

dent à des positions successives de la balle; en faisant passer une ligne continue par les centres de ces taches, on a l'image de la trajectoire parcourue par le mobile. De plus, comme le mouvement du disque est uniforme et que, par conséquent, la fente découvre la lentille à des intervalles de temps égaux, les distances des taches successives font connaître les espaces parcourus dans des temps égaux; on a donc ainsi la relation qui existe entre les espaces parcourus et les temps employés à les parcourir, c'est-à-dire la loi du mouvement.

La question se présente d'une façon entièrement analogue dans le cas d'un homme qui se déplace devant l'appareil, et on obtient sur la plaque sensible une série d'images correspondant à des positions successives; seulement à cause des dimensions de l'homme et de la faible vitesse dont il est animé, les images se superposent en grande partie, et il est difficile de suivre le mouvement d'un point déterminé: M. Marey a levé cette difficulté en revêtant l'homme d'habillements noirs, de manière à ne donner aucune impression appréciable, et en fixant seulement un petit disque blanc aux articulations dont on veut étudier le mouvement; les taches qui en résultent sont alors distinctes; on peut même avoir une idée plus nette du mouvement d'ensemble en fixant sur le vêtement noir des rubans blancs dessinant l'axe des membres.

La même difficulté se présente pour l'étude du vol des oiseaux, mais c'est par un autre artifice que M. Marey empêche la superposition des images successives. Pour éviter cet inconvénient, il communique un mouvement rapide à la plaque sensible, de telle sorte que ce n'est pas au même endroit de cette plaque que se produisent les images successives, ces images sont alors séparées complètement.

Les solutions dont nous venons d'indiquer le principe présentent de grandes difficultés dans leur réalisation pratique: les moyens employés pour les vaincre ne sont pas du domaine de la physique et nous ne les décrirons pas.

Nous dirons seulement pour donner une idée de la sensibilité de la méthode que M. Marey est arrivé à obtenir d'un objet ou d'un être vivant en mouvement jusqu'à 400 images par seconde.

551. — La reproduction d'une image photographique dont on possède le négatif, comme nous l'avons dit, peut être répétée indéfiniment; mais les opérations sont relativement longues et coûteuses. De plus, il est rare que les épreuves obtenues soient réellement indélébiles, et, généralement, elles se détériorent plus ou moins rapidement sous l'influence de la lumière diffuse. Depuis quelques années, la production des positifs a été grandement améliorée, ou, pour être plus exact, a été remplacée par des méthodes entièrement différentes: on utilise, en effet, l'épreuve négative, obtenue dans des conditions variables suivant le système employé, à donner une planche qui, étant encreée par les procédés ordi-

naires, peut être tirée, soit comme une lithographie, soit comme une gravure en taille-douce; on peut même obtenir des clichés susceptibles de se tirer en même temps que le texte. Nous ne saurions entrer dans l'indication détaillée des méthodes employées pour réaliser ces conditions (photographie au charbon, photoglyptie, phototypie, photolithographie, photogravure, etc.), et nous nous bornerons à dire que le tirage est plus rapide, se fait à meilleur marché et que, de plus, les images étant produites par des encres de lithographie ou d'imprimerie sont absolument indélébiles.

Jusqu'à présent on n'a pu obtenir pratiquement la reproduction des couleurs des objets: certaines recherches curieuses ont été faites dans ce sens et nous en parlerons dans un autre chapitre; mais elles ne semblent pas susceptibles de fournir une solution industrielle du problème.

### CHAPITRE III

#### L'OEIL ET LA VISION

552. **L'œil et la vision.** — La vision, fonction de la vie de relation, qui a l'œil pour organe, nous fait percevoir la sensation lumineuse avec les qualités diverses que nous avons signalées. L'étude de cette fonction est, pour une part, du domaine de la physiologie; mais, d'autre part, les conditions dans lesquelles entre en jeu la rétine, membrane sensible dont la mise en activité est nécessaire pour produire la sensation lumineuse normale, sont d'ordre entièrement physique; et, d'autre part encore, la connaissance du mode de fonctionnement de l'œil est indispensable pour l'étude des appareils divers désignés sous le nom d'*instruments d'optique*. L'étude physique de l'œil doit donc figurer dans un cours de physique médicale; mais nous serons obligé d'emprunter à la physiologie et à l'anatomie quelques données que nous réduirons d'ailleurs à celles qui sont indispensables. Nous ne nous occuperons que de la vision chez l'homme, quoique la plupart des résultats puissent s'appliquer aux animaux supérieurs.

