

dessus une dissolution de cyanure de potassium, contenant 1 de cyanure pour 10 d'eau. Aussitôt l'image se dépouille complètement et devient positive. On lave alors, on vernit avec du vernis à tableau, et enfin on recouvre le tout d'une couche de bitume de Judée. C'est ensuite sur l'autre face de la lame de verre qu'on regarde l'image.

525. **Photographie sur plaques de verre albuminées.** — Les plaques de verre préparées au collodion présentent cet inconvénient, qu'elles doivent être employées aussitôt leur préparation, tandis que les plaques préparées à l'albumine peuvent attendre huit jours et plus avant d'être soumises à l'action de la lumière; mais elles doivent subir cette action pendant beaucoup plus longtemps que les plaques préparées au collodion. Aussi sont-elles sans usage pour le portrait, et seulement employées à prendre des vues.

C'est à M. Niepce de Saint-Victor qu'est dû le procédé de photographie par l'albumine. Pour préparer cette substance, on bat en neige un certain nombre de blancs d'œufs, on laisse reposer, on décante, puis on ajoute 1 pour 100 d'iodure de potassium et 25 pour 100 d'eau. On a ainsi un liquide qu'on peut conserver plusieurs jours dans un flacon bien bouché.

La plaque de verre sur laquelle on veut étendre l'albumine doit être parfaitement décapée de la même manière que pour le collodion (523). Après, on chauffe la plaque légèrement pour y faire adhérer, du côté opposé à celui qui doit servir, un bout de tube de gutta-percha, qui sert de manche pour manier la plaque.

Tenant ensuite la plaque par son manche, on verse dessus une couche du liquide albumineux, préparé comme il a été dit ci-dessus; puis, prenant le manche de gutta-percha entre les deux mains, on le fait tourner rapidement, ainsi que la plaque, ce qui imprime au liquide albumineux un mouvement centrifuge qui fait accumuler sur les bords de la plaque l'excès d'albumine, qu'on enlève avec une pipette.

La plaque, une fois albuminée et séchée, est placée pendant une minute dans un bain d'argent contenant 8 d'azotate d'argent et 8 d'acide acétique cristallisable pour 100 d'eau. Retirée du bain, elle peut être placée dans la chambre noire à l'état humide; lorsqu'on veut s'en servir à l'état sec, il faut la débarrasser de l'excès d'argent qu'elle contient en la lavant dans de l'eau distillée, puis la faire sécher dans l'obscurité, et alors on peut la conserver plusieurs jours avant de s'en servir.

Quand la plaque ainsi préparée a subi l'action de la lumière dans la chambre noire, pendant vingt minutes environ, on fait apparaître l'image en plongeant la plaque dans une dissolution d'acide

gallique qu'on chauffe doucement à la lampe. Quelques gouttes d'une dissolution d'azotate d'argent ajoutées au bain d'acide gallique hâtent notablement l'apparition de l'image, et donnent plus de vigueur à ses ombres. Enfin, ayant lavé la plaque à grande eau, on fixe l'image par une immersion pendant cinq minutes dans un bain d'hyposulfite de soude, contenant 8 d'hyposulfite pour 100 d'eau.

L'image ainsi obtenue est négative, et sert ensuite à donner des épreuves positives sur verre albuminé ou sur papier (523).

* CHAPITRE VI.

DE L'OEIL CONSIDÉRÉ COMME INSTRUMENT D'OPTIQUE.

526. **Structure de l'œil humain.** — L'œil est l'organe de la vision, c'est-à-dire du phénomène en vertu duquel la lumière émise ou réfléchie par les corps fait naître en nous la sensation qui nous déceit leur présence.

Situé dans une cavité osseuse qu'on nomme *orbite*, l'œil est maintenu par les muscles qui servent à le mouvoir, par le nerf optique, la conjonctive, les paupières et l'aponévrose orbito-oculaire. Tous ces moyens, en lui assurant une contention solide, lui permettent des mouvements très-variés et très-étendus. Son volume est à peu près le même chez tous les individus; l'ouverture variable des paupières le fait seul paraître plus ou moins volumineux.

La figure 408 montre une coupe transversale de l'œil d'avant en arrière. On voit que sa forme générale est celle d'un sphéroïde dont la courbure, à la partie antérieure, est plus grande qu'à la partie postérieure. L'œil est composé de membranes et de milieux, qui sont : la *cornée*, la *scclerotique*, l'*iris*, la *pupille*, l'*humour aqueux*, le *cristallin*, le *corps vitré*, la *membrane hyaloïde*, la *choroïde*, la *réline* et le *nerf optique*.

Cornée. — La cornée *a* est une membrane transparente située en avant du globe de l'œil. Elle a sensiblement la forme d'une petite calotte sphérique ayant une base de 11 à 12 millimètres de diamètre. Sa circonférence, taillée en biseau aux dépens de sa face externe, s'enclasse dans la sclérotique *i*, et l'adhérence de ces deux membranes est telle, qu'elles ont été considérées par quelques anatomistes comme une seule et même membrane.

Sclérotique. — La sclérotique *i* est une membrane qui, avec la cornée, enveloppe toutes les parties constituantes de l'œil. Elle présente, en avant, une ouverture à peu près circulaire, dans laquelle est enclassée la cornée; à la partie postérieure et interne, elle est perforée pour donner passage au nerf optique.

Iris. — L'*iris d* est un diaphragme annulaire, opaque, adhérent par son périmètre extérieur, et libre par son bord central. Cette membrane est placée entre la cornée et le cristallin. C'est elle qui forme la partie colorée de l'œil; elle est percée, non pas à son centre, mais un peu en dedans, d'une ouverture qu'on nomme *pupille*, et qui, chez l'homme, est circulaire. Chez quelques animaux, elle est étroite et allongée dans le sens vertical, particulièrement chez ceux du genre *felis*, et dans le sens transversal chez les ruminants. C'est par la pupille que les rayons lumi-

neux pénètrent dans l'œil. Son diamètre, variable pour un même individu, est, en moyenne, de 3 à 7 millimètres; mais ces limites peuvent être dépassées. Les alternatives d'agrandissement et de resserrement de la pupille s'opèrent rapidement; elles sont fréquentes et jouent un rôle important dans le phénomène de la vision. La pupille se contracte sous l'influence d'une vive lumière; elle se dilate, au contraire, dans l'obscurité. Les mouvements de l'iris paraissent être involontaires.

