

si elles sont bleues et jaunes, par exemple, elles font naître l'impression mixte du vert. C'est cette cause enfin qui fait que tous les mélanges de deux couleurs différentes ne nous apparaissent pas comme mélange, mais comme teinte intermédiaire homogène. De là résulte donc qu'il y a, dans la rétine, des minima, qui confondent en un seul tout les impressions reçues par eux, et ne peuvent plus les distinguer les unes des autres, quoiqu'elles soient réellement distinctes dans l'image. Or l'idée se présente naturellement que ces minima sont, suivant toute probabilité, les terminaisons papillaires de la couche interne de la rétine. On peut donc présumer que des rayons différens qui tombent à côté les uns des autres sur ces minima de la membrane nerveuse, ne sont plus sentis distincts, et que chaque papille n'obtient et ne transmet qu'une seule impression moyenne de toutes les influences qui l'affectent en même temps. De cette manière, l'image ressemblerait à une mosaïque, dont chaque élément serait homogène en lui-même. Or les plus petites parcelles de la rétine coïncident assez bien avec les plus petits points sensibles de cette membrane. L'angle le moins ouvert sous lequel nous puissions distinguer deux points est de quarante secondes. Smith a calculé d'après cela que le plus petit point sensible de la rétine avait $1/8000^{\circ}$ de pouce. D'après les recherches de Treviranus, le diamètre transversal des papilles de cette membrane est de 0,0033 dans le Lapin, et de 0,002 à 0,004 dans les Oiseaux. Or 0,003 millimètres = 0,00011 pouce anglais, et 0,004 millimètres = 0,00015 pouce. Donc, en évaluant le diamètre moyen des papilles de la rétine entre 0,003 et 0,004, c'est-à-dire à peu près entre $1/6000^{\circ}$ et $1/10000^{\circ}$ de pouce, la plus petite partie sensible de cette membrane correspondrait très-exactement à sa plus petite partie matérielle. Les mesures que E.-H. Weber avait déjà données des globules de la rétine, en les portant de $1/8000^{\circ}$ à $1/8400^{\circ}$ de pouce, s'accordent parfaitement aussi avec ces appréciations.

Cependant il n'y a plus correspondance lorsqu'on prend d'autres déterminations pour point de départ, et Volkmann croit très-probable que la faculté de distinguer avec la rétine a plus de portée qu'elle n'en aurait si les fibres nerveuses étaient les derniers élémens. Muncke admet que le plus petit angle visuel est de trente secondes. Treviranus distinguait jusqu'à une distance de quarante-huit lignes, un point noir de 0,00833 ligne de diamètre sur un fond blanc, et Volkmann calcule d'après cela que le diamètre de la plus petite image sur la rétine est de 0,000060 ligne. Cette évaluation est trop forte encore; car un œil médiocre distingue, à la distance de trente lignes, un cheveu qui n'a que 0,002 ligne de diamètre, ce qui donnerait une image sur la rétine ayant un diamètre de 0,000023 ligne. Un élève de Baër pouvait encore apercevoir à une distance de vingt-huit lignes un poil d'un soixantième de ligne, ce qui, selon Volkmann, donnerait une image sur la rétine de 0,00000014 ligne de diamètre. De là, Volkmann conclut qu'en faisant abstraction du dernier cas, qui est tout-à-fait extraordinaire, les plus petites images sur la rétine sont inférieures aux moindres élémens de cette membrane dont nous connaissons la masse.

III. Changemens intérieurs dans l'œil pour la vision distincte à des distances diverses.

De ce qui précède on peut déjà conclure d'une manière générale que la vision distincte à des distances diverses exige qu'il se passe des changemens dans l'intérieur de l'œil. Le foyer de l'image est un peu plus rapproché du cristallin pour les objets proches, et un peu plus distant pour les objets éloignés. Olbers s'est occupé de rechercher à combien s'élève la différence dans la distance focale pour la vue de près et de loin, avec les conditions de réfraction qui existent dans l'œil (1).

(1) *De internis oculi mutationibus*, Göttingue, 1780.