En général, l'homme voit et regarde à l'aide de ses deux yeux, et ce fait entraîne des conséquences dont nous développerons quelques-unes; mais laissant d'abord de côté la vision binoculaire, nous nous occuperons seulement de ce qui se passe pour un œil, nous traiterons seulement les questions relatives à la vision monoculaire.

553. **Anatomie sommaire de l'œil.** — L'œil est un organe globuleux, situé dans la cavité orbitaire où il est maintenu en place par ses muscles,

le nerf optique, la conjonctive, les paupières, l'aponévrose orbito-oculaire; ces moyens d'union lui assurent une contention parfaite tout en permettant des mouvements variés et étendus dont nous n'avons pas à nous occuper d'ailleurs.

La coque oculaire est constituée par une membrane opaque, la *scélérotique* (fig. 274), qui présente deux ouvertures, sensiblement aux

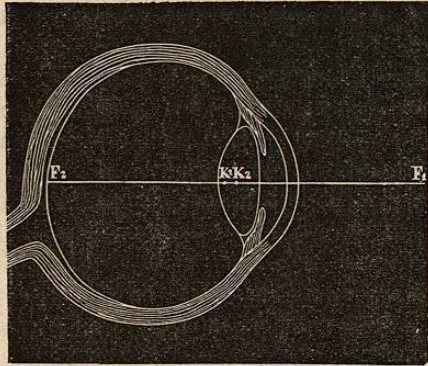


Fig. 274.

extrémités de l'axe antéro-postérieur; le nerf optique passe à travers l'ouverture postérieure, la cornée est enchâssée dans l'ouverture antérieure. La sclérotique est doublée d'une autre membrane, la *choroïde*, qui règne sur la partie postérieure jusqu'aux procès ciliaires.

A la partie antérieure, enchâssée dans la sclérotique, se trouve une membrane transparente, la *cornée*, qui, ayant un plus petit rayon de

courbure que le reste du globe de l'œil, présente un certain bombement.

A quelque distance en arrière de la cornée se trouve le *crystallin*, qui a la forme d'une lentille biconvexe à courbures inégales: dur à sa partie centrale, il se ramollit progressivement vers sa surface qui est limitée par une membrane, la *capsule cristalline*. La circonférence, ou bord de cette lentille, est enchâssée par les *procès ciliaires* qui, d'autre part, vont se fixer à la choroïde, constituant, par leur ensemble, un disque annulaire, le *corps ciliaire*, qui est très vasculaire.

En avant du cristallin se trouve l'*iris*, diaphragme membraneux, vertical, percé d'une ouverture centrale; il est constitué par des fibres musculaires, les unes radiales, les autres circulaires, concentriques au bord de l'ouverture centrale. Celle-ci a reçu le nom de *pupille* ou *prunelle*.

Enfin, la partie postérieure de l'œil est tapissée intérieurement par une membrane sensible, la *rétilne*, qui est la terminaison, l'épanouissement du *nerf optique*: elle est formée de deux couches, dont l'une, la couche nerveuse, est constituée par la juxtaposition d'éléments cylindriques ou légèrement coniques, les *cônes* ou *bâtonnets*, qui présentent ainsi vers le centre de l'œil leurs bases dont le diamètre varie de 4 à 5  $\mu$  environ.

L'espace compris entre la cornée et le cristallin est rempli d'un liquide limpide, transparent, l'*humour aqueuse*; dans la partie de l'œil située

derrière le cristallin se trouve l'*humour vitrée*, masse gélatineuse, transparente. Ces deux corps sont constitués par de l'eau contenant environ 2 pour 100 de matières solides constituées principalement par du chlorure de sodium; la consistance de l'humour vitrée est due à une substance mucilagineuse qu'elle contient en petites proportions.

Ajoutons pour terminer cette description sommaire que la choroïde est recouverte d'un pigment noir qui la tapisse sur sa face interne.