D'après ce qui précède, l'iris est un écran à ouverture variable, dont la fonction est de régler la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil, puisque la grandeur de la pupille varie en sens contraire de l'intensité de la lumière. L'iris sert encore à

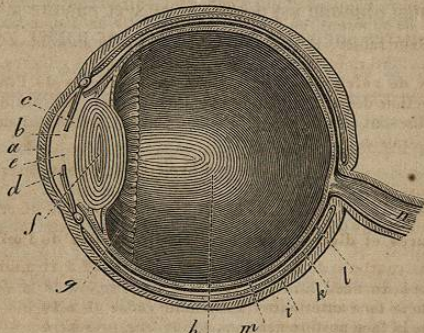


Fig. 408.

corriger l'aberration de sphéricité, en empêchant les rayons marginaux de traverser les bords du cristallin; c'est-à-dire qu'il remplit à l'égard de l'œil le rôle d'un diaphragme dans les instruments d'optique (485).

Humeur aqueuse. — Entre la partie postérieure de la cornée et la partie antérieure du cristallin est un liquide transparent qu'on appelle *humeur aqueuse*. L'espace *c*, occupé par cette humeur, est partagé en deux compartiments par l'iris; la partie *b*, comprise entre la cornée et l'iris, se nomme *chambre antérieure*; la partie, qui est entre l'iris et le cristallin, est la *chambre postérieure*.

Cristallin. — Le cristallin est un corps lenticulaire *f*, placé derrière l'iris et très-près de cette membrane. Remarquable par sa transparence, le cristallin est enveloppé dans une membrane diaphane comme lui, qu'on nomme sa *capsule*, et qui adhère par son bord à la couronne annulaire formée par les *procès ciliaires g*.

La face antérieure du cristallin a une convexité moindre que la face postérieure. Son tissu est composé d'une suite de lamelles à peu près concentriques, plus dures au centre qu'à la circonférence. Les couches les plus superficielles ont une mollesse telle qu'elles sont presque à l'état liquide. On leur a donné le nom d'*humeur de Morgagni*. Le pouvoir réfringent de ces couches décroît du centre à la périphérie.

Corps vitré, membrane hyaloïde. — On appelle *corps vitré*, ou *humeur vitrée*, une masse transparente, comparable à l'albumine de l'œuf, qui occupe toute la partie *h* du globe de l'œil située en arrière du cristallin. Le corps vitré est enveloppé par la *membrane hyaloïde l*, qui tapisse la face postérieure de la capsule cristalline et toute la face interne d'une autre membrane qu'on nomme *rétilne*.

Rétilne, nerf optique. — La rétilne *m* est une membrane destinée à recevoir l'impression de la lumière et à la transmettre au cerveau par l'intermédiaire d'un nerf *n*, nommé le *nerf optique*, qui part du cerveau, pénètre dans l'œil, et s'épanouit sur la rétilne, sous la forme d'un réseau nerveux.

La rétilne et le nerf optique ne jouissent que de la propriété spéciale de rece-

voir et de transmettre au cerveau l'impression des images; ils sont tout à fait insensibles à l'action des corps vulnérants. Ces organes ont été coupés, piqués, sans que les animaux soumis à ces expériences aient manifesté la moindre douleur.

Choroïde. — La choroïde *k* est une membrane interposée entre la rétilne et la sclérotique. Elle est essentiellement vasculaire et recouverte, sur sa face interne principalement, d'une matière noire semblable au pigment de la peau des nègres et destinée à absorber tous les rayons qui ne doivent pas coopérer à la vision.

La choroïde se prolonge en avant en formant une suite de replis saillants *g*, qu'on nomme *procès ciliaires*, et qui s'engagent entre l'iris et la capsule cristalline, à laquelle ils adhèrent, en formant autour d'elle un disque assez comparable à celui d'une fleur radiée. Par son tissu vasculaire, la choroïde sert à transporter le sang dans l'intérieur de l'œil, et surtout aux *procès ciliaires*.

327. Indices de réfraction des milieux transparents de l'œil. — Les indices de réfraction des parties transparentes de l'œil ont été déterminés par M. Brewster. Ils sont réunis dans le tableau suivant, avec celui de l'eau comme terme de comparaison :

Eau.....	1,3338	Enveloppe extérieure du cristallin	1,3767
Humeur aqueuse.....	1,3366	Centre du cristallin.....	1,3990
Humeur vitrée.....	1,3394	Réfraction moyenne du cristallin	1,3839

328. Courbures et dimensions des diverses parties de l'œil humain. —

Rayon de courbure de la sclérotique.....	10 à 11 millimètres.
Id. de la cornée.....	7 à 8
Id. de la face antérieure du cristallin....	7 à 10
Id. de la face postérieure.....	5 à 6
Diamètre de l'iris.....	11 à 12
Id. de la pupille.....	3 à 7
Id. du cristallin.....	10
Épaisseur du même.....	5
Distance de la pupille à la cornée.....	2
Longueur de l'axe de l'œil.....	22 à 24

La courbure de la cornée, d'après M. Chossat, est celle d'un ellipsoïde de révolution autour de son grand axe, et la courbure du cristallin celle d'un ellipsoïde de révolution autour de son petit axe.

329. Marche des rayons dans l'œil. — D'après les diverses parties qui composent l'œil, on peut comparer cet organe à une chambre obscure (516) dont la

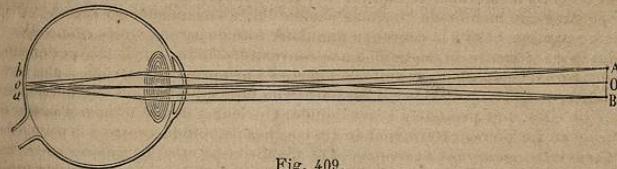


Fig. 409.

pupille est l'ouverture, le cristallin la lentille convergente, et la rétilne l'écran sur lequel va se peindre l'image. L'effet est donc le même que celui par lequel se forme, au foyer conjugué d'une lentille biconvexe, l'image d'un objet placé en avant de la lentille. Soit, en effet, un objet *AB* (fig. 409), placé en avant de l'œil, et considérons les rayons émis d'un point quelconque *A* de cet objet. De tous ces rayons, ceux qui sont dirigés vers la pupille sont les seuls qui pénètrent dans l'œil et qui soient utilisés pour la vision. Ces rayons, à leur entrée dans l'humeur aqueuse, éprouvent une première réfraction qui les rapproche de

l'axe Aa , tiré par le centre optique du cristallin; puis ils rencontrent celui-ci, qui les réfracte de nouveau comme une lentille biconvexe; et enfin, après avoir subi une dernière réfraction dans l'humeur vitrée, ils vont concourir en un point a et y former l'image du point A . Les rayons partis du point B allant de même former en b l'image de ce point, il en résulte une image ab très-petite, réelle et renversée, qui se forme exactement sur la rétine quand l'œil est bien conformé.

