pour une distance plus grande ou moindre. La distance à laquelle nous rapportons les deux images indistinctes, latéralement perçues alors, est la distance à nous du plan normal à la bissectrice de l'angle des axes optiques, au point de convergence de ces axes. Dans l'accommodation et l'orientation des axes pour une distance plus grande que la distance réelle de l'objet, les images sont croisées, c'est-à-dire celle de l'œil droit est perçue à gauche, *et vice versa*, pour l'autre œil : on s'en assure en fermant un œil. Dans l'accommodation et l'orientation des axes pour une distance moindre que la distance réelle de l'objet, les images sont directes.

Ces expériences sont difficiles à obtenir (pour nous du moins), il faut s'y exercer avec effort avant de réussir : un moyen d'obtenir au moins un des effets, c'est d'aligner ensemble un doigt de chaque main à distance, et de regarder fixement tantôt l'un, tantôt l'autre.

Ainsi la variation d'état d'accommodation de l'œil, les mouvements de l'iris et le déplacement des axes optiques sont trois ordres de

mouvements intimement solidaires. Si on les considère physiologiquement comme mouvements associés, le ganglion ophthalmique est le lien nerveux qui les associe par les nerfs iriens qu'il fournit, et par les communications qui unissent ce ganglion au nerf oculomoteur commun d'où proviennent les fibres excitatrices de quatre muscles directeurs du globe de l'œil.

Cependant cette proposition de concordance constante ne peut être regardée comme absolue. Des expériences de M. Plateau démontrent qu'à force d'exercice on peut parvenir à varier l'accommodation de l'œil sans varier nécessairement la direction des axes. M. Müller reconnaît lui-même que ces expériences sont vérifiables ; il a obtenu personnellement des variations d'accommodation de l'œil sans changements dans la direction des axes. Mais pour ce qui concerne le rapport intime de l'accommodation et des mouvements iriens concordants, on n'a pu encore les isoler.

Voici la conclusion de M. Müller sur la question de l'accommodation de l'œil (p. 365) :

« Mais ici encore, comme dans tous les phénomènes qui ont été décrits précédemment, le mouvement de l'iris et le changement de l'état de réfraction se montrent unis l'un à l'autre par les liens les plus intimes ; et cependant nous ne sommes point autorisés à attribuer au mouvement de l'iris une influence, même indirecte, sur l'accommodation. On a déjà présumé que le mouvement de l'iris peut agir aussi sur le corps ciliaire, et par suite sur la situation du cristallin, parce que le corps ciliaire adhère avec force au pourtour extérieur de la face postérieure de la membrane. Cependant cette hypothèse peut être réfutée d'une manière formelle, car les changements de l'iris sont déterminés aussi par la lumière ; mais nous voyons un objet distinctement, qu'il soit fortement éclairé et par conséquent la pupille rétrécie, ou que l'œil soit dans l'ombre et la pupille large. Donc, ce qu'il y a de plus vraisemblable encore, c'est que l'accommodation dépend d'un organe qui se meut facilement avec l'iris, mais qui peut néanmoins en être indépendant jusqu'à un

certain point. En raisonnant par voie d'exclusion, on est porté à croire que cette faculté appartient au corps ciliaire, et lui permet d'influer sur la situation du cristallin, mais nous manquons de preuves établissant que ce corps possède la contractilité.

» D'après les observations de Young et de Volkmann, la faculté qu'a l'œil de s'accommoder aux distances est diminuée par l'extraction du cristallin dans l'opération de la cataracte. »

Ajoutons cette réflexion de l'illustre professeur : « Telle est, en général, l'état de la question que les phénomènes peuvent être expliqués de plusieurs manières différentes, sans qu'aucune explication soit à l'abri de la critique. »

Il nous semble néanmoins que les rapprochements faits dans cette thèse des expériences de M. de Halldat et de la théorie de M. Pouillet doivent faire reporter avec quelques probabilités de plus la cause des changements de l'accommodation aux variations iriennes, jointes peut-être à quelques variations dans la longueur de l'axe de l'œil.

L'œil ne paraît pas être rigoureusement achromatique, bien que les phénomènes de coloration des images par dispersion y soient insensibles.

Une expérience de Fraünhofer exposée par M. Regnault dans son cours, montre que dans une lunette micrométrique le fil très-fin étant au foyer de l'image et bien visible pour le rouge pur du spectre au milieu du champ, on ne voit plus ce fil, dès qu'on fait entrer le violet dans le champ, si l'oculaire reste à la même place. Pour revoir le fil dans cette couleur, il faut rapprocher l'oculaire du fil d'une quantité beaucoup plus grande que celle qui résulterait de l'aberration de réfrangibilité due à la lentille.

Des expériences de M. Müller sur la vue indistincte donnent à penser que les choses se passent dans l'œil comme dans les lentilles ordinaires. On sait que, dans les expériences avec les lentilles ordinaires, le pinceau convergent est enveloppé avant le foyer par un cône creux de rayons colorés, le rouge étant le plus extérieur.

Après le foyer c'est le violet qui se trouve extrême en dehors. L'intersection la moins colorée se trouve au foyer moyen entre le rouge et le violet. Si donc l'écran présente le violet en dehors, il est trop éloigné; si c'est le rouge qui se trouve en dehors, l'écran est trop rapproché de la lentille.

Ceci posé, voici les expériences de M. Müller. On dispose un petit disque blanc sur un fond noir, et on le contemple d'un seul œil, qu'on s'exerce à faire passer par des états d'accommodation différents de celui qui convient pour cette distance. Quand l'accommodation actuelle est précise, l'image est pure: pour l'accommodation qui conviendrait à une distance plus grande, la rétine coupe le pinceau de lumière en avant du foyer moyen, et l'image alors paraît irisée sur le bord, le rouge en dehors. Pour l'accommodation de l'œil qui conviendrait à une distance moindre que celle de l'objet, la rétine coupe le pinceau au delà du foyer moyen; en ce cas l'image paraît encore irisée, mais les couleurs sont en ordre inverse, le violet est en dehors. Tout ceci paraît du reste se passer dans un anneau très-étroit.

Il en serait de même si l'on faisait l'expérience avec les deux yeux, mais on aurait des images doubles et indistinctes. Pour l'accommodation précise, l'irradiation dont nous allons bientôt parler couvrirait-elle les faibles couleurs qui pourraient encore persister?

Cette irisation des objets par cause d'accommodation non convenable paraît pouvoir expliquer les irisations apparentes des objets dans certains états maladifs: par exemple, les lignes rouges qui se montrent autour des caractères noirs de l'écriture après des veilles prolongées, etc... Les irisations ou bandes colorées dioptiques sont très-marquées pour l'œil dans lequel on a instillé de la belladone.

L'angle visuel, ou l'angle sous lequel on voit un objet, est sensiblement déterminé par celui que font entre elles deux droites menées: points extrêmes de l'objet au milieu du cristallin. Cela est d'autant plus exactement vrai que l'angle visuel est moindre.

On désigne par *angle optique* l'angle variable depuis 0 jusqu'à 45° environ que peuvent faire entre eux, dans la vision régulière, les axes optiques des yeux dirigés sur un même point.

Le *champ de la vision nette possible pour une position donnée de la tête* est un secteur sphérique qui aurait son sommet à l'œil et qui serait limité dans l'espace par la circumduction extrême des axes optiques en tous sens, la tête demeurant fixe. Quand la tête est maintenue immobile contre un appui postérieur, et qu'on cherche ainsi, contre une paroi opposée, la trace de cette circumduction extrême des axes optiques, pour un œil d'abord, puis pour l'autre, on s'aperçoit que ces deux traces sont peu éloignées de se superposer. Mais il faut pour cela remarquer que de chaque côté il s'ajoute une portion de l'espace où nous ne pouvons point amener l'axe optique de l'un ou de l'autre œil, mais où les objets nous sont encore néanmoins perceptibles, bien qu'indistinctement et latéralement, par l'œil de ce côté.

Les mouvements de la tête peuvent évidemment faire atteindre aux axes optiques toute la sphère ambiante. Revenons au cas où la tête est immobile.

Dans ce champ, ou mieux dans cet espace conique de la vision nette possible, il n'y a point de limites du côté de la base ou de la distance infinie: un état d'accommodation convenable pourra faire passer toutes les tranches sphériques successives jusqu'à quelques centimètres de l'œil par les conditions de la vision nette actuellement. L'épaisseur de ces couches de vision nette simultanée pour l'état d'accommodation habituel est ce que M. Lehot appelle *champ de la vision distincte* dans les recherches faites avec son *opsiomètre*, dont nous avons parlé.

La dernière couche sphérique où la vision nette soit possible est encore à une certaine distance du sommet du cône précédemment indiqué, ou à distance de l'œil. Cette moindre distance est déterminée par l'accommodation extrême dont chacun jouit. Elle est au minimum chez les myopes.

On peut réduire encore artificiellement la distance à l'œil de la dernière couche nettement perceptible, à l'aide de diaphragmes d'une très-petite ouverture, c'est-à-dire en dépassant la limite des amincissemens du pinceau de lumière praticables à la pupille.

L'angle visuel nous fait sentir et estimer la grandeur angulaire d'une dimension d'un corps en vue; mais pour que nous puissions porter un jugement sur cette donnée, ou estimer la grandeur réelle des corps, il faut que nous connaissons la distance réelle.

Le sentiment de la distance paraît dépendre de la conscience que nous avons de l'angle optique sur un point distant et situé directement devant nous; mais au delà d'une certaine distance notable, les variations de l'angle optique seraient si minimes pour une variation même très-grande dans la distance du point, qu'il ne nous reste guère que la comparaison avec des objets voisins, connus et situés à des distances connues, ou l'affaiblissement de la lumière, etc., pour éviter de grandes erreurs.