**554. Physiologie sommaire de l'œil et de la vision.** — Examinons maintenant, d'une manière également sommaire, le rôle physiologique des principales parties que nous venons de décrire.

Les fibres musculaires circulaires de l'iris en se contractant produisent une diminution de diamètre de la pupille: la contraction des fibres radiales, si elles existent (car leur existence a été contestée), produirait, au contraire, une augmentation de diamètre de la pupille. Si ces fibres n'existent pas, la dilatation de la pupille peut être produite par le simple relâchement des fibres circulaires, peut-être aussi par des fibres radiales élastiques. Lorsque l'œil est soustrait à l'action de la lumière, la pupille est largement ouverte, dilatée; si l'œil reçoit un faisceau lumineux, le diamètre de la pupille diminue, et d'autant plus que l'intensité lumineuse est plus énergique; de cette manière, l'arrivée à la rétilne d'une trop grande quantité de lumière est évitée. Les variations d'ouvertures de la pupille sont soustraites à notre volonté, elles sont inconscientes et se produisent par action réflexe.

Diverses substances introduites dans l'organisme empêchent les variations de la pupille: les composés de l'atropine ont pour effet de s'opposer aux contractions et produisent, par conséquent, la dilatation de la pupille. Au contraire, l'ésérine amène la contraction de la pupille, la diminution de son diamètre.

Ajoutons que la pupille subit également des variations de diamètre suivant la distance à laquelle on regarde.

Le cristallin est susceptible de déformation et les changements qui peuvent l'affecter se produisent lorsqu'on regarde à des distances différentes: il augmente d'épaisseur et les courbures de ses faces augmentent également lorsqu'on regarde un objet à petite distance; ce changement, dont nous indiquerons plus loin l'utilité et dont nous donnerons la preuve, est désigné sous le nom d'*accommodation*: l'accommodation, en général, au moins, n'est pas soumise à notre volonté. On ne connaît pas encore exactement la cause immédiate de l'accommodation; elle pourrait être produite par la contraction de fibres musculaires circulaires existant dans le corps ciliaire, ou par un état de turgescence des vaisseaux des procès ciliaires: le cristallin serait alors pressé à sa périphérie, sur son bord, ce qui entraînerait nécessairement une augmentation d'épaisseur et une variation de courbure. On pourrait encore penser avec

Helmholtz que, à l'état ordinaire, la capsule cristalline est tendue par la membrane qui s'insère à son bord; si la tension de celle-ci diminue, le cristallin augmente d'épaisseur, la variation de tension étant liée à la contraction du muscle ciliaire.

En résumé, si le fait de l'accommodation est prouvé, comme nous le dirons, la cause n'en est pas encore déterminée d'une manière certaine.

L'action des sels d'atropine est de supprimer, de paralyser l'accommodation, c'est-à-dire d'amener le cristallin à avoir la plus petite épaisseur et les plus grands rayons de courbure pour les faces.

555. — Le rôle de la rétine est complexe et nous ne nous arrêterons qu'aux particularités qu'il est nécessaire de connaître.

Lorsqu'un faisceau lumineux (comprenant des radiations moyennes) arrive dans l'œil et pénètre jusqu'à la rétine, quelle que soit sa forme, il donne naissance à la sensation générale *lumière*; si l'intensité de ce faisceau est très faible, M. Charpentier a montré qu'aucun autre caractère n'était appréciable, et que, notamment, on ne distinguait pas la couleur. Mais, sauf ces cas exceptionnels, le caractère de la couleur est perçu.

Nous avons dit que l'intensité de la sensation est liée à la quantité de radiations, à la quantité d'énergie qui est communiquée à la rétine par unité de surface (488); nous avons dit, d'autre part, que la couleur est déterminée par la composition du faisceau, par le nombre, la nature et l'intensité relative des radiations simples qui le composent (524). Nous n'avons pas à revenir sur ces indications.

Mais pour avoir la notion de la forme, une nouvelle condition est nécessaire : il faut qu'il se fasse une image réelle nette sur la rétine. On a pu s'assurer, à l'aide de l'ophtalmo-scopie, appareil que nous décrirons plus loin, que lorsque pour un individu la vision est distincte, il y a effectivement sur la rétine une image présentant ces caractères. Si, au contraire, l'image réelle formée sur la rétine n'est pas nette, si elle est produite par des cercles de diffusion, la vision n'est pas distincte, n'est pas nette.