Je vais faire connaître par avance quelques uns des résultats auxquels il est arrivé, afin qu'on puisse se faire une idée nette de l'étendue des changemens nécessaires dont il s'agit ici. D'après le calcul d'Olbers, voici quelle serait la distance de l'image à la cornée pour quatre distances de l'objet choisies à titre d'exemple.

DISTANCE DE L'OBJET.	DISTANCE DE L'IMAGE A LA CORNÉE.
Infinie	0,8997 pouce.
27 pouces	0,9189
8	0,9671
1	1,0426

De là résulte qu'une différence de 0,143 pouce dans la distance focale de l'image serait nécessaire pour la vision distincte à des distances diverses depuis quatre pouces jusqu'à un éloignement infini. En conséquence, si la cornée et le cristallin conservent leurs convexités, la distance de la rétine au cristallin n'aurait besoin de changer que d'une ligne environ pour toutes distances des objets, ce qui pourrait être opéré, soit par l'allongement de l'œil, soit par le déplacement du cristallin. Young porte le changement à un sixième de l'axe de l'œil.

On conçoit que le même but pourrait être obtenu sans changement de la distance du cristallin à la rétine, si la convexité ou de la cornée ou du cristallin était susceptible de modifications.

Olbers a recherché aussi par le calcul quel serait le changement que la convexité de la cornée devrait subir pour la vi-

sion distincte à des distances diverses. Le rayon de la cornée pour les quatre cas précédens serait ainsi qu'il suit :

DISTANCE DE L'OBJET.	RAYON DE LA CORNÉE.
Infinie	0,333 pouce.
27 pouces	0,321
8	0,303
1	0,273

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

Ces résultats serviront de base aux discussions dans lesquelles je vais entrer.

Il paraît certain que des changemens dans l'intérieur de l'œil sont absolument nécessaires pour que la vision puisse s'accomplir avec la même netteté à des distances diverses. Mais les uns, tels que Delahire et Haller, parmi les anciens, Magendie, Simonoff (1) et Treviranus (2), parmi les modernes, ont refusé à l'œil l'aptitude à subir de tels changemens, tandis que la majorité des physiciens et des physiologistes la regardent comme étant démontrée par les faits. Magendie se fonde sur ce que l'image dans l'œil du Lapin ne perd pas de sa netteté, quoique la distance de l'objet change, ce qui n'est pas vrai pour tous les cas. En calculant les effets de lentilles

(1) *Journal de Physiologie*, t. IV, p. 260.

(2) *Beitraege zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge*, 1828.— *Beitraege zur Aufklaerung der Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens*, cah. I, 3.

d'une densité croissante de dehors en dedans, Treviranus est arrivé à conclure qu'en supposant au cristallin une texture de ce genre, la distance focale de l'image resterait la même pour les différentes distances des objets, de sorte qu'il n'y aurait pas nécessité que des changemens intérieurs s'accomplissent dans l'œil.

Tout en reconnaissant l'élégance avec laquelle il a traité ce problème d'optique mathématique, on ne saurait concilier les résultats de ses calculs avec les observations faites sur l'œil. D'ailleurs Kohlrausch a nié la justesse de la déduction elle-même.

La réalité de changemens dans l'œil pour la vision distincte à distances diverses est démontrée incontestablement par des expériences aussi simples qu'exactes.

1° L'état d'accommodation de l'œil subit souvent de grands changemens dans un court espace de temps. Non seulement l'habitude de ne voir que des objets proches rend les enfans myopes, mais encore il n'est pas rare qu'une myopie passagère, qui dure quelques heures, se déclare après qu'on a fait long-temps usage du microscope. Fort souvent alors on distingue mal les objets dans la rue à vingt pieds de distance, quoique d'ailleurs on ait une très-bonne vue, de près comme de loin. J'ai fréquemment éprouvé cet état, qui dure parfois plusieurs heures.