L'estimation de la distance d'un corps, ou la conscience de l'angle optique aussi bien que celle de l'angle visuel, semblent devenir plus distinctes quand nous promenons nos axes optiques d'un objet à nous ou d'une extrémité à l'autre d'un objet. De fait nous le pratiquons ainsi pour explorer ces éléments, et ces mouvements des axes optiques sont analogues à ceux que nous exécutons quand nous palpions un corps.

La sensation du relief d'un corps se rapproche beaucoup de la sensation des distances propres des diverses parties d'un objet.

Comment la sensation de trois dimensions d'un corps peut-elle naître d'images planes?

On doit à M. Wethstone un très-remarquable travail sur cette question; nous allons en présenter les résultats principaux, et nous en servir dans la discussion qui nous occupe.

Un objet étant situé à une grande distance, et partant les deux axes optiques étant sensiblement parallèles, les deux images qui se forment sur les deux rétines sont sensiblement identiques. Dans de

telles conditions, un objet en relief ou une peinture parfaite de cet objet produiraient le même effet sur chaque rétine; l'illusion d'une peinture peut alors devenir complète. Mais pour une petite distance, quand les axes optiques convergent d'un angle notable, chaque œil a une perspective propre. Chaque image sur la rétine représentant fidèlement la perspective correspondante de l'objet, les deux images perçues, et qui se superposent pour la sensation, ne sont plus identiques. La perception du relief (ou même de la situation des corps à distance variable) paraît se rattacher à cette différence des deux images propres formées dans chaque œil.

On peut prendre une idée simple de cette condition fondamentale de la perception du relief des corps, ou de leurs trois dimensions, par la considération d'un corps régulier tel qu'un cube disposé à petite distance sur le plan de symétrie de la tête, et regardé alternativement avec un seul œil, la tête demeurant immobile.

Si le cube tourne une face directement du côté de l'observateur, un œil voit cette face, et de plus une des deux faces latérales, l'autre restant cachée : réciproquement, l'autre œil voit la même face antérieure et l'autre face latérale seulement.

On conçoit facilement toutes les variations de chaque perspective qui résulteraient du transport du cube en une situation latérale.

On trouve, avec un peu d'examen, que les différences des images propres seront d'autant plus grandes pour une même distance du cube ou d'un corps quelconque à l'observateur, que ce corps sera plus rapproché du plan de symétrie de la tête, lieu d'un maximum. Pour une situation de l'objet latérale, la différence des images diminue; et si le transport simultané des deux axes optiques pouvait aller jusqu'à un quadrant du plan de symétrie de la tête, la différence des projections serait à bien peu près nulle.

On peut donc conclure que *le relief des objets et leur situation dans l'espace sont d'autant mieux percus pour une même distance que ces objets sont vus plus directement ou qu'ils sont situés plus près du plan de symétrie générale de notre corps.* Cette remarque

prendra de l'importance quand nous en viendrons à comparer l'instillation de l'appareil optique dans les divers animaux.

Étant donc établi que nous percevons la figure et le lieu d'un objet à trois dimensions par deux impressions différentes faites sur les rétines, quel résultat obtiendrait-on si, à la place de l'objet lui-même, on offrait simultanément à chaque œil ses projections ? C'est ainsi que M. Wethstone s'est posé la question. Les conditions visuelles étant alors identiques à ce qu'elles seraient pour l'objet réel mis en même perspective, on doit s'attendre à une illusion complète : et en effet c'est ce qui arrive.

Pour isoler les images des corps latéraux et pour régler les directions des axes optiques, M. Wethstone se sert d'un appareil dont les pièces majeures sont deux tubes directeurs des axes optiques. Les deux yeux doivent regarder des dessins, chacun isolément, à travers ces tubes, dont les axes peuvent prendre toutes les inclinations possibles aux axes optiques eux-mêmes.

Voici les résultats obtenus :

1^o On dirige les deux yeux de manière que leurs axes optiques se croisent à l'intersection des axes des tubes qui les conduisent pour ainsi dire : si alors on présente à chaque œil séparément et à tous deux simultanément les deux projections fidèles et exactement disposées, sous lesquelles chacun d'eux verrait un objet à trois dimensions situé au lieu même de l'entrecroisement des axes optiques, la sensation est identiquement ce qu'elle serait si on présentait le corps lui-même.

2^o La situation respective de deux corps, de deux lignes, par exemple, ou d'un fil par rapport à un plan, étant présentée à chaque œil selon sa projection propre, la sensation de la situation est la même que la sensation produite par les corps eux-mêmes dans les conditions naturelles de situation.

Pour ôter toute illusion de lumière ou de couleur à laquelle on eût pu attribuer le fait de la perception identique, M. Wethstone

n'a employé que des dessins linéaires : mais avec une peinture fidèle, l'illusion est insurmontable.

Enfin il a construit un appareil général dans lequel, aux projections des objets, se trouvent substituées leurs images spéculaires sur deux miroirs plans verticaux qui se coupent à angle droit : les projections réelles étant disposées symétriquement par rapport à chacun des miroirs réfléchissants, sur un même plan horizontal et à distance convenable ; on approche les yeux de l'arête verticale d'intersection des miroirs, pour regarder les images à travers deux trous conducteurs percés dans une planchette interposée.

Le plan de symétrie de la tête passant par cette arête commune et divisant par le milieu l'angle dièdre des miroirs, les deux images des projections (d'après les lois mêmes de la réflexion) sembleront situées en un même lieu, sur le plan même de symétrie de la tête, et à une distance égale facile à déterminer.

M. Wethstone put faire alors la contre-épreuve. Deux objets réels identiques autant que possible, comme deux petits cubes, étant disposés dans son stéréoscope (son appareil), si les deux images offertes aux deux yeux se présentaient comme les deux projections d'un cube unique dans les conditions naturelles de la vue directe, la sensation exprimait un cube réel, un corps en relief à trois dimensions.

Mais on conçoit qu'on puisse disposer les deux cubes égaux de manière que leurs images spéculaires soient identiques pour chaque œil : dans ce cas, on percevait la sensation d'une simple projection plane, sans relief...

Tout ceci conduit à cette conséquence, qu'il existe une différence essentielle entre la perception visuelle d'un corps à l'aide des deux yeux et sa perception au moyen d'un seul œil ; qu'il faut le concours des deux yeux pour une perception suffisamment nette du relief des corps, c'est-à-dire de leurs trois dimensions, ou tout au moins pour une perception vive de ces trois dimensions.

Il semblerait en devoir résulter que la vue au moyen d'un seul œil

ne doit faire naître aucune sensation de relief. Dans la réalité il n'en est point ainsi, parce que les objets perçus nous sont d'ordinaire connus d'autre part, de telle sorte que la vue au moyen d'un seul œil nous en indiquant une projection, de suite nous jugeons de leur situation et du relief.

D'un autre côté, la dégradation de la lumière, les ombres portées sur un objet connu empêchent immédiatement toute erreur. Les mouvements de la tête peuvent donner lieu à plusieurs images successives, ou à plusieurs projections qui, ajoutées par la mémoire, forment des éléments de jugement suffisants.

Ajoutons encore: l'habitude, l'attention pour les cas difficiles, contribuent sans doute à empêcher d'ordinaire l'erreur.

Il paraît toutefois certain que l'occlusion d'un œil ôte beaucoup de sécurité à tous nos jugements sur le relief des corps et sur leur distance. Il y a donc vérification réelle de toutes ces expériences de M. Wethstone.

Il suit de là encore qu'un tableau, qui ne peut jamais donner qu'une projection sur la rétine, fera mieux illusion ou présentera plus d'effet si on le regarde d'un seul œil et à travers un tube qui écarte les images des corps voisins, lesquelles pourraient nous tirer d'illusion. Les conditions de la vision, de la réalité, se rapprocheraient alors tout à fait de celles de la vision d'une toile fidèle.

Ces idées de deux projections différentes, nécessaires pour préserver de toute illusion, expliquent encore la difficulté de se figurer sous un point de vue constant un cristal dont toutes les arêtes sont projetées dans un dessin: la projection satisfait à plusieurs situations du cristal, et, comme nous n'en avons qu'une seule, nous pouvons juger le cristal en ces diverses situations indistinctement. On sait qu'on n'est point maître de passer à une quelconque de ces perceptions possibles.

On explique encore ainsi un fait connu: une pierre taillée, en relief ou en creux, produit souvent l'impression inverse de l'état réel quand on la considère au microscope ou à travers un tube. C'est

qu'alors on n'a qu'une seule projection, laquelle satisfait aux deux cas; la vue à l'aide des deux yeux donne à coup sûr la distinction de l'état réel par les deux projections dissemblables.

Les illusions de ce genre, dans les études microscopiques de corps transparents d'une certaine épaisseur, peuvent être redressées en explorant quels points deviennent plus nets, pour un rapprochement ou un éloignement de l'objet produit lentement, en même temps qu'on observe de l'œil. Le sens du mouvement fait connaître si ce sont les lignes profondes ou les lignes superficielles des corps qui deviennent nettes ou confuses. On détermine ainsi la situation. Ceci est important pour les études microscopiques; car, pour saisir la véritable forme d'un objet observé, il faut qu'on en trouve la vraie situation.

Comparons maintenant les images aux objets. Un objet étant en vue aux deux yeux, chaque image est renversée, soit verticalement, soit transversalement, et nous voyons l'objet en position droite: il y a deux images et nous ne percevons qu'un objet. De là deux questions.

Ces deux questions ne sont point, à proprement parler, des questions de l'optique de l'œil, elles ressortent plutôt de la physiologie pure et leur discussion poussée loin irait jusque dans le domaine de la métaphysique. Cependant, comme tout ceci se trouve lié aux conditions physiques des images, il faut au moins définir les phénomènes sous ce point de vue.

Pour ce qui concerne la direction, relativement à l'œil, du lieu où nous rapportons la présence d'un corps dont l'image se trouve imprimée sur la rétine, les choses se passent très-sensiblement comme si le lieu de chaque point de l'objet se trouvait individuellement reporté par nous dans la direction normale à l'élément de la rétine où ce point est représenté. C'est l'opinion de Reid, de Portefield, de Bartels, et autres physiciens.