Il convient d'ailleurs de préciser ce qu'est la condition de vision distincte ou vision nette dont nous parlons. Considérons une surface plane divisée en deux parties dont chacune a été recouverte par une teinte plate d'une coloration distincte, de manière que ces deux teintes plates arrivent exactement au contact : on peut prendre soit deux couleurs différentes, soit encore du blanc et du noir. Si un observateur regardant cette surface perçoit chacune des deux teintes se continuant sans modification jusqu'à la ligne de séparation même, il voit nettement ou distinctement; si, au contraire, dans le voisinage de la ligne de séparation, les teintes plates paraissent empiéter l'une sur l'autre, si elles semblent estompées, *flou*, comme on dit en photographie, l'observateur ne voit pas nettement, il ne voit pas distinctement.

Nous avons indiqué que la condition de la vision nette est liée à la formation d'une image réelle, nette aussi, sur la rétine : nous dirons plus loin qu'il peut y avoir une certaine tolérance.

Ajoutons, sans insister, que toutes les parties de la rétine ne sont pas également sensibles, et que, notamment, la partie qui correspond à l'entrée du nerf optique est insensible et qu'il n'y a aucune sensation si une image réelle vient se former sur cette partie qui est appelée à cause de cela le *punctum cæcum*.

556. — Lorsqu'un point lumineux est placé devant l'œil à une distance convenable, le faisceau divergent qu'il envoie et qui pénètre à travers la pupille est transformé en faisceau convergent, comme nous le dirons plus loin, et si son sommet est sur la rétine, l'observateur a la vision nette de ce point : il reporte l'origine de la sensation qu'il éprouve au point d'où le faisceau émane effectivement ou d'où il semble émaner (350). Nous admettons ce résultat comme un fait d'observation, sans en rechercher la cause; nous ignorons d'une manière générale l'origine de l'extériorisation des sensations.

La théorie optique que nous développons plus loin montre que les images réelles produites sur la rétine sont renversées, qu'elles sont de sens contraire aux objets correspondants : le fait peut être mis nettement en évidence en se servant d'un œil de bœuf dont on amincit, à la partie postérieure, la sclérotique à l'aide d'un rasoir; on voit nettement la formation d'images réelles et renversées.

Nous ignorons également comment se produit l'extériorisation de cette sensation qui nous donne la notion du sens dans lequel est réellement l'objet, malgré la production d'une image renversée.

Sans insister, nous dirons toutefois que nous *sentons* l'image produite sur la rétine et que nous ne la voyons pas : il y a là une différence essentielle, sur laquelle il n'y a pas à insister au point de vue physique.

557. — Comme nous le dirons, un même objet peut donner sur la rétine des images réelles et nettes de grandeurs différentes, et ces variations de grandeur peuvent être appréciées à l'aide de l'ophtalmo-scopie. L'observation a montré, dans ces conditions, que l'individu dont on examine l'œil distingue d'autant plus de détails dans l'objet que l'image rétinienne est plus grande.

Ce fait concorde bien avec l'idée qu'on se fait ordinairement de la manière dont fonctionne la rétine : on admet que chaque élément anatomique de cette membrane, cône ou bâtonnet, lorsqu'il est impressionné par la lumière, est capable de donner une sensation unique, celle de la vision d'un point lumineux, et cela, quelle que soit la manière dont il subisse l'action de la lumière. Il donnera la notion d'un point lumineux, soit lorsqu'il recevra un faisceau de forme quelconque qui recouvrira sa base sur toute son étendue, soit lorsque ce faisceau ne couvrira qu'une

partie de la base, soit lorsque sur cette base il y aura le sommet d'un cône convergent, soit lorsqu'il y aura les sommets de deux ou plusieurs cônes convergents : dans tous ces cas l'individu, à l'intensité près qui pourra varier, aura la même sensation dont il reportera l'origine à un point situé extérieurement.