530. **Renversement des images.** — Pour s'assurer que les images formées sur la rétine sont bien réellement renversées, on prend un œil d'albinos, parce

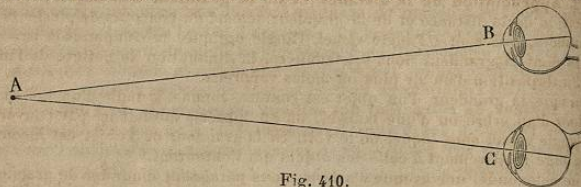


Fig. 410.

que la chorôïde des yeux de ces animaux est privée de pigment, et que, par conséquent, la lumière peut la traverser complètement; puis on dépouille cet œil, à la partie postérieure, du tissu cellulaire qui l'enveloppe. Ainsi préparé, on le fixe à une ouverture pratiquée au volet d'une chambre obscure, et l'on observe alors, à l'aide d'une loupe, que les images renversées des objets extérieurs viennent se peindre sur la rétine.

Le renversement des images dans l'œil a beaucoup occupé les physiologistes et les physiologistes, et de nombreuses théories ont été proposées pour expliquer comment nous ne voyons pas les objets renversés. Les uns ont admis que c'est par l'habitude et par une véritable éducation de l'œil que nous voyons les objets redressés, c'est-à-dire dans leur position relative par rapport à nous. D'autres pensent que nous rapportons le lieu réel des objets dans la direction des rayons lumineux qu'ils émettent, et que, ces rayons se croisant dans le cristallin (fig. 409), l'œil voit les points A et B respectivement dans les directions aA et bB ; par suite l'objet paraît droit. Telle était l'opinion de Dalembert, Muller, Volkmann et autres soutiennent que comme nous voyons tout renversé, et non pas uniquement un objet parmi d'autres, rien ne peut paraître renversé, puisque nous manquons alors de termes de comparaison. Il faut avouer qu'aucune de ces théories n'est bien satisfaisante.

531. **Axe optique, angle optique, angle visuel.** — On nomme *axe optique principal* d'un œil son axe de figure, c'est-à-dire la droite par rapport à laquelle

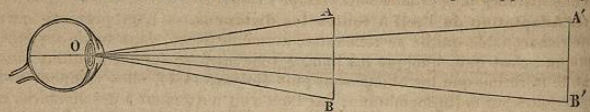


Fig. 411.

il est symétrique. Dans un œil bien conformé, c'est la droite qui passe par le centre de la pupille et par le centre du cristallin; telle est la droite Oo (fig. 409). Les lignes Aa , Bb , qui sont sensiblement rectilignes, sont des axes secondaires. C'est dans la direction de l'axe optique principal que l'œil voit le plus nettement les objets.

L'*angle optique* est l'angle BAC (fig. 410), formé par les axes optiques principaux des deux yeux, lorsqu'ils sont dirigés vers un même point. Cet angle est d'autant plus petit que les objets sont plus éloignés.

L'*angle visuel* est l'angle AOB (fig. 411), sous lequel est vu un objet, c'est-à-

dire l'angle formé par les axes secondaires menés du centre optique du cristallin aux extrémités opposées de l'objet. Pour une même distance, cet angle décroît avec la grandeur de l'objet, et pour un même objet, il décroît avec la distance, comme il arrive si l'objet passe de AB en $A'B'$. Il résulte de là que les objets paraissent d'autant plus petits, qu'ils sont plus éloignés, car les axes secondaires AO , BO se croisant au centre du cristallin, la grandeur de l'image projetée sur la rétine dépend de la grandeur de l'angle visuel AOB .

532. **Appréciation de la distance et de la grandeur des objets.** — L'appréciation de la distance et de la grandeur dépend du concours de plusieurs circonstances, qui sont : l'angle visuel, l'angle optique, la comparaison avec des objets dont la grandeur nous est familière, la diminution de netteté de l'image par l'interposition d'un air plus ou moins vaporeux.

Lorsque la grandeur d'un objet est connue, comme la taille d'un homme, la hauteur d'un arbre ou d'une maison, on en apprécie la distance par l'ouverture de l'angle visuel sous lequel on le voit. Si la grandeur de l'objet est inconnue, on la juge relativement à celle des objets qui l'entourent.

Une colonnade, une avenue d'arbres, nous paraissent diminuer de grandeur à mesure que leur distance augmente, parce que l'angle visuel décroît; mais l'habitude de voir des colonnes, des arbres, avec la hauteur qui leur convient, fait que notre jugement rectifie l'apparence produite par la vision. De même, quoique des montagnes fort éloignées soient vues sous un fort petit angle et n'occupent qu'un faible espace dans le champ de la vision, habitués aux effets de perspective aérienne, nous leur restituons leur grandeur réelle.

L'angle optique est aussi un élément essentiel pour apprécier la distance; cet angle augmentant ou diminuant quand les objets s'approchent ou s'éloignent, le mouvement que nous imprimons à nos yeux pour que leurs axes optiques concourent vers l'objet que nous regardons, nous donne l'idée de son éloignement. Toutefois ce n'est que par une longue habitude que nous arrivons à établir ainsi une relation entre la distance qui nous sépare des objets et le mouvement correspondant de nos yeux. On remarque, en effet, que les aveugles de naissance auxquels on rend la vue par l'opération de la cataracte jugent d'abord tous les objets à la même distance.