2° Si l'on vise d'un seul œil les extrémités alignées de deux épingle placées à une distance différente, on aperçoit distinctement la première tandis que la seconde paraît nébuleuse, et on distingue très-bien la seconde tandis qu'on voit mal la première. Les deux images sont dans l'axe et se couvrent; cependant il dépend d'un effort volontaire, qui se fait sentir dans l'œil, que la vision distincte soit pour l'une ou pour l'autre. Donc, quand je fixe un objet rapproché avec ma pupille rétrécie, comme elle l'est toujours en pareil cas, et que la distance focale de l'image nette de cet objet se trouve au

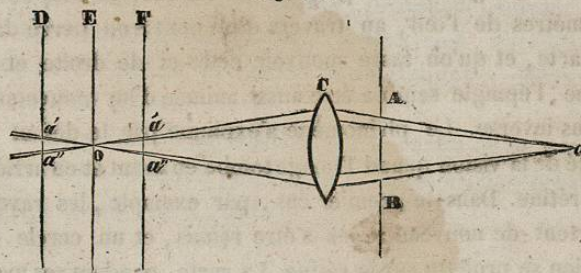
centre de la rétine, les rayons centraux de l'objet éloigné qui traversent la pupille forment un cercle de diffusion autour du centre de la rétine, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas leur foyer à la distance où est cette membrane, mais au devant (1).

On peut varier l'expérience en visant une égingle à travers une petite ouverture pratiquée dans une carte. Il dépend de la volonté de voir nettement le bord de l'ouverture ou l'épingle, mais alors aussi nous n'apercevons pas distinctement l'un ou l'autre.

Treviranus n'a pas accordé à ces phénomènes l'attention dont ils étaient dignes, et l'explication qu'il donne en disant que l'action nerveuse se dérive vers d'autres points, n'est nullement propre à satisfaire. Les deux images tombent sur le même point de la rétine; une épingle couvre l'autre, et cependant on voit la première à travers le cercle de diffusion de la seconde, ou celle-ci à travers le cercle de diffusion de la première. Il ne saurait donc être question ici du report de l'attention sur d'autres points de la rétine. Je vois indistinctement une feuille chargée de lettres, dès que j'opère dans mon œil le changement approprié à une autre distance: ici il n'y a point d'objet de la vision distincte, c'est-à-dire que le changement a lieu pour une distance, ou plus petite ou plus grande, à laquelle ne se trouve aucun objet qui puisse être vu.

3° L'expérience de Scheiner. Si l'on fait, dans une carte,

Fig. 27.



(1) *Jahrbuecher fuer wissenschaftliche Kritik*, 1829, octobre. p. 623.

deux trous d'épingle plus rapprochés l'un de l'autre que le diamètre de la pupille n'est grand, et qu'à travers ces ouvertures on regarde un petit objet *a* placé au devant d'un œil, cet objet ne paraît simple qu'à une distance déterminée ; à toute autre, on le voit double. Ainsi *fig. 27*, A et B étant les ouvertures de la carte, on le voit simple en *o* quand la rétine se trouve en E ; si la distance de *a* est plus considérable, et la rétine placée en D, de manière que l'image ne tombe plus sur la membrane ; mais au devant d'elle, en *o*, les rayons se croisent derrière *o*, et la double image *a' a''* tombe sur la rétine D ; de ces deux images, l'inférieure *a''* disparaît quand on bouche le trou opposé ou supérieur A de la carte, et *vice versa*. La même chose arrive si la distance de *a* est trop petite ; car alors l'image tombe derrière la rétine F, en *o*, et la rétine F recoit deux images *a' a''*, dont l'inférieure *a''* disparaît dès qu'on bouche le trou correspondant B de la carte.

Les conséquences de cette expérience ont été poursuivies par Porterfield, Young, Purkinje, Plateau et Volkmann, et ce dernier l'a variée de plusieurs manières. Elle prouve évidemment la nécessité de changemens intérieurs pour la vision distincte et l'inexactitude de l'hypothèse de Treviranus, en faisant voir qu'il a des circonstances dans lesquelles l'image tombe ou devant ou derrière la rétine.