Il résulte de là que, si deux points lumineux placés en avant de l'œil ont sur la rétine des images qui se font sur un même élément anatomique, l'observateur, éprouvant une sensation unique, n'est pas averti de l'existence de deux points différents. Il ne les distingue pas.

On comprend alors aisément qu'un observateur doit distinguer dans un objet d'autant plus de détails que l'image rétinienne de cet objet intéresse un plus grand nombre d'éléments anatomiques, d'autant plus qu'elle est plus grande. C'est précisément ce que vérifie l'observation directe de cette image à l'ophthalmoscope, comme nous l'avons dit.

Cette considération explique que la vision puisse conserver la même netteté, quoique les images réelles dans l'œil, les sommets des faisceaux convergents ne soient pas *rigoureusement* sur la rétine et qu'ils donnent par conséquent, sur cette membrane, des cercles de diffusion. Tant que chaque cercle de diffusion restera compris dans la base d'un élément anatomique, il donnera le même résultat que si le sommet du faisceau s'y trouvait, puisque la mise en activité de cet élément se manifeste d'une seule manière, toujours identique à elle-même.

Nous verrons plus tard les conclusions qui se déduisent de cette remarque.

Nous n'avons pas à rechercher, en physique, quelles modifications l'action des radiations peut produire dans la rétine, et moins encore comment ces modifications pourraient donner lieu à la sensation lumineuse avec ses caractères divers : la question s'arrête, à notre point de vue, à la production d'une image réelle sur la rétine.

538. **Étude optique de l'œil.** — Après avoir étudié l'œil d'une façon sommaire au point de vue anatomique et physiologique, nous avons maintenant à nous en occuper au point de vue physique.

On voit que l'œil comprend une succession de milieux différents séparés par des surfaces courbes : les mensurations faites ont montré que, en général, ces surfaces s'éloignent peu d'être des surfaces sphériques et que, de plus, leurs centres sont sensiblement sur une droite. Confondant les surfaces réelles avec des portions de sphère, on peut dire que l'œil est un système centré ; comme la lumière arrive dans l'air et que le dernier milieu dans lequel nous avons à la considérer, l'humeur vitrée, est différent de l'air, c'est un système centré du deuxième genre (433).

Pour pouvoir se rendre compte des effets d'un semblable système, il faut qu'il soit connu géométriquement et optiquement.

Les yeux n'ont pas tous les mêmes dimensions ; aussi ne peut-on donner que des valeurs moyennes des longueurs qui définissent ce système centré. Au lieu de donner les valeurs moyennes exactes, on prend généralement les nombres simples qui s'en rapprochent le plus ; ce sont ces valeurs qui définissent ce qu'on appelle l'*œil schématique*.

Le rayon de courbure de la face antérieure de la cornée est, dans cet œil, de 8 millimètres ; comme nous allons le dire, il est inutile de s'occuper de la face postérieure. Le cristallin, étant à l'état de repos, de non-accommodation, a une épaisseur de 4 millimètres, et la distance qui sépare sa face antérieure de la face antérieure de la cornée est également de 4 millimètres ; dans la même condition de repos, le rayon de courbure de sa face antérieure est de 10 millimètres et celui de sa face postérieure est de 6 millimètres.

D'autre part on a pour les indices de réfraction les valeurs suivantes :

Cornée transparente.....	$\frac{103}{77} = 1,336$
Humeur aqueuse.....	$\frac{103}{77} = 1,336$
Cristallin.....	$\frac{142}{77} = 1,388$
Humeur vitrée.....	$\frac{103}{77} = 1,336$

On voit que la cornée transparente et l'humeur aqueuse ont même indice de réfraction ; il n'y a donc pas réfraction quand la lumière passe de l'une de ces substances à l'autre et, au point de vue optique, malgré leur différence de constitution anatomique, elles ne forment qu'un seul milieu.

En réalité, à ce point de vue, l'œil est formé par la réunion de trois dioptries séparant quatre milieux différents : l'air, l'humeur aqueuse (y compris la cornée), le cristallin et l'humeur vitrée. Deux surfaces sont convexes du côté d'où vient la lumière <sup>1</sup>, la cornée transparente et la face antérieure du cristallin ; une est concave, la face postérieure du cristallin. Mais si l'on tient compte des différences de réfringence, on reconnaît que les trois dioptries sont convergents. Cela ne suffit pas toutefois pour se rendre compte de l'effet de l'ensemble du système centré. Étudions donc son action en détail.