533. **Distance de la vue distincte.** — On appelle *distance de la vue distincte*, la distance à laquelle les objets doivent être placés pour être vus avec plus de netteté. Cette distance varie avec les individus, et souvent, pour le même individu, d'un œil à l'autre. Pour de petits objets, comme des caractères d'imprimerie, elle est, à l'état normal de l'œil, de 23 à 30 centimètres. Les personnes qui ne voient qu'à une distance plus courte sont *myopes*, et celles qui ne voient qu'à une distance plus grande sont *presbytes* (544).

534. **Adaptation de l'œil à toutes les distances.** — L'œil présente une propriété remarquable qui ne se rencontre, au même degré, dans aucun instrument d'optique : c'est que, quoique les images tendent à se former d'autant plus en avant de la rétine que les objets sont plus éloignés (481), elles viennent se former toujours sur cette membrane; car l'œil voit nettement à des distances très-variables, à partir de celle qui correspond à la vue distincte. Toutefois, si nous pouvons voir nettement à des distances très-inégales, nous ne le pouvons pas simultanément, ce qui indique quelques modifications dans le système de l'œil, ou du moins la nécessité de fixer notre attention sur l'objet que nous voulons voir. En effet, si l'on vise deux objets alignés, situés, par exemple, l'un à un mètre, l'autre à deux mètres de l'œil, en regardant le premier objet, le second paraît nébuleux, tandis que si l'on regarde le second, c'est le premier à son tour qui devient nébuleux. On conclut de là que, quand l'œil a été disposé pour voir à une distance, il ne l'est pas pour voir à une autre, mais qu'il peut successivement s'adapter à l'une et à l'autre.

Plusieurs hypothèses ont été proposées pour expliquer comment l'œil peut voir

nettement à des distances très-différentes. MM. Mile et Pouillet en trouvent la cause dans les dilatations et les contractions de la pupille. Le premier pense que les rayons lumineux éprouvent, sur les bords de l'iris, une diffraction ou inflexion qui peut donner lieu à des distances focales très-différentes. Se fondant sur l'inégale réfrangibilité du cristallin, laquelle décroît du centre à la circonférence, et observant qu'il doit en résulter une suite de foyers dont les plus rapprochés sont formés par les rayons qui traversent le cristallin plus près de son centre, M. Pouillet admet que la pupille s'ouvrant plus ou moins, les objets éloignés sont vus par les bords du cristallin, et les plus rapprochés par le centre. On remarque, en effet, que les contractions et les dilatations du trou pupillaire sont liées à l'accommodation de l'œil aux distances; mais il importe d'observer qu'elles le sont aussi aux variations d'intensité de la lumière, et que, pour une même distance, l'ouverture de la pupille peut varier beaucoup.

Rohaut, Olbers et autres ont émis l'opinion que le diamètre de l'œil, d'avant en arrière, varie sous l'influence de la pression des muscles qui font mouvoir cet organe, de manière à rapprocher ou à écarter la rétine du cristallin, en même temps que l'image s'en approche ou s'en écarte elle-même; car on sait (478) que, dans les lentilles convergentes, l'image se rapproche à mesure que l'objet s'éloigne.

Hunter et Young ont attribué au cristallin une propriété contractile en vertu de laquelle il prend une forme plus ou moins convexe, de manière à faire toujours converger les rayons sur la rétine.

Kepler, Camper et beaucoup d'autres ont admis que, par l'action des procès ciliaires, le cristallin peut se déplacer et se rapprocher plus ou moins de la rétine.

Enfin, on a admis que la netteté de la vision à des distances très-diverses peut provenir, non pas de ce que la rétine ou le cristallin se déplace de manière que l'image vienne toujours se former sur la rétine, mais de ce que les variations qu'éprouve la distance focale du cristallin, à mesure que les objets s'éloignent, sont assez petites pour que l'image conserve encore une netteté suffisante.

Cette dernière théorie est confirmée par les expériences de Magendie et par celles de de Haldat. Le premier a observé, avec un œil d'albinos, que la netteté des images ne variait pas pour les objets placés à des distances fort inégales; et de Haldat a trouvé que si l'on place un cristallin comme objectif au volet d'une chambre obscure, on obtient, sur un verre dépoli, des images également nettes des objets extérieurs, que ceux-ci soient à la distance de 3 à 4 décimètres, ou de 20 à 30 mètres. Cette propriété du cristallin à l'état d'inertie semble contraire aux lois de la réfraction; elle doit être attribuée à la structure de cet organe, qu'elle distingue tout à fait des lentilles ordinaires. De Haldat n'a point donné l'explication de ces phénomènes.

535. **Vue simple avec les deux yeux.** — Lorsque les deux yeux se fixent sur un même objet, il se forme, sur chaque rétine, une image, et cependant nous ne voyons qu'un objet. Pour expliquer la vue simple avec les deux yeux, Gassendi admettait qu'à un même instant la perception n'a lieu que pour l'une ou l'autre image, ce qui ne peut être admis d'après les expériences de M. Wheatstone, que nous rapportons plus bas.

Taylor et Wollaston ont émis l'opinion que deux points homologues de droite ou de gauche, sur les deux rétines, correspondent à un même filet nerveux cérébral de droite ou de gauche, bifurqué à l'entrecroisement des deux nerfs optiques. Cette opinion est d'accord avec un fait qu'on observe chez quelques individus, 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 la moitié gauche des objets. Wollaston et Arago ont observé sur eux-mêmes cette affection de la rétine.

M. Brewster attribue l'unité de sensation à l'habitude que nous acquérons de rapporter à un même objet les impressions simultanées produites sur les deux rétines.

Voici les principaux faits qui s'observent dans la vision avec les deux yeux.

On voit plus clair avec deux yeux qu'avec un seul; en regardant un même objet d'abord avec un seul œil, puis avec les deux, la différence d'éclat est très-sensible.

Lorsque les deux yeux sont fixés chacun sur un objet différent, de manière que les deux axes optiques concourent au delà ou en deçà de ces objets, il peut se pro-

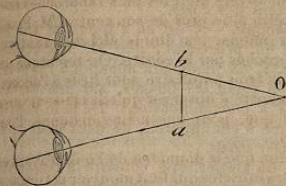


Fig. 412.