L'opinion de d'Alembert, de Volkmann, est que nous reportons le lieu réel de l'objet dans la direction rectiligne de l'image à l'objet:

direction que Volkmann admet être identique à la direction des rayons visuels. Cette opinion ne différerait pas de la précédente pour un point situé sur l'axe principal de l'œil. Pour des lieux peu écartés de l'axe optique, la différence paraît négligeable.

S. D. Brewster a calculé que, pour un écart angulaire de 30° de l'axe, les plus différentes de ces trois directions ne différeraient pas de plus de $\frac{1}{2}$ degré, différence bien peu sensible dans des sensations non précises. On peut donc conserver, pour expression de la direction, la normale à l'élément de la rétine.

Une opinion de Smith, voisine de celle-ci, consistait à prendre pour direction l'axe du faisceau incident sur la rétine. Cette opinion se confondrait encore avec les précédentes pour le cas d'un pinceau complet occupant toute la pupille; mais pour le cas d'un petit pinceau élémentaire qui, comme dans l'expérience de Scheiner, aurait sa base excentriquement située sur la pupille, et son foyer au même lieu que le pinceau complet, cette dernière opinion paraît s'éloigner sensiblement de la réalité.

M. Müller objecte à toutes ces opinions réunies qu'elles conduisent à une difficulté insurmontable, à savoir: qu'on devrait alors repérer un même objet dans deux directions différentes, et qu'il y aurait impossibilité de comprendre comment on voit les objets simples avec les deux yeux. Nous craignons de dire une subtilité, mais il nous semble que les deux directions ne sont différentes que parce que nous les rapportons à deux origines ou à deux yeux différents. Du reste, cette question tient à celle de la vue simple au moyen des deux yeux, question à laquelle nous allons de suite venir.

On a dit aussi que rien n'est vu renversé, parce que rien n'est vu droit comparativement, et qu'assigner une direction, c'est porter un jugement, ce qui exige un terme de comparaison.

On se rend compte de la vue simple avec les deux yeux de plusieurs manières: on peut supposer, avec Gassendi, qu'à un même instant la perception n'a lieu que pour l'une ou l'autre image, ce que contredisent les expériences de M. Wethstone; ou bien on a recours

à l'hypothèse que deux points homologues de droite ou de gauche dans les deux rétines correspondent à un même filet nerveux cérébral de droite ou de gauche bifurqué au *chiasma*, comme nous l'avons dit précédemment. Cette idée remonte à Taylor et à Wollaston. Un fait qui semble conduire directement à cette opinion, c'est la paralysie transitoire de la rétine, par moitié et du même côté pour chaque œil, de droite ou de gauche simultanément, en sorte que les malades ne voient que la moitié droite ou gauche des objets sur lesquels ils fixent leurs yeux. Wollaston et M. Arago ont personnellement éprouvé cette affection de la rétine, ordinairement peu durable. On a interprété de plusieurs manières le mode d'entrecroisement des nerfs optiques dans le *chiasma*, mais cela sortirait de notre question. Nous devons simplement rappeler que les lésions du nerf optique d'un seul côté dans le crâne ne sont pas toujours accompagnées d'effets concordants avec l'hypothèse précédente. Il existe aussi des difficultés à expliquer dans le strabisme, dans des expériences de M. Wethstone que nous citerons, etc.

En ajoutant néanmoins, au principe que deux points homologues des rétines font naître sous l'action de la lumière une sensation unique, le principe complémentaire que, sous la même action, deux points non homologues font naître en nous deux sensations différentes, on se rend compte d'une manière assez satisfaisante de la *vision simple* ou de la *vision double* avec les deux yeux.

Une conséquence, c'est que tous les objets situés sur une circonference de cercle passant par le point éloigné où se croisent les axes optiques, et par les deux points de croisement des rayons visuels dans chaque œil, doivent paraître simples : mais aussi les objets situés ailleurs, sur le plan des axes, dans l'espace, devraient tous paraître plus ou moins doubles, et il est difficile d'admettre que de fait il en soit ainsi.

Le cercle limité par la circonference ci-dessus définie est l'*horoptre*, pour M. Müller. Quelque terme aurait-il été traduit avec trop peu de précision, ou bien est-ce là véritablement la pensée de

l'auteur ? Il ne nous a pas été possible de comprendre bien clairement la définition de l'*horoptre* de M. Müller, ni celle des auteurs qui se trouvent cités dans ce passage de sa physiologie du système nerveux. (Paris, 1840, trad. de M. Jourdan, p. 427.)

Une question qui se rattache encore à celle de la sensation unique pour une double image, c'est ce qu'on appelle la rivalité des yeux. Si l'on contemple une feuille de papier blanc à travers deux verres diversement colorés, on ne voit qu'une figure du papier, mais sa couleur n'est point la somme des couleurs des deux verres ou leur combinaison : c'est tantôt une couleur, tantôt l'autre qui l'emporte dans la sensation. Si l'on prolonge la contemplation, les deux couleurs se fondent par moments, mais souvent elles reviennent à se substituer l'une à l'autre par points isolés sans fusion. On a là, pour ainsi dire, le spectacle de la superposition de deux images séparées en une seule sensation.

L'attention peut dans certains cas rattacher toute la sensation à une seule image : témoin les études microscopiques.

Nous terminerons en rapprochant des discussions précédentes sur la vision simple ou double des expériences de M. Wheatstone qui servent en quelque sorte de mesure pour déterminer les limites de précision dans lesquelles les idées précédentes se vérifient.

Déjà, des expériences de M. Wheatstone précédemment citées, il résulte des restrictions pour l'explication de la vue simple avec les deux yeux ; selon les idées de Wollaston ou de Müller. Évidemment un objet à trois dimensions étant perçu simple et cependant ne donnant pas lieu à deux images identiques, des points non homologues des deux rétines sont ébranlés dans cette perception simple. Ainsi donc la condition des points homologues ébranlés par les deux images n'est pas rigoureusement obligatoire pour la vue simple.

Voici une expérience instituée dans le but spécial d'appuyer la conclusion précédente : elle consiste à présenter à l'œil droit, à l'aide du stéréoscope, une ligne verticale fortement tracée, et à l'œil

gauche une ligne pareillement bien marquée et un peu inclinée à gauche. On a, par la double impression, simultanément la sensation d'une ligne unique située presque verticalement, et un peu rapprochée de l'œil droit par son pied. Donc des impressions en des points des deux rétines non homologues peuvent se superposer pour une perception unique; ce qui restreint les idées théoriques précédemment émises sur l'hétérogénéité de la sensation par des points non homologues des rétines.

Si maintenant on ajoute aux conditions de l'expérience précédente une trace verticale légère ou ponctuée menée, sur le dessin destiné à l'œil gauche, par le milieu de la ligne inclinée qui s'y trouve (ligne légère de même direction et grandeur que la ligne fortement tracée qui existe sur le dessin de l'œil droit, et qui partant donnera son image en des points de la rétine de gauche homologues de ceux de la rétine de droite), il s'ajoutera dans la perception simultanée, à la sensation précédente, celle d'une ligne ponctuée située à l'intersection du plan visuel (plan mené par l'axe optique) de gauche passant par la ligne ponctuée avec le plan visuel de droite passant par la grosse ligne pleine.

M. Wheatstone en conclut que des impressions en des points homologues des rétines peuvent ne pas se superposer pour une seule sensation simple. Cette conclusion ne nous paraît pas découler nécessairement du fait observé.

Pour démontrer que des images en des points non homologues des deux rétines peuvent se superposer pour une perception unique, on peut faire l'expérience suivante: on présente à chaque œil une ligne droite légèrement inclinée sur la verticale, l'une symétrique en tout de l'autre: soit par exemple, que ces deux lignes convergent légèrement l'une vers l'autre par le haut. Si les axes optiques se coupent en avant du papier où sont tracées ces deux projections, leur perception simultanée fera naître la sensation d'une droite située dans le plan vertical de symétrie, et dont le pied se rapproche de l'observateur.

Il n'y a bien qu'une sensation unique, et l'on peut justifier de la direction de cette ligne unique perçue en plaçant directement en son lieu une ligne réelle, comme un fil de fer ou une aiguille.

Les deux images des projections sont cependant symétriquement situées sur la rétine, et symétriquement orientées sur l'axe optique.

Lorsqu'un corps que l'on regarde n'est pas situé dans le plan de symétrie de la tête, sa distance à chaque œil est différente: l'angle visuel sous lequel il est vu diffère d'un œil à l'autre, les deux images sont donc d'inégale grandeur. On peut vérifier ceci en regardant alternativement avec chaque œil séparément une pièce de monnaie latéralement située: l'image est plus grande pour l'œil plus voisin, et, puisque nous avons la perception d'un objet unique quand les deux images se forment simultanément, il en faut conclure que deux images inégales sur les rétines peuvent se superposer pour une sensation unique. M. Wheatstone a trouvé, par des expériences faites à l'aide du stéréoscope que des projections semblables, mais inégales, peuvent se superposer pour une perception unique tant que leur rapport de grandeur n'excède pas le rapport de deux sections parallèles d'une pyramide à des distances du sommet dans le rapport des deux distances des yeux à un même objet latéralement regardé.

D'après ce qui a été dit précédemment, il n'arrive aux deux rétines deux images ou deux projections d'un objet voisin qu'autant que cet objet se trouve dans le plan même de symétrie de la tête ou du corps. Pour toute autre situation la grandeur des images est inégale. Nous venons de voir que, lors de l'inégalité croissante des images, leur superposition devenait de plus en plus difficile, et la perception moins nette. Il se peut donc faire que la sensation de plus grande netteté dans la vue d'un objet voisin exige la condition qu'il se trouve dans notre plan de symétrie ou directement devant notre face. De petits mouvements latéraux de la tête, que nous pratiquons alors d'un côté, puis de l'autre, pour explorer des différences de sen-

sation, nous aideront à définir le point maximum et à préciser la direction.