Considérons un faisceau qui arrive parallèlement sur l'œil : il est transformé par la cornée, premier dioptré, en un faisceau convergent ; le sommet de ce faisceau qui est le premier foyer du dioptré est à 31<sup>mm</sup>,5 en arrière de la cornée. C'est donc un faisceau convergent qui rencontre la face antérieure du cristallin, dioptré convergent : le faisceau sera rendu

1. Dans ce chapitre et contrairement aux dispositions précédemment adoptées, dans les figures la lumière est supposée venir de la droite.

plus convergent et le calcul montre que le sommet du nouveau faisceau est à 28 millimètres en arrière de la cornée. C'est donc également un faisceau convergent qui rencontre la face postérieure du cristallin, dioptré convergent : le faisceau est donc encore rendu plus convergent, et on trouve par le calcul que son sommet est à  $22^{\text{mm}},2$  en arrière de la face antérieure de la cornée.

En résumé les trois réfractions qui ont lieu dans l'œil ont toutes les trois pour effet de produire et d'augmenter la convergence des faisceaux.

On peut déterminer, à l'aide de formules connues d'autre part, les plans cardinaux du système centré; voici les résultats du calcul, toutes les distances étant prises de la face antérieure de la cornée :

1 <sup>er</sup> foyer principal, en arrière de la cornée à.....	$22^{\text{mm}},2$
2 <sup>e</sup> foyer principal, en avant de la cornée à.....	$12,9$
1 <sup>er</sup> plan principal, en arrière de la cornée à.....	$2,4$
2 <sup>e</sup> plan principal — — — — —	$1,9$
1 <sup>er</sup> point nodal — — — — —	$7,4$
2 <sup>e</sup> point nodal — — — — —	$6,9$

559. — Les valeurs que l'on trouve ainsi montrent, conformément à ce qui a été dit précédemment (434), qu'on peut remplacer ce système centré complexe par un dioptré équivalent unique. Ce dioptré devrait avoir sa surface (plan principal) au milieu de la petite distance qui sépare les plans principaux effectifs, soit à  $2^{\text{mm}},15$  en arrière de la cornée, et son centre à égale distance des deux points nodaux très rapprochés, soit à  $7^{\text{mm}},15$  en arrière de la cornée. Le rayon de courbure de ce dioptré serait alors de  $7^{\text{mm}},15 - 2^{\text{mm}},15 = 5$  millimètres; il serait constitué par un milieu ayant pour indice de réfraction 1,336, indice de réfraction du dernier milieu du système centré, l'humeur vitrée.

Conformément à ce que nous avons dit sur les systèmes équivalents, on voit que les effets de ce dioptré seraient presque absolument les mêmes que ceux de l'œil; comme il n'y a qu'une réfraction à considérer, il est plus simple dès lors de substituer à l'œil ce dioptré unique pour toutes les études ultérieures. C'est ce que Listing a proposé et que nous adopterons également.

Ce dioptré unique qui, au point de vue de la réfraction, peut remplacer l'œil est désigné sous le nom d'*œil réduit*. Il a les mêmes plans focaux que le système entier; rapportées au centre du dioptré, les distances du premier et du second foyer sont respectivement de  $15^{\text{mm}}$  (en arrière) et  $20^{\text{mm}}$  (en avant).

560. **Emmétropie. Amétropies.** — La longueur de l'axe antéro-postérieur de l'œil est variable suivant les individus, mais est toujours telle que la rétine se trouve peu éloignée du plan focal qui est dans l'œil et dont la distance à la cornée est de  $22^{\text{mm}},2$ ; elle peut occuper trois posi-

tions par rapport à ce plan, et aux trois états de l'œil qui en résultent correspondent des différences notables dans le fonctionnement de cet organe.

1<sup>o</sup> La rétine coïncide avec le plan focal, l'œil est dit *emmétrope*.

2<sup>o</sup> La rétine est en avant du plan focal, l'œil est dit *brachymétrope* ou *myope*.