Ici se range encore une expérience de Beudant et de Crahay. Si l'on regarde une épingle à une distance de cinq ou six centimètres de l'œil, au travers d'un petit trou percé dans une carte, et qu'on fasse mouvoir celle-ci de droite et de gauche, l'épingle semble être aussi animée d'un mouvement en sens inverse. Le phénomène s'explique par le défaut de netteté de la vision quand l'image tombe en avant et en arrière de la rétine. Dans le premier cas, par exemple, les rayons s'écartent de nouveau après s'être réunis, et un cercle de diffusion se projette sur la rétine. La carte, pendant ses mouvemens, interceptant une partie des rayons, il n'arrive à la

rétine que les rayons croisés provenant d'un côté. De là le déplacement apparent de l'image. Au reste, la diffraction qui a lieu au bord de l'ouverture de la carte joue aussi un rôle dans ces phénomènes.

Les causes qui permettent à l'œil de s'accommoder aux distances peuvent être cherchées dans des parties très-différentes. On peut les attribuer aux mouvemens de l'iris, au déplacement du cristallin, à l'allongement de l'axe de l'œil, au changement de la convexité du cristallin et de la cornée. On trouve dans la grande Physiologie de Haller (1), dans l'ouvrage d'Albers et dans la Biologie de Treviranus (2), l'exposé de toutes les hypothèses qui ont été imaginées à ce sujet,

1° Mile et Pouillet ont admis pour cause les mouvemens de l'iris. Le premier comptait sur l'inflexion ou la diffraction de la lumière au bord de cette membrane, ce qui, selon lui, devait faire naître des distances focales très-différentes pour les rayons respectifs : le second sur la vision au moyen des rayons marginaux ou centraux suivant le degré d'ouverture de la pupille.

2° Young a cherché cette faculté dans l'allongement et le raccourcissement de l'axe du cristallin. Hunter et Young attribuent à la lentille une contractilité qui lui appartient en propre.

3° Home croyait, avec Englefield et Ramsden, à un changement de la convexité de la cornée, provenant, suivant lui, de l'action des muscles oculaires, et déterminé, chez les Oiseaux, par le muscle particulier que Crampton a découvert dans le cercle ciliaire.

4° Le déplacement du cristallin par le cercle ou les procès ciliaires a été invoqué par Kepler, Scheiner, Porterfield, Camper et beaucoup d'autres.

(1) *Elem. physiol.*, t. V, L. XVI, sect. 4, § 20.

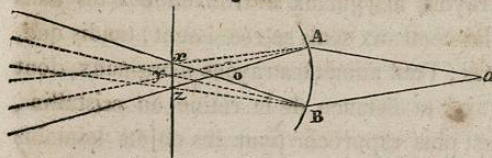
(2) Tom. VI, p. 512.

5° Enfin divers physiiciens, comme Rohault, Bayle, Olbers, Home, Schroeder van der Kolk, ont fait valoir l'influence des muscles oculaires sur la forme de l'œil entier, les uns attribuant le changement de cette forme aux muscles droits, et les autres aux muscles obliques.

Quant à ce qui concerne l'iris et la pupille, les mouvemens de l'iris ont une liaison incontestable avec la faculté qu'a l'œil de s'accommoder aux distances. Car l'iris est large quand on voit de loin, étroit lorsqu'on voit de près, et une forte impression de lumière, celle, par exemple, d'une lampe tenue devant l'œil, n'empêche pas qu'on puisse changer beaucoup la grandeur de la pupille, en dirigeant les axes des yeux de manière tantôt qu'ils convergent vers un objet proche, tantôt qu'ils se portent parallèlement vers un objet très-éloigné. Cependant ces changemens de l'iris ne dépendent que du mouvement imprimé à l'œil par les muscles oculaires, et de l'influence que le nerf oculo-musculaire commun exerce sur le ganglion ophthalmique et les nerfs iriens. Ce sont des mouvemens associés; car, pour déterminer la contraction de l'iris, il suffit, en fermant un œil, de tourner l'autre en dedans, ou en dedans et en haut, de manière que, à ce titre de mouvement associé, elle se trouve liée indissolublement au mouvement volontaire de plusieurs muscles oculaires dépendant du nerf oculo-musculaire commun. On ne saurait donc reconnaître dans ces phénomènes une connexion immédiate entre le mouvement de l'iris et la faculté qu'a l'œil de s'accommoder aux distances. Mais on se demande jusqu'à point la vision distincte à des distances diverses peut être expliquée par les mouvemens de la pupille.