Lorsqu'on regarde simultanément au stéréoscope deux projections ou images dissemblables, si elles ont des parties communes, ces parties persistent constamment dans la perception ; mais les parties hétérogènes se substituent d'une manière brusque, incertaine, alternativement et successivement. Si, par exemple, on regarde simultanément deux disques égaux de papier portant chacun au centre une lettre différente ; la sensation, lors de la vue simultanée, est celle d'un disque constant avec une lettre variable au centre : c'est tantôt l'une des lettres tracées qui est perçue, tantôt l'autre, et cela alternativement, mais non point par substitution d'images nettes. Quand une lettre disparaît pour être remplacée par l'autre, elle semble se rompre, se disperser en fragments pendant qu'apparaissent les premiers fragments de l'autre lettre, qui doit surgir à sa place pour disparaître ensuite de la même manière.

Si l'un des disques est plus éclairé que l'autre, sa lettre persiste plus long-temps que celle de l'autre disque.

Cette expérience est analogue à ces substitutions partielles et successives de couleurs qui ont lieu dans une expérience précédemment citée quand il s'est agi de la rivalité des yeux.

Durée des effets de la lumière dans l'œil. — Nous venons de discuter comment un pinceau de lumière, émané d'un point radieux extérieur et admis dans l'œil convenablement ajusté, ira, selon les lois de l'optique, se concentrer en un point de la rétine, foyer conjugué du point lumineux extérieur. De quelque nature que soit l'ébranlement d'où naît la sensation, et que la lumière opère en ce point de la rétine, que ce soit un choc de molécules lumineuses arrivant à la file, ou un mouvement vibratoire communiqué de proche en proche, l'analogie et la loi de continuité qu'on observe dans tous

les phénomènes naturels donnent à penser que l'ébranlement de la rétine ne peut ni naître instantanément ni cesser de même, dans l'acception mathématiquement rigoureuse du mot. L'impression sur la rétine doit donc généralement naître, grandir, persister, se propager latéralement, et la sensation qui est physiologiquement liée à l'impression locale doit manifester des résultats de ces effets continués, quelque peu durables qu'ils soient, si on parvient à les explorer par des procédés suffisamment délicats.

L'observation confirme pleinement ces conséquences. On s'en peut du moins convaincre d'une manière sommaire.

Remarquons d'abord un fait signalé par Mariotte : c'est qu'il existe un lieu de la rétine insensible jusqu'à un certain point à l'action de la lumière, c'est le *punctum cæcum*, situé à l'origine du nerf optique. Bernouilli en a déterminé la situation. Pour le trouver, il suffit de disposer, par exemple, sur une surface noire, deux petits disques blancs écartés de quelques centimètres, de fixer l'œil droit, par exemple, sur le disque de gauche, normalement à la surface, et de s'éloigner ou de se rapprocher, l'œil gauche étant fermé et la ligne de jonction des yeux à peu près parallèle à la ligne de jonction des petits disques. Il existe alors une certaine distance ($\frac{45}{40}$ de celle mutuelle des disques) de l'œil droit à la surface, pour laquelle le disque de droite disparaît : plus près ou plus loin on le voit reparaître. L'anatomie indique que l'image du disque de droite est alors située vers l'entrée du nerf optique.

Si l'on répète cette expérience avec une vive lumière en place du disque qui doit disparaître, par exemple, avec une petite bougie, la disparition n'est pas complète, ce qui montre que l'insensibilité du *punctum cæcum* n'est pas absolue. Si l'on prend pour mires deux disques noirs sur un fond blanc, la disparition a lieu de même, ce qui montre que le *punctum cæcum* est très-facilement ébranlé par communication. Ces deux dernières expériences sont dues à M. Brewster.

Venons maintenant à la discussion de la continuité des ébranle-

ments communiqués à la rétine par la lumière qui s'y est concentrée en foyers après avoir traversé l'œil.

Parlons d'abord de la persistance des ébranlements ou des impressions.

On la prouve par l'expérience du charbon tournant qui apparaît, comme un ruban de feu, d'autant plus allongé que le mouvement est plus rapide. On y rattache l'apparence renflée des cordes vibrantes, la disparition des raies d'une roue qui tourne avec rapidité, la trainée lumineuse d'un météore, etc. Les expériences de d'Arcy avec le charbon tournant, les expériences de M. Aimé à l'aide de deux disques égaux tournant sur leur axe commun et percés convenablement d'ouvertures en forme de secteurs, permettent de mesurer approximativement la durée de la persistance. On l'a évaluée à $\frac{1}{10}$ de seconde environ. Ce n'est là qu'une mesure approximative, car l'impression qui décroît rapidement d'intensité et la nature même de la lumière agissante paraissent faire varier la durée de l'impression.

On doit à M. Plateau plusieurs travaux remarquables sur ce sujet. On y trouve des expériences délicates, habilement instituées, par lesquelles ce savant a poursuivi la démonstration des conséquences rationnelles de la continuité dans les ébranlements de la rétine jusqu'à coordonner tous les faits sous quelques principes simples, définis, c'est-à-dire jusqu'à en établir une théorie. La théorie de M. Plateau supporte l'examen et représente les phénomènes, autant du moins qu'il est permis de l'espérer dans des questions où les sensations figurent comme grandeurs comparées. Pour mesurer la durée de la persistance, M. Plateau s'est servi d'un appareil de rotation convenablement réglé; voici les résultats de l'expérience: il faut que la lumière agisse pendant un certain temps sur la rétine pour y produire une impression complète. Le temps pendant lequel cette impression produite peut conserver une intensité sensiblement égale après que la lumière a cessé son action est d'autant plus grand que cette impression est moins intense: ce temps est au plus $\frac{1}{100}$ de seconde pour l'impression occasionnée par un carton blanc

qu'éclaire la lumière du jour ; il augmente si le carton est jaune, plus encore si le carton est rouge, au maximum enfin si le carton est bleu. Au contraire, la durée totale de l'impression est d'autant plus grande que la lumière est plus intense et que son action sur la rétine a été moins prolongée, pourvu toutefois qu'elle ait eu le temps de devenir complète.

On a utilisé le phénomène de la persistance des impressions sur la rétine pour observer des corps animés de grandes vitesses. Le principe est de les observer à travers une petite ouverture interceptée périodiquement par des écrans opaques.

Un autre ordre de phénomènes qu'on explique encore par la persistance des impressions, c'est l'aspect varié du champ parcouru par un ou plusieurs mobiles rapidement mis, comme l'aspect que présentent à l'œil les raies d'une ou de plusieurs roues tournant rapidement sur un même axe. M. Plateau a même donné une expression générale de ces phénomènes.

Les ébranlements imprimés à la rétine se propagent probablement un peu au delà du contour des images et donnent lieu aux phénomènes de l'irradiation. On entend par irradiation ce phénomène : qu'un corps éclairé, vu sur un fond obscur, semble excéder ses dimensions propres ou se dilater aux dépens de l'espace obscur ambiant, et qu'inversément, un corps obscur, vu sur un fond éclairé, semble s'amoindrir. De là il résulte que généralement les objets blancs, de couleurs vives et fortement éclairés, semblent plus étendus que des objets de mêmes dimensions réelles, mais dans des conditions opposées.

Une expérience simple pour vérifier le fait consiste à tracer au milieu d'un carton blanc deux lignes droites parallèles écartées, par exemple, de 0^m,005, et à les couper vers le milieu par une autre ligne droite perpendiculaire. On peint en noir la moitié de la bande totale comprise entre les parallèles, et située d'un côté de la perpendiculaire ; on laisse blanche l'autre moitié, mais on peint en noir le fond adjacent de côté et d'autre. On a ainsi, dans le prolongement l'une de l'autre, une bande blanche sur un fond noir et une bande

noire sur un fond blanc. A distance, le carton étant bien éclairé, la bande blanche paraîtra excéder en largeur la bande noire, et d'autant plus que la distance sera plus grande, c'est-à-dire que l'angle soutenu par l'irradiation reste constant. M. Plateau a constaté par des procédés analogues, très-simples et très-précis, que l'irradiation existe toujours, quoique variable; qu'elle se manifeste à toute distance; que l'angle visuel qu'elle soutient, et qui la mesure, reste constant quand on ne fait varier que la distance; que cet angle s'accroît avec l'éclat de l'objet, mais moins rapidement et se trouve déjà très-voisin de son maximum pour l'éclat du ciel au nord.

La grandeur de l'irradiation dépend de l'excès de l'éclat de l'objet sur l'éclat du fond. Deux irradiations en regard et suffisamment rapprochées éprouvent une réduction mutuelle. Cette réduction augmente avec le rapprochement: de là l'apparence concave en dehors des côtés d'un triangle équilatéral noir sur un fond blanc, etc. L'irradiation augmente avec la durée de la contemplation de l'objet.

La grandeur moyenne de l'angle qu'elle soutient pour l'éclat du ciel au nord est de 1' à 1',5; elle varie du reste beaucoup d'un individu à un autre, et, pour un même individu, d'un jour à un autre.

Les effets de la lumière sur la rétine qui se prolongent ainsi en durée pour la persistance des impressions et en étendue sur cette membrane pour l'irradiation, comment s'éteignent-ils, 1° dans le temps après la persistance, en un même lieu de la rétine? 2° dans l'espace au delà du lieu de l'irradiation? Ceci va nous conduire directement à la théorie de M. Plateau.

Si l'on fixe les yeux pendant un certain temps au même point d'un objet coloré disposé sur un fond noir, après le premier instant, bientôt la sensation s'affaiblit, puis graduellement davantage. Si alors on reporte les yeux sur un champ blanc, on aperçoit une image sensiblement de même forme que l'objet, mais de couleur complémentaire, rouge pour un objet vert, orangée pour un objet violet, etc..., et réciproquement. L'image serait grise pour un objet

blanc, c'est-à-dire noire en elle-même et vue grise par le mélange avec le blanc du champ. Cette *image conservée* nous paraît plus grande ou moindre que l'objet, selon que nous reportons les yeux sur un champ plus éloigné ou plus rapproché que le lieu de l'objet : preuve qu'elle tient à un état réel de la rétine à l'endroit même de l'image primitive.