3<sup>o</sup> La rétine est en arrière du plan focal, l'œil est dit *hypermétrope*.

Le premier état est considéré comme le plus régulier; les deux autres qui ne présentent pas la même condition sont dits *amétropes*.

Il y a lieu d'étudier à part le cas dans lequel une ou plusieurs des surfaces réfringentes de l'œil ne sont pas sphériques : l'œil est dit alors *astigmaté*.

Nous étudierons d'abord l'œil emmétrope complètement; puis nous passerons aux amétropies sphériques, la myopie et l'hypermétropie, et nous étudierons ensuite l'astigmatisme.

561. **De l'œil emmétrope. De l'accommodation.** — Considérons un œil emmétrope dans lequel la rétine coïncide avec le plan focal du système.

Si un faisceau parallèle arrive sur l'œil, il y pénétrera et donnera finalement dans l'humeur vitrée un faisceau convergent dont le sommet sera sur la rétine même, dans le plan focal (fig. 275). C'est le cas d'un individu emmétrope qui regarde un point lumineux situé à l'infini : d'après ce que nous avons dit des conditions de la vision nette, cet individu verra donc ce point nettement<sup>1</sup>.

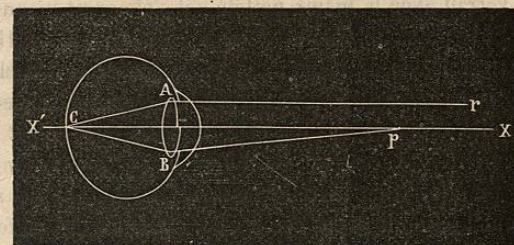


Fig. 275.

Mais supposons que le point lumineux se rapproche et vienne à une distance finie; d'après ce que nous savons par la discussion du dioptré (que nous substituons à l'œil), l'image et l'objet se déplacent dans le même sens. Le sommet du cône passe derrière la rétine, celle-ci coupe le faisceau suivant un cercle de diffusion : la vision devrait donc cesser d'être nette (555) si, comme nous l'avons dit, il n'y avait une sorte de tolérance à ce point de vue. Nous avons dit que la vision ne cesse pas d'être nette, tant que les cercles de diffusion ne dépassent pas l'étendue d'un élément anatomique de la rétine.

On peut calculer, par une formule simple, le diamètre des cercles de

1. Dans les figures se rapportant à la vision, la partie située au-dessus de l'axe correspond à l'œil à l'état de repos, la partie située au-dessous à l'œil à l'état d'accommodation.

diffusion qui se produisent sur la rétine lorsque le point lumineux est à des distances différentes, en connaissant l'ouverture de la pupille; en prenant pour celle-ci la valeur de 4 millimètres, on arrive aux nombres suivants :

Distance du point lumineux.....	65 <sup>m</sup>	25 <sup>m</sup>	5 <sup>m</sup>	6 <sup>m</sup>	4 <sup>m</sup> ,5
Distance de l'image à la rétine.....	0 <sup>mm</sup> ,005	0 <sup>mm</sup> ,012	0 <sup>mm</sup> ,022	0 <sup>mm</sup> ,050	0 <sup>mm</sup> ,200
Diamètre des cercles de diffusion.....	0 <sup>mm</sup> ,001	0 <sup>mm</sup> ,0027	0 <sup>mm</sup> ,0049	0 <sup>mm</sup> ,0112	0,044

On voit que tant que le point lumineux est à plus de 15 mètres de l'œil les diamètres des cercles de diffusion sont moindres que ceux des éléments anatomiques et, par suite, ces cercles de diffusion donneront le même effet que le sommet même du faisceau; la vision restera aussi nette.

Ainsi un œil emmétré, qui voit<sup>1</sup> nettement un point à l'infini, le verra avec la même netteté s'il se rapproche jusqu'à 15 mètres, et réciproquement, un individu qui verrait nettement un point placé à 15 mètres, le verrait avec la même netteté s'il s'éloignait jusqu'à l'infini.