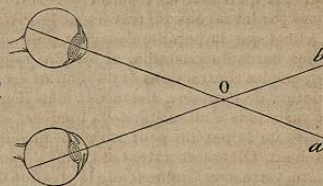


Fig. 413.

duire des illusions d'optique remarquables. Par exemple, si l'on regarde deux objets identiques et de petites dimensions a et b , au moyen de deux tubes isolants qui donnent aux axes optiques des deux yeux les directions concurrentes aO et bO (fig. 412), on ne voit qu'un objet unique, mais plus éloigné, au point de rencontre O des deux axes.

Si le point de croisement des deux axes est en avant des points qu'on regarde (fig. 413), on ne voit encore qu'un seul objet, mais plus près, au point O .

Si les objets a et b sont deux petits disques, l'un rouge et l'autre vert, on voit un disque blanc, le vert et le rouge étant deux couleurs complémentaires (491). Ces diverses expériences démontrent que les impressions dans les deux yeux sont simultanées et se superposent pour donner une sensation unique.

536. **Cause du relief apparent des corps.** — On doit à M. Wheatstone des expériences qui montrent une différence essentielle entre la vision avec les deux yeux et la vision avec un seul œil. Il résulte de ces expériences que ce n'est qu'avec les deux yeux qu'on peut avoir une perception nette du relief des corps, c'est-

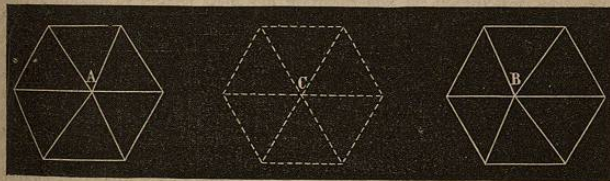


Fig. 414.

Fig. 415.

Fig. 416.

à-dire de leurs trois dimensions. Il est même probable qu'avec un seul œil le relief ne nous paraît appréciable que parce que les objets que nous regardons nous sont généralement connus. En effet, dans la vision avec les deux yeux, quand l'objet est à une faible distance, les deux axes devant converger vers l'objet, il en résulte que la perspective change pour chaque œil et que les deux images sont sensiblement inégales. C'est ce qu'il est facile de constater en regardant alternativement un même objet avec chaque œil. Par exemple, supposons qu'on regarde à vol d'oiseau une petite pyramide régulière C , à base hexagonale (fig. 415), en se plaçant de manière que la verticale menée par son sommet passe exactement entre les deux yeux. Ceux-ci étant ouverts tous les deux, on la voit telle qu'elle est représentée dans la figure 415. Mais si, conservant la même position, on ferme l'œil gauche, l'œil droit voit alors seul la pyramide; et il la voit comme

la montre la figure 416, les faces latérales de gauche étant vues plus en raccourci que celles de droite. Au contraire, si l'on ferme l'œil droit, la gauche aperçoit la pyramide ainsi qu'elle est dessinée dans la figure 414; c'est-à-dire que ce sont les faces latérales de droite qui sont maintenant vues plus en raccourci. Il est donc démontré que les images perçues par les deux yeux ne sont pas identiques; il reste à constater par l'expérience que c'est bien de la perception simultanée de ces deux images que résulte le relief apparent des corps.

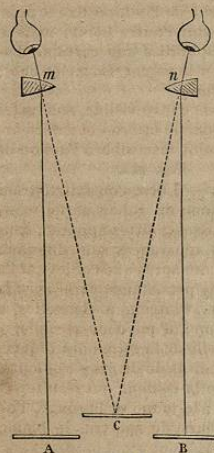


Fig. 417.

se construit aujourd'hui, la superposition des deux images se produit à l'aide de deux lentilles convergentes. La figure 417 montre quelle est la marche des rayons dans l'appareil. En A est le dessin que doit regarder l'œil gauche, et en B celui destiné à l'œil droit. Au-dessus sont deux lentilles *m* et *n*, qui sont respectivement les oculaires des deux yeux. Or, les rayons partis des deux points homologues des images se réfractent à leur passage dans ces lentilles et prennent les mêmes directions que s'ils étaient partis du point C. C'est donc en ce point que se superposent les images virtuelles des dessins A et B, et qu'apparaît l'objet avec un relief d'une fidélité parfaite. Par exemple, si l'on place en B et en A les deux figures 414 et 416, on apercevra en C une image unique et en relief de la pyramide, telle qu'elle est représentée dans la figure 415.

Il est indispensable que les deux lentilles *m* et *n* imprimant rigoureusement la même déviation aux rayons, et pour cela elles doivent être identiques. M. Brewster a atteint ce résultat en coupant en deux une lentille biconvexe, et en plaçant la moitié droite devant l'œil gauche, puis la moitié gauche devant l'œil droit, comme le représente la figure ci-dessus.

A l'aide du stéréoscope, M. Foucault et M. le docteur Regnault ont constaté que lorsque les deux rétines sont impressionnées simultanément par deux couleurs différentes, il y a perception d'une couleur mixte unique. Mais ils ont reconnu que l'aptitude à la recombinaison des deux teintes en une teinte unique varie d'une manière notable d'un individu à un autre, et peut être excessivement faible, même nulle chez quelques personnes. En éclairant avec deux faisceaux de couleurs complémentaires (491) deux disques blancs placés au fond du stéréo-

scope, et en regardant chaque disque coloré avec un œil, on voit un disque blanc unique, ce qui montre que la sensation de la lumière blanche peut naître de deux impressions chromatiques complémentaires et simultanées sur chacune des deux rétines.

538. Partie insensible de la rétine. — La rétine n'est pas également sensible dans toutes ses parties, ainsi que le prouve l'expérience suivante due à Mariotte : on marque deux points noirs sur du papier blanc, à quelques centimètres de distance l'un de l'autre; puis, le papier étant très-rapproché de l'œil, on fixe le point de gauche avec l'œil droit, ce qui n'empêche pas de voir l'autre point; mais si l'on éloigne lentement le papier, le point de droite disparaît à une certaine distance, pour reparaître bientôt si l'on continue à éloigner le papier. La même chose a lieu si l'on regarde le point de droite avec l'œil gauche.

Mariotte a remarqué qu'au moment où le point cesse d'être visible, son image se projette sur l'insertion même du nerf optique à la partie interne et inférieure de l'œil. On a donné le nom de *punctum cecum* à ce point insensible à l'action de la lumière.