Si, au lieu de reporter les yeux sur un champ latéral, on se contente de les fermer rapidement, on observe les mêmes phénomènes ou une image de l'objet de même grandeur angulaire et de la couleur complémentaire. Ces apparences, observées et décrites déjà par Buffon, par Franklin, entre autres, ont été désignées sous le nom de *couleurs accidentielles*.

Avant M. Plateau, ce phénomène des *images accidentielles* n'avait point été considéré par les physiciens comme se rattachant à une même cause que la persistance variablement durable de l'image primitive. Ils n'avaient point remarqué cette relation constante que l'image primitive précède toujours l'image accidentelle ou persiste avant l'apparition de celle-ci. M. Plateau en excepte sir D. Brewster qui l'a noté expressément dans un cas de couleurs accidentielles.

Voici comment M. Plateau rattache à la cause commune des phénomènes de la persistance et de l'irradiation, ceux des images accidentielles et ceux du dernier groupe, indiqué ci-dessus, dont il sera bientôt question.

La loi de continuité donnerait à penser *à priori* que la rétine subitement soustraite à l'action de la lumière ne revient point instantanément au repos, et que la sensation ne saurait devenir instantanément nulle. L'état premier peut cesser plus ou moins rapidement, mais il doit exister une diminution de cet état jusqu'au repos, ou une continuation décroissante du premier état. C'est ce qui constitue le phénomène de la persistance des impressions, dont il a été question précédemment. L'état premier de la rétine persiste donc véritablement.

Cet état décroît et rapidement, mais la rétine peut se rapprocher

de l'état de repos de deux manières : ou successivement, avec une rapidité de moins en moins grande qui devient nulle à la position de repos (comme un corps se refroidit dans un milieu moins chaud); ou bien la rétine peut se rapprocher de son état d'équilibre avec une vitesse successivement plus grande à partir de l'écart extrême où elle se trouvait dans l'état primitif, dépasser la position d'équilibre, poursuivre au delà, revenir et ainsi de suite, en un mot osciller de part et d'autre de son état d'équilibre ou de repos.

On peut là-dessus consulter l'expérience. En effet dans la première hypothèse l'impression primitive doit décroître graduellement jusqu'à devenir nulle, et la sensation cesser ainsi ; dans la deuxième l'impression primitive doit aussi persister d'abord telle et décroître rapidement jusqu'à devenir nulle. Mais là ne doit pas se borner le phénomène; il doit apparaître immédiatement une sensation contraire et moins intense, laquelle s'éteint à son tour pour être remplacée par l'impression primitive affaiblie, et des oscillations décroissantes doivent avoir lieu ainsi de suite jusqu'au repos.

Or certains faits ne s'accordent qu'avec cette dernière hypothèse : tels sont ceux connus sous la dénomination de *couleurs accidentelles*, et que nous venons d'indiquer par quelques exemples. La couleur complémentaire perçue doit être considérée comme exprimant un état de la rétine opposé à l'état primitif, dans lequel elle se trouvait pendant la contemplation de l'objet. Et nous verrons ultérieurement que l'état accidentel ou consécutif de la rétine conserve sensiblement, dans toutes les expériences, le caractère d'opposition. L'idée d'état opposé devrait donc être admise, ne fût-ce que comme moyen de coordination des phénomènes.

Nous allons contradictoirement discuter les théories principales par lesquelles les physiciens se rendaient compte précédemment des images accidentelles; cela donnera plus d'intérêt aux faits en montrant la portée, et la meilleure conception théorique ressortira de cette discussion même.

Théorie de la sensibilité moindre ou de l'insensibilité. — Cette première théorie est due à Scherffler ; en voici le principe posé par lui (Dissertation sur les couleurs accidentielles, *Journal de Physique de Rozier*, t. XXVI, année 1785) : *Si un sens reçoit une double impression, dont l'une est vive et forte, mais dont l'autre est faible, nous ne sentons point celle-ci. Cela doit avoir lieu principalement quand elles sont toutes deux d'une même espèce ou quand une action forte d'un objet sur quelque sens est suivie d'une autre de même nature, mais beaucoup plus douce et moins violente.*

Ce principe s'accorde avec le fait que si, après avoir contemplé un objet blanc (comme un petit carré de papier) sur un fond noir, nous détournons les yeux sur le champ noir, nous percevons une image accidentelle plus noire.

Mais le principe de Scherffler ne s'accorde que difficilement avec un second fait, à savoir : qu'après avoir regardé fixement un objet vert, si l'on détourne les yeux sur un fond blanc, on perçoit une image accidentelle de couleur complémentaire.

Le même principe ne s'accorde pas mieux avec cet autre fait que, après avoir regardé fixement un objet blanc, si l'on détourne les yeux sur un fond pareillement blanc, on perçoit une image sombre.

Plusieurs physiciens de grand mérite ont cependant conservé la théorie de Scherffler, mais en la modifiant et excluant la condition de deux impressions excitatrices inégales. Ce qui simplifie le principe et le réduit à cet énoncé : *Lorsque l'œil ou un autre organe a été soumis à une excitation suffisamment prolongée, il perd momentanément de sa sensibilité pour les impressions de même nature.*

Le principe ainsi défini présente une élégante simplicité et résout les objections précédentes, faites contre le principe primitif de Scherffler.

Mais voici un nouveau fait qui ne s'accorde ni avec l'un ni avec l'autre. Si, après avoir contemplé un objet coloré, on ferme les yeux rapidement en les abritant aussi parfaitement que possible

de toute lumière (par exemple à l'aide d'un mouchoir que l'on maintient fortement contre les paupières), les images accidentnelles n'en apparaissent pas moins. Par exemple, à une image réelle rouge succède une image accidentelle verte, sans qu'on puisse dire alors que de la lumière blanche vienne fournir cette couleur verte, les rayons rouges n'étant point sentis.

Notons d'autres faits dont quelques-uns paraissent inexplicables par la théorie de l'insensibilité : les couleurs accidentnelles se montrent encore sur les fonds colorés et s'en trouvent modifiées. Buffon, Darwin, M. Gergonc l'ont constaté dans des expériences diverses.

1^o Après avoir contemplé un objet rouge sur un fond noir, on détourne les yeux sur un fond violet : on a la sensation du bleu. Le violet résultant du bleu et du rouge, on peut dire à la rigueur que la rétine est devenue insensible au rouge et ne perçoit que le bleu.

Pour un fond orangé, sur lequel on détournerait les yeux dans la même expérience, on aurait la sensation du jaune qu'on expliquerait de même.

Dans ces deux cas, la couleur complémentaire de l'image accidentelle, ou la couleur même de l'objet initialement contemplé, entre dans la couleur complexe du fond sur lequel on reporte la vue.

Mais si cette condition n'est pas remplie : si, par exemple, en conservant les mêmes conditions initiales d'un objet rouge, on reporte les yeux sur un fond jaune où n'entre plus le rouge, il ne saurait y avoir, en vertu du principe ci-dessus, aucune insensibilité de la rétine pour le jaune, et il devrait être perçu tel, c'est-à-dire qu'il ne devrait apparaître aucune image accidentelle. Il en serait de même pour un objet vert contemplé et son image accidentelle rouge reportée sur un fond bleu : il ne devrait se montrer qu'un affaiblissement dans l'intensité du bleu ou une image de couleur bleu-sombre. Or, tel n'est point l'effet réel.

Dans le premier cas, il y a sensation d'une image accidentelle vert-jaunâtre ; dans le deuxième, l'image résultante est violette.

Dans ces cas comme dans les précédents, l'effet réel est que :

Il se forme toujours une image accidentelle résultante, parfairement distincte, dont la couleur est celle qu'on obtiendrait en combinant la couleur de la surface avec la couleur complémentaire de l'objet. Ce résultat avait déjà été constaté par Buffon.

On pourrait à la rigueur concilier ces expériences avec le principe de l'insensibilité, en admettant de la lumière blanche dans la couleur du fond.

Théorie de Darwin. — Darwin admet deux principes, le principe de l'insensibilité et celui qu'on pourrait appeler des *sensations opposées*. Ce principe des *sensations opposées*, mis en avant à une époque antérieure par Jurin dans une discussion des mêmes phénomènes, se concevra facilement par une comparaison : en sortant d'un lieu très-sombre, nous trouvons bien éclairé un lieu que nous eussions trouvé sombre en sortant de la lumière du jour. De même, à la suite d'une apparence de couleur réelle se manifeste une apparence de couleur opposée, ou une sensation contraire comme spontanément.

Voici l'énoncé des deux principes de Darwin :

1° *La partie de la rétine fatiguée par une couleur (le rouge, par exemple) est devenue insensible aux rayons de cette couleur, et n'est plus impressionnée que par sa couleur complémentaire (le vert).*

2° *Cette partie de la rétine prend SPONTANÉMENT un mode d'action opposé qui produit la sensation de la couleur complémentaire.*

Cette seconde proposition réunie à la première ou au principe de l'insensibilité forme un système à l'abri des objections tirées de l'apparition des images accidentnelles dans l'obscurité la plus complète : seule objection réellement insoluble jusqu'ici dans la théorie de l'insensibilité.

Au fond, les deux propositions de Darwin diffèrent peu de la thèse de M. Plateau.

La principale différence consisterait en ceci que Darwin ne précise point spécialement qu'il y aura succession, alternative d'un état à l'état opposé (de l'image primitive qu'il appelle *spectre direct*,

à l'image accidentelle qu'il appelle *spectre inverse*); en un mot, qu'il y aura constamment oscillations en deux sens opposés: alternatives de la sensation parfaitement constatée déjà depuis long-temps par une expérience connue, celle qu'on doit à Franklin.