1° Voici comment Mile explique la vision distincte à des distances diverses par les mouvemens de l'iris et par l'inflexion de la lumière au bord de cette membrane. Soit fig. 28 a un point d'un objet dont les rayons centraux se réuniraient non sur la rétine elle-même, mais en avant d'elle, et qu'en conséquence

Fig. 28.



on ne pourrait pas voir nettement à l'aide de ces rayons. Les rayons aA et aB , passant au bord de l'iris, se réuniraient, au contraire, sur la rétine. Car la lumière subit une inflexion au bord de l'iris, et les rayons marginaux, au lieu de suivre la direction Ao et Bo , prendront celle de Ay et de By , et iront se réunir en y sur la rétine. L'endroit où les rayons se réunissent en un point se trouve donc prolongé, par le bord de l'iris, au-delà du foyer des rayons centraux, et comme l'inflexion augmente près de ce même bord, plus les rayons en passent près, et plus ils se réunissent loin derrière le cristallin. La distance focale des rayons centraux et des rayons marginaux n'est donc pas un point déterminé, mais une ligne d'une certaine étendue, en sorte que l'œil aperçoit encore distinctement, par le moyen des rayons infléchis au bord de l'iris un objet dont les autres rayons ne pourraient plus lui procurer la vision distincte.

Le vice de cette théorie consiste, comme l'ont montré Treviranus et Volkmann, en ce qu'elle ne fait servir à la formation de l'image que le petit nombre de rayons qui passent au bord de l'iris, négligeant ainsi et la plus grande masse de la lumière, et les réunions de rayons qui ont lieu sur d'autres points, par exemple en x et en z .

2° L'hypothèse de Pouillet ne repose pas sur l'influence de la lumière au bord de l'iris, mais sur la différence du foyer des rayons centraux et des rayons marginaux, dont les premiers traversent le milieu du cristallin formé de couches plus denses, et les autres ne passent qu'à travers le bord de la lentille, qui est composé de couches moins denses. Les rayons qui tombent sur la partie centrale du cristallin doivent se réunir plutôt que ceux qui viennent frapper le bord. Or, comme la pupille s'élargit pour voir au loin, et se rétrécit pour

voir de près, les rayons marginaux se trouvent écartés dans le second cas, et les centraux seuls se réunissent, tandis que, dans le premier cas, l'œil admet les rayons marginaux, dont le foyer coïncide avec la distance de la rétine au cristallin, puisque le foyer est plus rapproché pour les objets lointains que pour les objets voisins. Mais quand la pupille est large et l'objet éloigné, les rayons centraux, qui alors se réunissent au devant de la rétine, produisent des cercles de diffusion, que Pouillet croit avoir peu d'influence, à cause de l'intensité de l'image formée par les rayons marginaux convergens.

Les phénomènes précédemment cités, qui ont lieu quand on vise deux épingles parallèles placées à des distances différentes, contredisent absolument cette théorie. Nous avons vu qu'en visant d'un seul œil les extrémités alignées des épingles, 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 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.

3° Les mêmes réflexions s'appliquent aussi à l'hypothèse de Treviranus, qui admet pour élémens, 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 théories 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 imprimé par la lumière à cette ouverture, devrait en occasioner 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 épingles alignées, prouvent 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.

Quant à l'hypothèse du changement de la convexité de la cornée, elle paraît être réfutée déjà par les faits dont nous sommes redevables à Olbers; car les muscles oculaires ne sauraient exercer sur l'œil une compression assez forte pour apporter au rayon de la cornée un changement de 0,273 à 0,333 pouce. Home et Ramsden disent bien avoir aperçu des changemens dans l'œil vivant pendant la vue à des distances diverses; mais Young n'a pu constater le fait, et la mobilité de l'œil ne permet d'entreprendre à cet égard aucune expérience sur l'exactitude de laquelle on puisse compter. Ce qu'il semble y avoir de plus convenable, c'est d'observer les images réfléchies par la surface de la cornée, et de voir si leur grandeur et leur situation varient selon la distance des points auxquels elles correspondent.

La théorie suivant laquelle la faculté que l'œil possède de s'accommoder aux distances, dépend d'une compression que