539. Persistance de l'impression sur la rétine. — Lorsqu'on fait tourner rapidement un charbon incandescent, on aperçoit comme un ruban de feu continu; de même, la pluie qui tombe sous forme de grosses gouttes apparaît dans l'air comme une suite de filets liquides. Ces différentes apparences sont dues à ce que l'impression des images sur la rétine persiste encore après que l'objet qui l'a produite a disparu ou s'est déplacé. La durée de cette persistance varie avec la sensibilité de la rétine et l'intensité de la lumière. Plateau, à Bruxelles, a trouvé, par différentes méthodes, qu'elle est, en moyenne, d'une demi-seconde.

L'impression des couleurs persiste aussi bien que celle de la forme des objets; car si l'on fait tourner des cercles divisés en secteurs peints de diverses couleurs, alors celles-ci se confondent et donnent la sensation de la couleur qui résulterait de leur mélange. Le bleu et le jaune donnent le vert; le jaune et le rouge, l'orangé; le bleu et le rouge, le violet; les sept couleurs du spectre, le blanc, comme le démontre le disque de Newton (489, 5°).

Il existe plusieurs appareils curieux dont les effets s'expliquent par la persistance de la sensation sur la rétine. Tels sont le *thaumatrope*, le *phénakisticope*, la *roue de Faraday*, le *kaléidophone*.

540. Images accidentelles. — Un objet coloré étant placé sur un fond noir, si on le regarde fixement pendant un certain temps, la vue est bientôt fatiguée, et l'intensité de la couleur s'affaiblit; dirigeant alors les yeux sur un carton blanc ou sur le plafond, on aperçoit une image de même forme que l'objet, mais d'une couleur complémentaire (491), c'est-à-dire qui formerait du blanc si elle était réunie à celle de l'objet. Pour un objet vert, l'image est rouge, et réciproquement; si l'objet est jaune, l'image est violette. Ces apparences colorées ont été signalées par Buffon, qui leur a donné le nom d'*images* ou de *couleurs accidentelles*.

Les couleurs accidentelles persistent d'autant plus longtemps, que l'objet observé a été plus vivement éclairé et que l'action de la lumière a été prolongée davantage. Elles ne s'éteignent pas, en général, d'une manière progressive continue, mais offrent ordinairement des disparitions et des réapparitions alternatives. On observe aussi que si, après avoir contemplé un objet coloré, on ferme les yeux rapidement en les abritant aussi parfaitement que possible de toute lumière, au moyen d'une étoffe épaisse, les images accidentelles n'en apparaissent pas moins.

Plusieurs théories ont été proposées pour expliquer le phénomène des couleurs accidentelles. Darwin a admis :

1° Que la partie de la rétine fatiguée par une couleur est devenue insensible aux rayons de cette couleur, et n'est plus impressionnée que par sa couleur complémentaire;

2° Que cette partie de la rétine prend spontanément un mode d'action opposé qui produit la sensation de la couleur complémentaire.

La première partie de cette théorie n'explique pas le fait ci-dessus, que les couleurs accidentelles apparaissent même dans l'obscurité; et la seconde partie n'est que l'énoncé même du phénomène des images accidentelles.

541. **Irradiation.** — L'irradiation est un phénomène par lequel les objets blancs ou d'une couleur très-vive, lorsqu'ils sont vus sur un fond obscur, paraissent avec des dimensions plus grandes que celles qui leur sont propres. L'inverse a lieu pour un corps noir vu sur un fond blanc. On admet que l'irradiation provient de ce que l'impression sur la rétine se propage plus ou moins au delà du contour de l'image.

L'effet de l'irradiation est très-sensible sur la grandeur apparente des astres, qui peuvent ainsi paraître plusieurs fois plus grands qu'ils ne sont réellement.

D'après les recherches de Plateau, l'irradiation varie considérablement d'une personne à une autre, et même d'un jour à l'autre pour une même personne. Ce savant a constaté, en outre, que l'irradiation croît avec l'éclat de l'objet et la durée de la contemplation. Enfin, elle se manifeste à toutes les distances; les lentilles divergentes l'augmentent, celles qui sont convergentes la diminuent.

542. **Auréoles accidentelles, contraste des couleurs.** — On nomme *auréoles accidentelles*, des couleurs qui, au lieu de succéder à l'impression d'un objet, comme les couleurs accidentelles, apparaissent autour de l'objet lui-même lorsqu'on le regarde fixement. L'impression de l'auréole est opposée à celle de l'objet; c'est-à-dire que si celui-ci se détache en clair, l'auréole est obscure; elle est claire, si l'objet est obscur.

Le *contraste des couleurs* est une réaction réciproque qui s'exerce entre deux couleurs voisines, réaction en vertu de laquelle à chacune d'elles s'ajoute la couleur complémentaire de l'autre. Ce contraste a été observé par M. Chevreul, qui en a fait une étude approfondie et en a donné la loi. C'est par l'influence réciproque des auréoles accidentelles que s'explique le contraste des couleurs.

M. Chevreul a trouvé que les couleurs rouge et orangé étant juxtaposées, le rouge tire sur le violet, et l'orangé sur le jaune. Si l'on expérimente sur le rouge et le bleu, la première couleur tire sur le jaune et la seconde sur le vert; avec le jaune et le bleu, le jaune passe à l'orangé et le bleu à l'indigo; et ainsi de suite pour un grand nombre de combinaisons. On conçoit combien il importe, dans la fabrication des étoffes, des tapis, de savoir apprécier l'effet dû au contraste des couleurs.

543. **L'œil n'est pas achromatique.** — On a longtemps attribué à l'œil humain un achromatisme parfait (499); mais cette opinion ne peut être admise d'une manière absolue depuis les diverses expériences de Wollaston, de Young, de Fraunhofer et de Müller.

Fraunhofer a observé que, dans une lunette à deux verres, un fil très-fin, placé à l'intérieur de l'instrument, au foyer de l'objectif, est vu distinctement au travers de l'oculaire, lorsque la lunette est éclairée uniquement avec de la lumière rouge; mais que le fil cesse d'être visible si l'on éclaire la lunette avec de la lumière violette, l'oculaire étant resté dans la même position. Or, on remarque que, pour revoir le fil, il faut diminuer la distance des lentilles beaucoup plus que ne l'indique le degré de réfrangibilité de la lumière violette dans le verre. Il faut donc admettre que, dans cette expérience, il y a un effet dû à l'aberration de réfrangibilité de l'œil.