Voici cette expérience: si du fond d'un appartement on contemple une fenêtre parfaitement éclairée par la lumière du jour, et qu'après avoir fermé rapidement les yeux, on les couvre d'un mouchoir afin d'obtenir une obscurité parfaite, il y a persistance de l'impression primitive; mais si on ôte le mouchoir les yeux restant fermés, l'image devient accidentelle, c'est-à-dire que les châssis paraissent éclairés et les panneaux brillants si on recouvre les paupières, l'image primitive reparait et ainsi de suite.

On ne voit pas non plus de lien naturel entre les deux propositions de Darwin, tandis que nous trouverons une grande unité dans le principe de M. Plateau

Théorie du contraste. — Prieur de la Côte-d'Or lut à l'Institut, en l'an XIII, un mémoire dans lequel il envisage les effets d'images accidentelles comme dus au *contraste*. A en juger par une analyse de ce travail insérée dans les Annales de chimie (t. LIV), *le contraste*, tel que l'entend ici Prieur de la Côte-d'Or, pour le cas de deux objets colorés vus simultanément, est une comparaison d'où résulte le sentiment d'une différence quelconque, grande ou petite. Les nouvelles couleurs manifestées par le *contraste* sont toujours conformes à la nuance que l'on obtiendrait en retranchant de la couleur propre d'un des corps les rayons analogues de la couleur de l'autre corps. Les couleurs nommées par Buffon accidentelles appartiennent à la classe des contrastes, ou du moins suivent constamment la même loi.

Le principe du *contraste* ou de la comparaison a pris de l'importance par l'assentiment que lui ont donné plusieurs physiciens éminents, au moins dans quelques mots qu'ils dirent sur ces questions des couleurs accidentelles, questions toutes physiologiques et importantes plus spécialement pour nous.

Voici comment s'exprime M. Biot à ce sujet : « *Celle sensation* (de la lumière) peut aussi être excitée ou éteinte *par comparaison*. Par exemple, si l'œil s'est long-temps fixé sur un espace étendu et coloré d'une teinte uniforme, il semble qu'il *fasse en suite abstraction de cette couleur-là*, s'il se porte vers quelqu'autre objet. Alors on voit sur ces objets une tache dont la couleur est complémentaire de celle sur laquelle l'œil s'est fixé d'abord : c'est-à-dire qu'elle se compose de ceux des rayons de l'objet qui ne font point partie de cette couleur-là. Ces apparences produites *par contraste* se désignent sous le nom de couleurs accidentnelles. »

Pour préciser si cet effet du contraste est purement physique, c'est-à-dire dû à une modification réelle de la rétine par l'impression initiale, ou bien un effet purement moral, une variation dans notre manière ordinaire d'apprécier les couleurs, on peut avoir recours à une expérience de Scherffer, laquelle démontre que le résultat observé est bien réellement lié à un changement matériel dans la rétine. Nous avons déjà cité ce fait, à savoir, qu'après avoir contemplé pendant un certain temps un objet, si l'on en reporte l'image accidentelle sur un fond situé à une distance ou moindre, ou égale, ou plus grande, comparativement à celle où se trouvait réellement l'objet, l'image accidentelle sera perçue par nous ou moindre, ou égale, ou plus grande, comparativement aux dimensions de l'objet contemplé initialement ; ces variations dépendent des distances du plan sur lequel on reporte l'image accidentelle, dont la grandeur angulaire au centre optique paraît demeurer constante ; ce qui conduit à admettre une modification réelle d'une portion définie de la rétine. Si par suite de cette expérience on admet que le contraste est ainsi localisé à une portion définie de la rétine, ce paraît bien être un effet physique, et alors le principe de Prieur de la Côte-d'Or se confond avec celui de l'insensibilité.

Voici l'expérience la plus convenable pour mettre en évidence les transformations successives et décroissantes des images réelles et accidentnelles. On tient un œil fermé dans une obscurité complète à

l'aide d'un mouchoir : on adapte à l'autre œil un tube noirci à l'intérieur de 0^m,03 de diamètre, et de 0^m,5 de longueur. On contemple à travers ce tube tenu contre la paupière un carton rouge bien éclairé, assez large pour que le champ rouge aperçu reste complet ; après une minute au moins de contemplation on enlève rapidement le tube, sans découvrir l'autre œil, et l'on regarde un fond blanc, le plafond de l'appartement, par exemple : on aperçoit alors une image circulaire, verte d'abord, puis redevenant rouge, et ainsi de suite alternativement et successivement avant de disparaître tout à fait.

Les couleurs accidentelles se combinent entre elles comme les couleurs réelles. Voici une expérience pour constater cette propriété : on dispose, sur un fond noir, et à petite distance l'un de l'autre, deux petits carrés de papier égaux mais de couleur différente : supposons l'un violet, l'autre orangé ; on marque les centres par un point, et l'on y fixe les yeux, sur l'un, puis sur l'autre, de seconde en seconde, alternativement. Après une ou deux minutes de contemplation ainsi alternée, on ferme les yeux exactement : on voit trois images accidentelles provenant des trois lieux de la rétine affectée pendant l'expérience. Une image extrême est jaune ou complémentaire de l'image violette, primitive, correspondante ; l'autre image accidentelle extrême est bleue, et l'image moyenne est verte, ou représente la combinaison des deux images accidentelles extrêmes.

Si les deux petits carrés colorés sont de couleurs complémentaires, les images accidentelles seront semblablement complémentaires entre elles, puisqu'elles sont complémentaires des images primitives. Dans ce cas l'image centrale devrait être blanche si les couleurs accidentelles provenaient des mêmes mouvements intimes dans la rétine que pour les couleurs réelles. Mais au contraire *la combinaison de deux couleurs accidentelles complémentaires produit du noir*. Ce qui semble bien indiquer pour les cas d'images accidentelles un état de la rétine inverse de l'état correspondant aux images primitives ; ce principe fondamental de la théorie de M. Plateau paraît donc bien s'accorder avec les faits.

Voyons maintenant si des successions semblables d'états opposés se manifesteront non plus dans le temps et en un même lieu de la rétine, mais simultanément et autour d'un même lieu de la rétine, à des distances successives.

Nous avons déjà vu que l'irradiation indique une petite extension latérale des mouvements de la rétine, tels qu'ils ont lieu aux points directement ébranlés. A une distance plus grande sur la rétine, ou, ce qui revient au même, tout autour de l'image vue dans la sensation, se manifeste une auréole inverse ou *auréole accidentelle* enveloppant l'image, quand on contemple long-temps cet objet. Cette auréole persiste et s'accroît même dans la contemplation.

Buffon indique, pour mettre le fait en évidence, de regarder fixement un objet coloré exposé sur un fond blanc: on ne tarde point de voir cet objet environné d'une auréole accidentelle de couleur complémentaire.

Rumford a fait remarquer qu'une lumière colorée donne lieu à des ombres de la couleur complémentaire.

Un papier coloré translucide étant regardé à contre-jour et coupé par une bande de carton blanc étroite, le carton blanc opaque paraît teint de la couleur complémentaire de celle du papier. Il paraît vert si le papier est rouge.

Mais si la bande de carton excède 0^m,012 en largeur, ses bords seuls paraissent verts, et au milieu se montre une ligne rouge.

Devant un papier jaune, une bande de carton présente des bords violets et une trace jaune pâle entre ces bords.

Il se forme donc des *auréoles secondaires* de même couleur que l'objet: c'est à M. Plateau que l'on doit les expériences qui rendent sensibles les auréoles secondaires.

Les auréoles jouent un grand rôle dans les effets agréables ou désagréables que produisent sur nous les rapprochements des objets colorés.

M. Chevreul s'est occupé spécialement de ces influences mutuelles des couleurs voisines et en a tiré des principes importants pour les

applications usuelles. Ce savant a montré que les auréoles accidentelles s'étendent à une assez grande distance des objets.

Le principe qui peut faire prévoir les effets bons ou mauvais que l'on doit attendre du rapprochement de deux couleurs proposées est très simple; le voici tel que l'a établi M. Chevreul: *A chacune des deux couleurs, s'ajoute la complémentaire de l'autre.* Pour le constater par l'expérience, on dispose sur une même carte, et parallèlement, quatre bandes égales d'étoffes ou de papiers colorés ayant chacune 0m,012 de largeur et 0m,06 de longueur. Deux bandes de couleurs différentes sont juxtaposées, puis l'on dispose pareillement en dehors, à 0m,001 de distance, et de chaque côté de ce couple central, les deux autres bandes, de telle manière que les mêmes couleurs soient d'un même côté de la ligne moyenne; si l'on contemple alors obliquement la carte ainsi préparée, chaque couleur centrale paraît différer de son identique voisine adjacente. L'effet produit exprime qu'une auréole accidentelle de couleur complémentaire s'étend autour de chaque couleur centrale sur la bande continue de couleur différente.

Deux couleurs complémentaires s'avivent par leurs auréoles accidentelles, c'est comme si on y ajoutait du blanc. Le noir et le blanc peuvent être considérés comme complémentaires sous ce point de vue.

Tel est le principe de l'application des effets des auréoles à l'assortiment convenable des couleurs.

Dans le sens des idées de M. Plateau les auréoles accidentelles seraient dues à des extensions périphériques des ébranlements de la rétine, ébranlements moléculaires qui iraient en s'affaiblissant successivement et changerait de signe à des distances correspondantes aux changements de couleur des auréoles.