Si le point lumineux se rapproche à moins de 15 mètres, le diamètre des cercles de diffusion dépasse la grandeur des éléments anatomiques, la vision cesse d'être nette. La netteté peut subsister, si l'ouverture de la pupille diminue au fur et à mesure que l'objet se rapproche, car le diamètre des cercles de diffusion est proportionnel à l'ouverture de la pupille. Mais le rétrécissement de la pupille a une limite qui est bientôt atteinte et les cercles de diffusion qui se forment par le rapprochement du point lumineux troublent la netteté de la vision d'une manière définitive, la netteté diminuant au fur et à mesure que, le point se rapprochant davantage, les cercles de diffusion deviennent plus grands.

Les résultats précédents seraient évidemment applicables sans modifications à un objet lumineux ou éclairé, puisque nous considérons cet objet comme formé par la réunion de points lumineux.

Tels sont les résultats que l'on devrait observer dans le cas d'un œil emmétré qui ne subirait pas de changement autre que la variation de diamètre de la pupille.

Or, en réalité, il n'en est pas ainsi : un individu emmétré qui voit nettement un objet à l'infini (ou à 15 m.) peut continuer à le voir nettement lorsque cet objet est rapproché à une petite distance, 30 centimètres, 20 centimètres, et quelquefois moins. Il faut donc que, pour cette position

1. C'est par une abréviation généralement admise qu'on dit qu'un œil voit; ce n'est pas l'œil qui voit, c'est l'individu à qui appartient cet œil : au point de vue physique surtout cette expression ne peut avoir aucun inconvénient si l'attention a été appelée sur sa signification réelle.

de l'objet, il n'y ait pas de cercles de diffusion sur la rétine ou, tout au moins, que ces cercles soient très petits. D'après ce que nous avons dit, ce fait ne peut se produire que s'il survient des modifications dans l'œil; ces modifications existent en effet : c'est l'accommodation qui les produit. Nous allons d'abord indiquer comment on peut mettre en évidence l'existence de ces modifications et comment on peut les déterminer et les mesurer; nous étudierons ensuite les effets qui en sont la conséquence.

562. — Des observations diverses permettent d'abord de montrer que, d'une manière générale, la vision nette à des distances différentes exige des modifications dans l'œil. Pour le reconnaître, il suffit de remarquer qu'on peut voir d'une manière nette successivement, mais non simultanément, deux objets placés à des distances différentes, dès que la différence n'est pas négligeable par rapport à ces distances mêmes, dès qu'elle est grande : plaçons, en effet, à quelque distance devant l'œil, la pointe d'une épingle à la plus petite distance à laquelle nous puissions la voir nettement; nous pourrions voir en même temps les objets qui sont situés au loin ou à une certaine distance en avant, mais ils ne seront pas vus nettement. Sans rien changer à la position de l'épingle, cherchons à regarder les objets éloignés; si leur position a été convenablement choisie, nous pourrions arriver à les voir nettement, mais alors l'épingle sera vue d'une manière un peu indistincte. On arrive à des résultats analogues en regardant des objets un peu éloignés à travers une bande de tulle placée à quelque distance devant les yeux; de même, on peut voir nettement les fils de l'étoffe, mais alors le contour des objets éloignés est flou; ou bien on voit nettement les objets éloignés, mais les fils du tulle ne sont pas distincts.

563. — Une expérience due à Scheiner montre que les changements qui se produisent dans l'œil pour la vision à des distances différentes peuvent s'expliquer par des modifications de puissance du système centré; voici en quoi elle consiste.

On place devant l'œil un écran opaque, une carte M M' (fig. 276, I), par exemple, percé de deux trous fins O, O' dont la distance soit moindre que le diamètre de la pupille. La pointe A d'une épingle ou d'une aiguille est maintenue à une distance invariable pour laquelle la vision soit nette, c'est-à-dire que l'image de A est sur la rétine en A'; malgré l'existence des deux ouvertures du diaphragme, l'image n'est pas modifiée, comme nous l'avons dit (425), parce que le point A et la rétine sont des points conjugués.

Sans rien changer à la position de A, mettons une autre pointe B à une distance différente et regardons-la; nous pourrions arriver à la voir nettement, mais alors la pointe A paraît double. Dans ces conditions, la rétine est le point conjugué de B, puisque malgré l'existence de deux pinceaux distincts l'image sur la rétine est simple; et d'autre part, le