Müller, de son côté, en contemplant avec un seul œil un disque blanc placé sur un fond noir, a trouvé que l'image est pure quand l'œil est accommodé à la distance du disque, c'est-à-dire que l'image vient se faire sur la rétine; mais il a observé que si l'œil n'est pas accommodé à cette distance, c'est-à-dire si l'image se fait en avant ou en arrière de la rétine, le disque paraît entouré d'une bande bleue très-étroite.

Müller conclut de ces expériences que l'œil est achromatique tant que l'image est reçue à la distance focale, ou tant qu'il s'accommodé à la distance de l'objet. On ne peut pas dire jusqu'ici quelle est précisément la cause de cet achromatisme apparent de l'œil; mais on l'attribue généralement à la ténuité des faisceaux lumineux qui passent par l'ouverture pupillaire, et à ce que les rayons inégalement

réfrangibles, rencontrant les surfaces des milieux de l'œil sous des incidences presque normales, sont très-peu réfractés, d'où il résulte que l'aberration de réfrangibilité est insensible (498).

Quant à l'aberration de sphéricité, on a déjà vu comment elle est corrigée par l'iris (326), véritable diaphragme arrêtant les rayons marginaux qui tendent à traverser le cristallin, et ne laissant passer que les plus rapprochés de l'axe.

544. **Myopie, presbytisme.** — Les affections les plus communes de l'organe de la vue sont la myopie et le presbytisme. La *myopie* est une accommodation habituelle des yeux pour une distance moindre que celle de la vue distincte ordinaire, en sorte que les personnes qui en sont affectées ne voient nettement que les objets très-rapprochés. La cause ordinaire de la myopie est une trop grande convexité de la cornée ou du cristallin; l'œil étant alors trop convergent, le foyer, au lieu de se former sur la rétine, se forme en avant, ce qui fait que l'image est confuse. On remédie à ce défaut de l'œil au moyen de verres divergents, qui, en écartant les rayons de l'axe commun, reculent le foyer et le portent sur la rétine.

La contemplation habituelle de petits objets, les observations microscopiques, peuvent faire naître la myopie. Ce vice de conformation est commun chez les jeunes gens; il diminue avec l'âge.

Le *presbytisme* est le contraire de la myopie. Dans cette affection, l'œil voit très-bien les objets éloignés, mais ne distingue pas nettement les objets rapprochés. Le presbytisme est dû à ce que l'œil n'étant pas assez convergent, l'image des objets rapprochés va se former au delà de la rétine; mais si les objets s'éloignent, l'image se rapproche de la rétine (478), et lorsqu'ils sont à une distance convenable, elle se forme exactement sur cette membrane; alors on voit nettement.

Le presbytisme se corrige au moyen de lunettes à verres convergents. Ces verres rapprochant les rayons avant leur entrée dans l'œil, il en résulte que si la convergence en est convenablement choisie, l'image peut se ramener exactement sur la rétine.

Il y a encore peu d'années qu'on faisait uniquement usage de verres biconvexes pour les presbytes, et biconcaves pour les myopes. Wollaston proposa, le premier, de remplacer ces verres par des lentilles concaves-convexes C et F (fig. 339), qu'on place de manière que leurs courbures soient de même sens que celle de l'œil. Ces verres faisant voir plus nettement les objets éloignés qui entourent l'axe optique, on leur a donné le nom de *verres périscopiques*.

545. **Besicles.** — Les verres dont se servent les myopes et les presbytes se désignent sous le nom général de *besicles*. On grave ordinairement sur ces verres des numéros qui marquent, en pouces, leur distance focale.

On peut calculer le numéro que doit prendre un presbyte ou un myope, lorsqu'on connaît la distance à laquelle il voit distinctement. Pour les presbytes, on fait usage

de la formule $f = \frac{pd}{d-p}$ [1], dans laquelle f étant le numéro du verre qu'on doit

adopter, p est la distance de la vue distincte pour les vues ordinaires, laquelle est de 30 centimètres ou 11 pouces, et d la distance de la vue distincte de la personne affectée de presbytisme.

La formule [1] ci-dessus se tire de l'égalité $\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$ (486), en y remplaçant p' par d . On fait ici usage de la formule [6] du paragraphe 486, et non pas de la formule [5], parce que l'image qu'on voit dans les besicles étant du même côté que l'objet par rapport à la lentille, le signe de p' doit être contraire à celui de p , ainsi que cela a lieu pour les images virtuelles, d'après le paragraphe déjà cité.

Pour les myopes, on calcule f par la formule $\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = -\frac{1}{f}$, qui appartient aux lentilles divergentes (486), et qui donne $f = \frac{pd}{p-d}$ [2], en remplaçant p' par d .

Soit proposé, par exemple, de calculer le numéro des verres que doit adopter un presbyte pour lequel la distance de la vue distincte est 35 pouces, sachant que la distance de la vue distincte ordinaire est de 11 pouces. En faisant $p = 11$ et $d = 35$, dans la formule [1] ci-dessus, on trouve $f = \frac{35 \times 11}{35 - 11} = 16$.

Quant à la mesure de la distance de la vue distincte, on l'obtient avec une assez grande précision au moyen d'un petit appareil qu'on nomme *optomètre*.

546. **Diplopie.**— La *diplopie* est une affection de l'œil qui fait qu'on voit les objets doubles, c'est-à-dire qu'on en voit deux au lieu d'un. En général, les deux images se superposent presque entièrement, et l'une d'elles est beaucoup plus apparente que l'autre. La diplopie peut résulter du concours de deux yeux inégaux; mais elle peut aussi affecter un seul œil. Ce dernier cas est sans doute dû à quelque défaut de conformation dans le cristallin ou dans d'autres parties de l'œil, qui fait que le faisceau lumineux se bifurque et va former sur la rétine deux images au lieu d'une. Un seul œil peut même être affecté de *triplopie*; mais, dans ce cas, la troisième image est excessivement faible.