Ajoutons maintenant une discussion qui pourrait, au premier coup d'œil, ne paraître qu'accessoire, mais qui, au fond, est réelle-

ment bien fondamentale : nous voulons parler de l'installation de notre appareil optique dans notre orbite. L'installation de l'appareil visuel est comme l'installation d'une lunette pour le parti qu'on en peut tirer. Notre œil ne possède en réalité la propriété de percevoir nettement le détail des corps que dans la direction de son axe optique principal, et par la tache jaune du fond de l'œil, comme l'a fort judicieusement fait remarquer M. Vallée : donc, pour un œil qui serait immobile, la seule étendue de l'espace qu'il pût scruter avec précision se réduirait presque à la ligne de l'axe principal. La tête ou le corps devenant mobiles, un animal peut déjà transporter partout ses axes visuels : c'est sensiblement le cas des poissons. (La capsule palpébrale de l'œil des ophidiens est-elle là pour permettre des mouvements angulaires du globe de l'œil?) Mais à mesure que l'œil prend de la mobilité propre dans son orbite, chaque axe pouvant être réglé par ce petit mouvement (comme le sont nos appareils de physique par les vis micrométriques), les mouvements de l'appareil optique deviennent de plus en plus précis, et indépendants des mouvements de la tête. Ces conditions de perfection se montrent de plus en plus à mesure qu'on s'élève dans la suite des vertébrés. Enfin, près de l'homme, d'abord chez les animaux chasseurs, puis dans l'ordre des singes, on voit les axes des yeux se *rallier* ou se rapprocher de plus en plus de la direction en avant jusqu'au parallélisme : l'animal peut percevoir deux projections d'un même objet, mais elles ne sont pas encore perçues dans la direction de l'axe de figure de l'œil ; ces axes eux-mêmes ne sont encore que peu mobiles ; ils sont bien à la rigueur ralliés au parallélisme, mais ils ne peuvent point parcourir ensemble l'espace pour y suivre les détails d'un objet. Ce n'est qu'un mouvement d'ajustement pour l'appareil qui doit encore être amené en direction convenable par les grands mouvements de la tête entière.

L'homme seul semble posséder le privilége de transporter ensemble ses deux axes oculaires dans un grand cône de l'espace ou de suivre les corps des yeux sans mouvoir incessamment la tête, de

percevoir nettement les distances et le relief par un angle optique variable jusqu'à 45° environ; en un mot, de promener les yeux pour explorer l'espace. Comme caractère anatomique correspondant à ces amples mouvements latéraux que semble réclamer la perception judicieuse de la distance mutuelle des corps, l'homme seul a la paupière à ouverture transversalement allongée, ou, selon l'expression familière, l'œil fendu. Seul il montre un ample blanc de l'œil indiquant le champ de course des mouvements comparateurs de ses axes optiques.

Parmi les phénomènes pathologiques que peut présenter la fonction de la vision, il convient de distinguer deux classes :

Nous rangerons d'un côté toutes les affections vitales de l'organe sensible, la rétine ou son nerf conducteur, le nerf optique.

D'un autre côté nous aurons à parler des altérations des images par les perturbations mécaniques du système réfringent de l'œil.

(A) La première catégorie de phénomènes pathologiques se composerait de deux groupes : l'un pourrait peut-être se rattacher en principe à ce fait, qu'un ébranlement ou une variation brusque de pression moléculaire dans la matière nerveuse de l'œil, ou la rétine, semble généralement être accompagnée d'une sensation de lumière. On en a un exemple dans l'apparence lumineuse que produit la pression du bout du doigt sur le pourtour de l'œil. Ce fait semble pouvoir être rattaché à la théorie des images accidentielles de M. Plateau. Ici viendraient encore se ranger les mouches volantes, les vaisseaux sombres ou brillants perçus dans l'œil, les étincelles et les éclairs qui apparaissent dans l'inflammation simple de la rétine, phénomènes dont l'intensité augmente sous l'influence de toutes les causes de congestion vers la tête. On y pourrait même réunir l'apparence lumineuse due à l'électricité, etc. ; mais évidemment cette explication est trop hypothétique pour que nous nous y arrêtions plus longtemps. L'autre groupe des affections de la première classe comprendrait tous les cas de paralysie de la rétine, depuis un simple affaiblissement de sa sensibilité à l'ac-

tion de la lumière ou l'amblyopie, jusqu'à la paralysie tranchée, totale ou partielle. Ici se rangeraient l'amaurose ou cécité par cause d'insensibilité de toute la rétine ; l'hémiopie (*visus dimidiatus*) ou amaurose des deux moitiés homologues des rétines dont nous avons déjà parlé ; l'amaurose partielle irrégulière (*visus interruptus*), dans laquelle les portions qui manquent pour la sensation ne sont point nettement déterminées par un plan moyen ; enfin l'amaurose chromatique (*achromatopsia*), qui est pour la distinction des couleurs ce que l'amblyopie ou l'amaurose sont pour la distinction de la lumière. On doit à M. Seebeck d'intéressantes observations sur cette insensibilité spéciale de la rétine.

(B) La seconde classe des phénomènes pathologiques qui ont trait à la vision résulte de toutes les perturbations mécaniques de l'appareil optique. Ces cas pathologiques pourraient être discutés sur les mêmes données qui servent à interpréter la vision régulière, si l'on connaissait toutes les conditions de la perturbation ; mais d'ordinaire on n'a que des données vagues sur ce sujet. Ainsi, en général, on peut dire qu'une opacité quelconque, survenue dans l'un des milieux diaphanes de l'œil, troublera la vision depuis un effet minime, comme dans une tâche légère de la cornée, qui n'intercepte qu'une portion du pinceau de lumière admissible, jusqu'à de larges écrans opaques que peuvent constituer une cornée, un cristallin ou sa capsule moléculairement altérés, du pus dans les chambres, etc.

La formation des images peut être empêchée encore de quelques autres manières qu'il est bon de faire remarquer : ainsi le staphylome de la cornée, lors même que cette membrane resterait intacte dans sa constitution intime, troublerait la vision en augmentant simplement la convergence, c'est-à-dire en rendant myope ; ou de plus, si le staphylome est conique, l'image, même à petite distance, peut en être rendue imparfaite. Mais en outre, comme avec le staphylome coexiste d'ordinaire une ulcération de la cornée (au sommet au moins), et quelquefois avec des facettes, de là des taches noires, des doubles images dans un même œil, etc.

Les opacités multiples de la cornée avec des lacunes translucides peuvent donner lieu à de doubles images par un mécanisme analogue à l'expérience de Scheiner.

On peut en dire autant des déformations de l'iris d'où résulteraient des pupilles multiples, bien que néanmoins ce ne soit point là un résultat nécessaire d'un double pinceau de lumière admis simultanément, comme le fait comprendre la même expérience de Scheiner.

D'autres maladies de l'iris peuvent troubler spécialement la vision: l'héméralopie ou vision nette seulement en plein jour, la nyctalopie ou vision nette seulement au crépuscule et même la nuit à une très-faible lumière, paraissent se rattacher à cette cause perturbatrice.

Le strabisme, ou la sortie des axes optiques d'un même plan commun dans leurs mouvements simultanés, donne lieu à de doubles images que la théorie explique par les lieux hétérogènes des deux rétines sur lesquels ces images tombent: il n'en est cependant point toujours ainsi. De plus, le phénomène pathologique se complique ordinairement d'état d'accommodation des deux yeux en désaccord constant; en sorte que les deux images, fussent-elles même en des lieux homologues, seraient encore hétérogènes en netteté. Aussi d'ordinaire la sensation d'un des yeux est-elle négligée par l'attention du strabique. Sa vision paraît être monoculaire comme celle d'un observateur qui a l'œil au microscope.

Voici quelques détails pathologiques intéressants sur les perturbations visuelles des strabiques et des myopes; nous les avons extraits d'un excellent ouvrage de M. Bonnet sur les sections tendineuses.

Plusieurs perturbations visuelles peuvent coïncider avec le strabisme:

1° *L'affaiblissement de la vue ou amblyopie*, que M. Baudens explique par l'inactivité ou le défaut d'exercice de l'œil strabique. Cette explication repose sur ce fait: que les yeux qui sont en même temps louches et faibles après avoir été redressés par la section d'un muscle, reprennent graduellement la faculté de voir distinctement une

fois que la rétine se trouve en contact avec son excitant naturel, la lumière; mais, cette opinion est combattue par cet autre fait: qu'il n'est pas rare de voir des malades qui, immédiatement après la section du muscle, s'écrient tout étonnés: J'y vois beaucoup plus clair, les objets ne me paraissent plus entourés de brouillards. M. Bonnet pense que dans la circonstance où l'amblyopie disparaît brusquement, elle reconnaît pour cause la compression du globe oculaire par le muscle rétracté. Voici l'expérience sur laquelle il s'appuie: si l'on comprime légèrement avec un doigt le globe de l'œil, la vision devient aussitôt confuse. Cependant cet auteur a vu deux fois la section du muscle rétracté améliorer la vision non-seulement dans l'œil correspondant, mais aussi dans l'œil opposé. Ces faits suffisent pour démontrer que la compression de l'œil et son inactivité ne sont pas les seules causes qui diminuent la netteté de la vision chez les louches.

2° *La myopie et la pseudomyopie.* — La brièveté de la vue est rarement portée au même degré dans les deux yeux. En général, elle est beaucoup plus prononcée dans l'œil qui est le plus dévié; elle peut même n'exister que d'un côté, si le strabisme n'affecte qu'un seul œil; elle paraît être aussi en raison directe de l'intensité et de la durée du strabisme. La pseudomyopie est un affaiblissement de la vue tel que l'œil ne peut percevoir que les objets les plus volumineux, les plus éclairés, et plus ou moins rapprochés; cet état diffère de la myopie en ce que l'œil qui en est affecté ne voit pas davantage en regardant à travers des lunettes de puissance graduée.

3° *La diplopie.* — Le quart des malades observés par M. Phillips voyaient double avant l'opération; sur 300 louches M. Bonnet en a rencontré 10 seulement qui étaient affectés de diplopie. La vue double s'observe principalement dans les cas de strabisme peu marqué, et presque toujours dans la déviation en dedans.

