

CHAPITRE V

VISION. — INSTRUMENTS D'OPTIQUE. — VITESSE DE LA LUMIÈRE.

I. -- VISION.

817. **Structure de l'œil.** — Le globe de l'œil offre, chez l'homme, à peu près la forme d'une sphère : la figure 645 en représente une coupe, par un plan vertical dirigé d'avant en arrière. — L'enveloppe de ce globe est formée, pour la plus grande partie de sa surface, par une membrane blanche et opaque SS, à laquelle sa consistance a fait donner le nom de *sclérotique* (σκληρός, dur). — A la partie antérieure, la sclérotique est remplacée par une membrane incolore et transparente C, dont la surface a la forme d'une portion de sphère, d'un rayon plus petit que celui de la sclérotique :

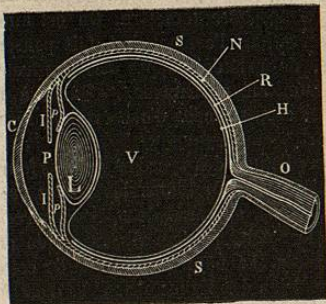


Fig. 645. — Coupe du globe de l'œil.

on lui donne le nom de *cornée transparente*, pour la distinguer de la sclérotique qu'on nomme aussi quelquefois *cornée opaque*.

A l'intérieur du globe, derrière la cornée et à une petite distance, se trouve une cloison membraneuse verticale, perpendiculaire à l'axe de l'œil : c'est l'*iris* I, I, percé en son centre d'une ouverture circulaire, la *pupille* P. La membrane de l'iris offre, chez les divers individus, des colorations différentes, variant du bleu au brun le plus foncé. — Derrière la pupille, à une très petite distance, se trouve une lentille convergente, le *cristallin* L : cette lentille est formée de couches

superposées, dont les indices de réfraction vont en croissant des parties superficielles aux parties profondes ; elle est contenue dans une poche membraneuse et diaphane, qu'on nomme la *capsule du cristallin*, et maintenue en avant par les *procès ciliaires* p, p.

La cavité du globe est ainsi séparée, par le cristallin et les procès ciliaires, en deux cavités n'offrant entre elles aucune communication. — La première, située en avant du cristallin, est remplie d'une humeur limpide et incolore, l'*humeur aqueuse*. — La seconde, qui occupe les deux tiers postérieurs de l'œil, renferme un liquide plus consistant : c'est l'*humeur vitrée*, entourée par la *membrane hyaloïde* H.

Enfin, par la partie postérieure de l'œil, pénètre un nerf remarquable par sa grosseur, le *nerf optique* O. Ce nerf, après avoir traversé la sclérotique, s'épanouit en une membrane mince, la *rétilne* R : celle-ci est séparée de la sclérotique, dont elle suit le contour, par une couche de matière noire ou *pigment*, supportée par une membrane intermédiaire, la *choroïde* N.

818. **Actions exercées par les diverses parties de l'œil sur les rayons lumineux.** — Considérons des rayons lumineux émis par un point extérieur. La cornée transparente C, ayant partout une épaisseur sensiblement constante, se comporte comme une lame à faces parallèles, et tout se passe comme si les rayons pénétraient de l'air dans l'humeur aqueuse : chacun de ces rayons est dévié vers l'axe de l'œil. — Les rayons qui ont ainsi pénétré n'arrivent pas tous au cristallin ; l'iris remplit le rôle d'un diaphragme (786), et intercepte ceux qui seraient trop distants de l'axe : c'est la diffusion de ces rayons sur l'iris qui rend cette membrane visible à l'extérieur, avec la coloration qui lui est propre (*).

Le cristallin, placé entre deux milieux dont les indices de réfraction sont peu différents, agit comme une lentille convergente sur les rayons qui ont traversé la pupille, c'est-à-dire qu'elle les fait converger davantage (**). — Enfin ces rayons vont rencontrer la rétine : l'impression produite sur cette membrane nerveuse est transmise par le nerf optique, et donne naissance à la sensation lumineuse.

819. **Formation des images au fond de l'œil.** — Si l'on prend

(*) L'ouverture de la pupille éprouve des variations de grandeur qui sont surtout en rapport avec l'éclat de la lumière qui arrive à l'œil. Lorsque l'on considère avec attention un œil fixé sur un objet peu lumineux, on constate que l'ouverture de la pupille s'agrandit, de manière à laisser arriver sur le cristallin le plus grand nombre possible de rayons. Au contraire, quand l'œil regarde un objet très brillant, la pupille se resserre, afin de diminuer la quantité de lumière qui, en arrivant sur la rétine, produirait sur elle une impression pénible.

(**) Le cristallin étant formé de couches successives, dont l'indice de réfraction va en décroissant à mesure qu'elles s'éloignent du centre, les rayons les plus distants de l'axe sont moins déviés que si la lentille présentait partout le même indice de réfraction qu'au centre. On conçoit donc que les rayons émanés d'un même point puissent concourir en un foyer, sans aberration de sphéricité appréciable.

un œil de bœuf et que, après avoir aminci la sclérotique jusqu'à la rendre transparente à sa partie postérieure, on place une bougie à 50 ou 40 centimètres en avant de la cornée; on voit, en regardant par derrière, se peindre sur le fond de l'œil une petite image *renversée* de la bougie.