547. **Achromatopsie.**— On nomme *achromatopsie* une affection singulière qui nous rend incapables de juger des couleurs, ou du moins de certaines couleurs. Chez quelques personnes, en effet, l'insensibilité est complète, tandis que d'autres apprécient quelques couleurs. Les personnes atteintes de cette affection distinguent très-bien les contours des corps, les parties claires ou dans l'ombre, mais elles n'en distinguent pas les teintes.

D'Hombres-Firmas cite une personne affectée d'achromatopsie, qui avait peint dans son appartement, sur un dessus de porte, un paysage dont le terrain, les arbres, les maisons, les personnages étaient bleus. Un visiteur lui ayant demandé pourquoi elle n'avait pas donné à chaque objet sa couleur propre, elle répondit qu'elle avait voulu assortir la couleur de son dessin à celle de son ameublement; or, celui-ci était rouge.

On désigne aussi l'achromatopsie sous le nom de *daltonisme*, parce que Dalton, qui l'a décrite avec soin, en était affecté.

* CHAPITRE VII.

SOURCES DE LUMIÈRE, PHOSPHORESCENCE.

548. **Diverses sources de lumière.**— Les diverses sources de lumière sont le soleil, les étoiles, la chaleur, les combinaisons chimiques, la phosphorescence, l'électricité et les phénomènes météoriques. Nous ne traiterons de ces deux dernières sources de lumière qu'aux articles *Electricité* et *Météorologie*.

L'origine de la lumière émise par le soleil et par les étoiles est inconnue; on admet seulement que la substance enflammée dont paraît entouré le soleil est gazeuse, parce que la lumière de cet astre, de même que celle qui est émise par les substances gazeuses enflammées, ne laisse apercevoir aucune trace de polarisation dans les lunettes polariscope (368).

Quant à la lumière développée par la chaleur, d'après M. Pouillet, les corps commencent à devenir lumineux, dans l'obscurité, à une température de 500 à 600 degrés, et au delà la lumière qu'ils émettent est d'autant plus vive, que leur température est plus élevée.

C'est par les hautes températures qui les accompagnent qu'un grand nombre de combinaisons chimiques donnent naissance à un dégagement de lumière. Telle est la cause des lumières artificielles utilisées pour l'éclairage; car, ainsi qu'on

l'a déjà vu, les flammes ne sont autre chose que des matières gazeuses chauffées au point d'être lumineuses (417).

Les corps devenant lumineux à une température élevée, le calorique semble alors se transformer en lumière, ce qui tendrait à prouver que ces deux agents doivent être rapportés à une seule et même cause, surtout si l'on observe qu'en général les rayons lumineux sont accompagnés de rayons calorifiques. Toutefois l'identité n'est pas complète, car on connaît plusieurs substances qui peuvent luire dans l'obscurité sans dégager de chaleur, ou, si elles en dégagent, ce n'est qu'en quantité inappréciable aux instruments thermométriques les plus sensibles. Cette propriété va être décrite sous le nom de *phosphorescence*.

549. **Phosphorescence, ses sources.**— La *phosphorescence* est la propriété que possèdent un grand nombre de substances d'émettre de la lumière lorsqu'on les place dans certaines conditions.

M. Ed. Becquerel, qui a fait une étude approfondie de la phosphorescence, et est arrivé à des résultats extrêmement remarquables, rapporte ce phénomène à cinq causes :

1^o La *phosphorescence spontanée*, dans certains végétaux et dans certains animaux; par exemple, elle est très-intense chez le fulgore (porte-lanterne) et chez le lampyre (ver luisant), et l'éclat de leur lumière varie sous l'empire de leur volonté. De même, dans les régions tropicales, la mer est souvent couverte d'une lumière phosphorescente assez vive qui est due à des zoophytes d'une extrême petitesse. Ces animalcules répandent une matière lumineuse si subtile, que MM. Quoy et Gaimard, pendant un voyage sous l'équateur, en ayant placé deux dans un bocal rempli d'eau, le liquide devint immédiatement lumineux dans toute sa masse.

2^o La *phosphorescence par élévation de température*, qui se manifeste surtout dans certains diamants et dans les variétés de spath fluor, qui, chauffé à 300 ou 400 degrés, devient tout à coup lumineux et répand une lueur blénaître assez vive.

3^o La *phosphorescence par effets mécaniques*, tels que le frottement, la percussion, le clivage, etc. Par exemple, lorsque, dans l'obscurité, on frotte deux cristaux de quartz l'un contre l'autre, ou qu'on casse un morceau de sucre.

4^o La *phosphorescence par l'électricité*, comme celle qui résulte du frottement du mercure contre le verre dans l'intérieur du tube barométrique, et surtout des étincelles électriques provenant, soit d'une machine électrique ordinaire, soit d'une batterie, soit d'une bobine de Ruhmkorff, appareil qui sera décrit en traitant de l'induction.

5^o Enfin, la *phosphorescence par insolation*, c'est-à-dire par l'action de la lumière solaire, ou de la lumière diffuse de l'atmosphère. Un grand nombre de substances, après avoir été ainsi exposées à l'action de la lumière, brillent dans l'obscurité, d'une vive lueur, dont la teinte et l'intensité dépendent de la nature et de l'état physique de ces substances. C'est ce genre de phosphorescence que nous allons surtout faire connaître en résumant les travaux de M. Ed. Becquerel.

350. **Phosphorescence par insolation.**— Ce genre de phosphorescence a d'abord été observé, en 1604, dans le *phosphore de Bologne* (sulfure de barium); mais M. Ed. Becquerel a retrouvé cette propriété dans un grand nombre d'autres substances. Celles qui la présentent au plus haut degré sont les sulfures de calcium, de barium et de strontium. Quand elles sont bien préparées, ces substances, après l'insolation, peuvent luire pendant plusieurs heures dans l'obscurité. Or, cette lueur se produisant dans le vide comme dans les gaz, on ne peut l'attribuer à une action chimique, mais plutôt à une modification temporaire qui prend naissance sous l'influence de la lumière.

Après les sulfures cités ci-dessus se placent, quant au degré de phosphorescence, un grand nombre de diamants (surtout les jaunes) et la plupart des échantillons de spath fluor; puis l'aragonite, les calcaires concrétionnés, la craie, la chaux phosphatée, arséniatee, sulfatée; le nitrate de chaux et le chlorure de calcium desséchés; le cyanure de calcium; un grand nombre de sels à base de