4° *La disposition à la fatigue des yeux.* — Un assez grand nombre de strabiques ne peuvent soutenir une application tant soit peu

prolongée des yeux sans éprouver une lassitude, une fatigue très-remarquable.

Changements anatomiques survenus dans l'œil des strabiques.

Les changements occasionnés par la déviation oculaire sont :

1^o la *déformation du globe de l'œil*, qui perd sa sphéricité normale, en s'aplatissant du côté du muscle rétracté, et en devenant plus convexe du côté opposé; plus le strabisme est prononcé, plus la déformation est considérable; 2^o la *dilatation de la pupille*, qu'on observe principalement dans le strabisme convergent. L'ouverture pupillaire est donc ici encore convenable pour une situation de la rétine trop éloignée du cristallin.

Influence de l'opération du strabisme sur l'état de la vue.

1^o *Dans le cas de vision confuse ou amblyopie.* Sur le nombre de louches amblyopiques que M. Bonnet a opérés (et ce nombre est considérable), la vue s'est améliorée au moins dans la proportion de 3 sur 4. Cette amélioration est quelquefois si prompte qu'immédiatement après la section du muscle l'opéré s'écrie : Je vois beaucoup mieux; mais le plus souvent le rétablissement de la vue s'opère d'une manière graduelle.

Ces résultats heureux ont donné à plusieurs chirurgiens l'idée de pratiquer la même opération dans certains cas d'amaurose sans déviation oculaire. Ces tentatives ont été quelquefois couronnées de succès. Ainsi, M. Adams en Angleterre a cité un cas de réussite, M. Phillips en a cité deux, et M. Pétréquin en a communiqué un autre à l'Académie des sciences dans le mois de septembre 1841.

2^o *Dans le cas de myopie et de pseudomyopie.* Par la section seule du muscle droit interne, M. Bonnet a vu sur un grand nombre de malades qu'il a opérés la vision s'allonger et même reprendre sa portée ordinaire; plusieurs qui ne distinguaient que fort imparfairement et qui étaient obligés de placer les objets pour ainsi dire sur leur nez pouvaient, après l'opération, lire à la distance de 30 centimètres. Tantôt ce changement se manifeste immédiatement après la section du

muscle ; tantôt, au contraire, il ne s'établit qu'insensiblement, et le malade ne s'en aperçoit d'une manière évidente que huit ou quinze jours après l'opération. La section des autres muscles dans les diverses variétés de strabisme, présente des résultats également favorables. M. Bonnet rapporte deux observations dans lesquelles on voit que l'augmentation de portée dans la vue s'est produite non-seulement dans l'œil opéré, mais encore dans celui qui n'avait pas été touché.

3° *Dans le cas de disposition à la fatigue des yeux.* La strabotomie a sur cet état de la vue une influence très-heureuse ; quelque temps après l'opération, sitôt que les premiers symptômes inflammatoires sont dissipés, les malades sont très-étonnés de pouvoir observer des objets d'un petit volume sans éprouver la moindre fatigue, de pouvoir se livrer pendant plusieurs heures à la lecture ou à des travaux d'aiguille, sans éprouver un trouble de la vue, de la céphalalgie, etc.

4° *Dans le cas de diplopie.* Quand la diplopie n'existe pas avant l'opération, celle-ci la fait naître assez souvent. Quand au contraire la vue double accompagne le strabisme, la section du muscle rétracté fait presque toujours cesser cette altération de la vue. Ceci est remarquable sous le rapport de la constitution des rétines.

Voici maintenant des expérimentations cadavériques et des observations chirurgicales intéressantes pour l'histoire théorique et pathologique de la myopie.

M. Bonnet a d'abord tenté de vérifier sur le cadavre les effets attribués à la contraction des muscles directeurs de l'œil. Par des coupes convenables il a mis à découvert les extrémités orbitaires des quatre muscles droits et des deux muscles obliques, et après avoir attaché un fil à chacune de ces extrémités, il a étudié les effets produits, 1° par la traction isolée de chacun des muscles de l'œil ; 2° par la traction simultanée de tous ces muscles ; 3° par celle de quelques-uns d'entre eux.

Dans ces expériences M. Bonnet plaçait l'indicateur sur le devant

de l'œil et le pouce sur l'entrée du nerf optique, ou les deux extrémités d'un compas d'épaisseur sur les mêmes parties, et jugeait ainsi de l'allongement ou du raccourcissement de l'œil. Cet auteur a pu ainsi reconnaître que la traction isolée sur les droit interne, droit externe, droit supérieur, droit inférieur, allongeait le diamètre antéro-postérieur de l'œil, et faisait bomber la cornée; ce changement de forme était porté au plus haut degré quand on exerçait une traction simultanée sur les quatre muscles droits. En tirant isolément sur le grand et sur le petit oblique, M. Bonnet a observé également que le diamètre antéro-postérieur de l'œil était augmenté; le changement était plus sensible lorsqu'on tirait sur les deux muscles obliques réunis. La saillie de la cornée était portée au plus haut degré quand on tirait à la fois sur tous les muscles de l'œil.

Ces expériences montrent que tous les muscles de l'œil sont congénères sous le rapport des changements qu'ils produisent dans la forme du globe oculaire; tous ont pour effet de l'accommoder à la vision des objets rapprochés.

Comme on ne peut déterminer *à priori*, dans la myopie sans strabisme, s'il faut couper les muscles droits ou obliques, un ou plusieurs muscles, le choix doit dépendre: 1^o de la facilité plus ou moins grande que présente la section; 2^o de l'absence de toute espèce d'accident après qu'elle a été faite. Ces raisons ont déterminé M. Bonnet à donner la préférence au muscle petit oblique, qui n'entraîne aucun strabisme consécutif, n'expose à la blessure d'aucun nerf et d'aucune artère, et peut être pratiquée par la méthode sous-cutanée. Les malades auxquels il a coupé ce muscle des deux côtés sont au nombre de neuf; tous ont obtenu une amélioration très-marquée dans la portée de la vue.

La myopie peut résulter d'une contemplation habituelle d'objets petits rapprochés: c'est le cas des horlogers, qui fréquemment deviennent myopes. On en peut dire autant des études microscopiques.

La myopie est rare chez les habitants de la campagne. On conçoit que la myopie puisse résulter d'un trop grand volume

des humeurs de l'œil. La myopie congéniale semblerait dépendre de cette cause. Néanmoins l'expérience chirurgicale a démontré à M. Bonnet, entre autres, qu'elle pouvait être améliorée par les sections musculaires; ce qui se conçoit par suite des expériences cada-véritiques citées.

La presbytie est un état habituel d'accommodation des yeux pour la vue nette à grandes distances. Cet état ne se montre en général que dans l'âge mûr. Il est quelquefois temporaire par saisons. Nous pourrions citer l'exemple d'un professeur distingué de cette école, qui est légèrement presbyte l'été durant, et jouit d'une vue parfaite pendant l'hiver.

Voici sommairement les moyens que le sujet de notre question met à la disposition du médecin pour les cas divers de perturbations pathologiques de la vision.

Les bésicles *conserves* ont pour effet de jeter sur tous les objets un voile coloré bleu ou vert, couleurs dont l'action paraît plus douce pour la rétine que ne serait celle de la lumière blanche.

Dans les cas de contemplation habituelle de petits objets fortement éclairés, on peut obvier en partie aux mauvais effets qui sont à craindre à l'aide de lunettes tubuleuses, c'est-à-dire, armées de tubes extérieurs dirigés dans le sens de l'axe optique et qui préservent l'œil de la lumière latérale.

Pour les myopes ou les presbytes, on peut, à l'aide de bésicles ou lentilles surajoutées au système réfringent de l'œil, ramener à former des images nettes les rayons de lumière émanés d'un objet extérieur situé à la distance commune de la vision distincte. Le problème est de faire arriver ces rayons de lumière sur l'œil dans une direction convenable pour qu'ils aillent converger précisément à la distance du cristallin où se trouvent la rétine et y donner lieu à des images nettes de l'objet.

Voici la formule générale que nous empruntons au *Traité de physique* de M. Pouillet :

$$f = \frac{p' d'}{d - p'}$$

en désignant par f la distance focale principale de la lentille convergente ou divergente dont il faut faire usage pour voir nettement à la distance commune p' , l'œil malade ne formant des images nettes que pour les objets situés à la distance d ; c'est-à-dire, l'état d'accommodation habituelle étant pour la distance d .

Si $d > p'$, f est positif, l'œil est presbyte, les bésicles doivent être à lentilles convergentes. Si $d < p'$, f est négatif, l'œil est myope, les bésicles doivent être à lentilles divergentes.

Dans tous les cas les lentilles des bésicles sont définies par la grandeur de leur distance focale f , que la formule fait connaître.

Les bésicles demeurant orientées sur l'axe de l'orbite, quand l'œil se déplace, les axes principaux du système complexe ne coïncident plus. Wollaston a imaginé, pour parer à cet inconvénient, les lentilles périscopiques qui portent le nom de cet illustre physicien. Cette modification utile consiste en une inflexion générale de tous les éléments des lentilles sur un centre de courbure correspondant, quand les bésicles sont en place; au centre des mouvements angulaires de l'œil dans l'orbite.

La connaissance des bésicles remonte à une époque assez ancienne; la connaissance plus générale des lentilles et loupes remonte à la plus haute antiquité. Déjà dans les ouvrages de Ptolémée et dans d'autres plus anciens encore, il est question de la loupe et de son usage pour aider la vue. Un passage de Sénèque fait connaître que Néron regardait les jeux du cirque avec une émeraude à faces opposées dont les plus larges étaient concaves. Le fini si délicat de certains camées donne à penser qu'on connaissait chez les anciens Grecs l'usage de la loupe. Mais ce ne fut que beaucoup plus tard qu'on se servit de lentilles pour corriger les défauts de la vue. On doit au père Bacon, qui mourut en 1294, des observations nettes et bien détaillées sur la forme qu'il convient de donner aux bésicles pour les adapter à telle ou telle vue.