L'ensemble des milieux de l'œil se comporte donc comme un *système convergent*, qui concentre, sur les divers points de l'écran formé par la rétine, les rayons lumineux émanés des divers points d'un objet placé en avant. Les rayons émis par un point P, placé sur l'axe même de l'œil (*fig. 646*), viennent faire leur foyer en un point P' situé sur ce même axe; les rayons émanés d'un point A, placé à une petite distance de l'axe, viennent converger en un point A', situé sur un axe secondaire passant par le point A; il en est de même des rayons émis par le point B, ou par les autres points d'un objet AB. Quant au centre optique C, par lequel passent ces axes secondaires, on est conduit à admettre qu'il est situé un peu au delà de la seconde surface du cristallin.

La construction géométrique s'accorde avec l'expérience pour montrer que l'image est *renversée*, et plus petite que l'objet. Malgré ce *renversement de l'image*, nous voyons les objets dans leur situation véritable. Il en faut simplement conclure que les éléments nerveux de la rétine et du nerf optique possèdent des propriétés physiologiques telles, que si un point A' de la rétine se trouve au point de concours d'un faisceau lumineux convergent, nous *rapportons* la position du point extérieur, d'où émane le faisceau divergent qui lui a donné naissance, en l'un des points de l'axe secondaire A'CA : il en est de même de B' et de tous les autres points de la rétine (*).

820. Vision à différentes distances. — Distance minimum de la vision distincte. — L'expérience de chaque jour montre que, pour les vues ordinaires, la vision peut être nette, pour des objets placés à des distances très diverses. — Nous voyons nettement des objets placés à une distance qu'on peut considérer comme infinie : c'est ainsi que, si l'atmosphère est bien transparente, la lune nous apparaît avec des contours arrêtés. Il en est encore de même pour les objets terrestres, placés à des distances de plus en plus petites. — Cependant la vision ne conserve sa netteté que si la distance ne devient pas inférieure à une limite déterminée, qui est de 15 à 20 centimètres pour les vues ordinaires, et qui varie avec les individus : c'est ce qu'on peut appeler la *distance minimum de la vision distincte*. — Quand la distance des

(*) Si quelques personnes croient trouver une difficulté dans la position *renversée* de l'image, c'est qu'elles tendent toujours à assimiler l'image formée sur la rétine aux images que nous obtenons sur des écrans extérieurs, et que nous percevons comme nous percevrions des objets. Cette assimilation n'a évidemment aucune raison d'être.

objets descend au-dessous de cette limite, leurs contours nous paraissent troubles et estompés, et tous les détails se confondent.

Or, les physiiciens et les physiologistes s'accordent à admettre que la vision ne peut avoir de netteté, qu'autant que les rayons lumineux forment, sur la rétine, *une image ayant elle-même une netteté parfaite*. Il reste donc à expliquer comment ces images peuvent continuer d'être nettes, pour des objets placés à des distances très différentes. Il est aujourd'hui démontré que, pour les vues ordinaires, l'œil est construit de façon à concentrer sur la rétine, naturellement et *sans effort*, les rayons émanés des objets *très éloignés*; mais que le même résultat est obtenu, pour des distances successivement décroissantes, par une *accommodation* particulière, dont le mécanisme réside principalement dans un changement de courbure des faces du cristallin, s'effectuant sous l'influence de contractions musculaires (*).

D'après cela, les diverses particularités de la vision à différentes distances sont faciles à concevoir : — Pour les objets très éloignés, la vision est nette, parce que l'image formée sur la rétine l'est elle-même, et cela, sans qu'il soit besoin d'aucun effort. Quant aux petits *détails* des objets, ils ne sont pas perceptibles, parce que l'image rétinienne totale est extrêmement petite par rapport à l'objet, et que les points de l'objet qui sont rapprochés les uns des autres forment leurs foyers en des points extrêmement voisins. Or, la rétine est constituée par des éléments nerveux qui ont des diamètres appréciables (0,003 de millimètre environ) : si un même élément correspond aux foyers de plusieurs points de l'objet, il ne peut transmettre qu'une impression unique et mixte. — L'objet se rapprochant jusqu'à la distance à laquelle on place des caractères d'imprimerie de dimension ordinaire pour lire sans fatigue, l'image peut encore conserver sa netteté, avec des modi-

(*) Ces changements de courbure peuvent être manifestés de la manière suivante. Lorsqu'on présente une bougie à l'œil d'une personne placée dans une chambre obscure, on distingue facilement, en regardant l'œil au moyen d'une loupe fixée au fond d'un tube, trois images de la bougie. — Celle de ces trois images qui est la plus rapprochée du spectateur est *droite et virtuelle* : c'est celle qui a été observée par tout le monde, et qui est formée par la réflexion des rayons sur la convexité de la cornée (764). Celle qui est la plus éloignée est également *droite et virtuelle*; elle est due à la réflexion sur la face antérieure du cristallin. Enfin, on aperçoit, entre les deux précédentes, une image *renversée et réelle* qui est produite par la réflexion sur la concavité de la face postérieure du cristallin (768, 1^{re}). — Or si, laissant toujours la bougie en présence de l'œil, on fait regarder successivement, à la personne en expérience, d'abord un objet très éloigné, puis un objet situé à 15 ou 20 centimètres, on voit la première image de la bougie rester fixe, ce qui indique que la cornée ne change pas de forme. Mais, au moment où l'œil se fixe sur l'objet rapproché, on voit la seconde image droite s'avancer vers le spectateur, ce qui prouve que la face antérieure du cristallin devient *plus convexe*; l'image renversée éprouve aussi un petit déplacement, accusant une faible variation de courbure de la face postérieure. — L'anatomie a démontré, dans les membranes qui assujettissent le cristallin, la présence de fibres musculaires, à la contraction desquelles peuvent être attribués ces changements de courbures.

le nom de *diamètre apparent* d'un objet linéaire AB (fig. 646), dans une position déterminée, l'angle ACB formé par les droites menées du centre optique de l'œil aux extrémités de l'objet.

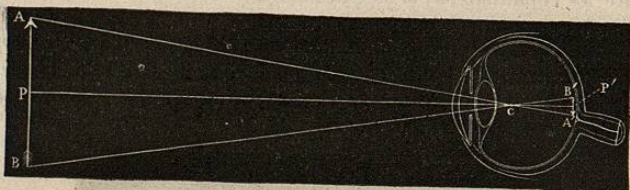


Fig. 646. — Diamètre apparent d'un objet.

Pour rendre compte de cette dénomination, concevons plusieurs objets tels que AB, placés à une même distance CP, et assez petits par rapport à CP pour que l'angle ACB soit toujours très petit lui-même. Pour chacun de ces objets, la dimension de l'image A'B' sur la rétine, dimension à laquelle il est naturel de donner le nom de *diamètre apparent*, est telle que l'on ait $\frac{A'B'}{CP'} = \frac{AB}{CP}$; or, $\frac{AB}{CP}$ n'est autre chose que le double de la tangente de l'angle ACP, ou sensiblement, eu égard à la petitesse des angles, la mesure de l'angle ACB lui-même. On peut donc écrire

$$A'B' = CP' \times \text{angle ACB};$$

on voit donc que, si la distance CP' reste constante, la dimension A'B' est proportionnelle à l'angle ACB (*). — Quand l'œil compare deux objets situés à une même distance, c'est par le rapport des diamètres apparents qu'il juge du rapport des grandeurs des objets eux-mêmes.

Remarquons enfin que, si un même objet est placé successivement à différentes distances, son diamètre apparent diminue à mesure qu'il s'éloigne. Il est donc impossible que l'œil apprécie, par la seule comparaison des diamètres apparents, les rapports de grandeurs de plusieurs objets situés à des distances différentes; avec cette notion seule, et sans la notion des *distances*, il serait exposé aux erreurs les plus grossières.

825. Angle optique. — Estimation des distances. — On nomme *angle optique*, l'angle formé par les axes des deux yeux, lorsqu'ils sont dirigés simultanément vers un même point.

Si l'on compare deux points placés à des distances différentes, l'angle optique correspondant au point le plus éloigné est le plus petit. — Or, pour chacun de nous, le sens du toucher a donné au sens de la vue une

(*) Cet angle reçoit encore quelquefois le nom d'*angle visuel*.

sorte d'éducation, d'après laquelle nous avons conscience de la valeur de l'angle que font les axes de nos deux yeux quand ils sont fixés, par exemple, sur un point situé à 50 ou 40 centimètres; à mesure que cet angle devient plus petit, nous jugeons que la distance du point augmente.

Mais ces évaluations deviennent tout à fait incertaines quand il s'agit de points très éloignés; l'angle optique est alors très petit, et ne varie plus que de quantités insensibles avec la distance. — C'est ainsi que nous ne pouvons nous faire aucune idée de la distance d'une étoile, ni même d'un phare placé sur une côte un peu éloignée.

824. Évaluation des grandeurs absolues des objets. — C'est en combinant les données qui nous sont fournies, d'une part sur les *diamètres apparents* des objets, d'autre part sur les *distances* qui nous en séparent, que nous jugeons de leur grandeur. — Ce jugement présente, en général, une certaine précision, lorsque le faible éloignement des objets nous permet d'en évaluer la distance avec assez d'exactitude. Aussi, apprécions-nous assez bien les dimensions des corps placés à quelques mètres de nous.

Lorsque les objets sont très éloignés, nous ne pouvons en apprécier la distance que d'une manière approximative: l'œil juge alors de la distance plus ou moins grande des objets par leur éclat relatif, la lumière qui arrive à l'œil, éprouvant dans l'atmosphère une absorption progressive qui en diminue l'intensité. Chaque observateur, selon l'expérience qu'il a pu acquérir, arrive ainsi à une sûreté de jugement plus ou moins grande. Ce jugement peut cependant être mis en défaut s'il a à s'exercer dans des contrées où l'atmosphère présente une transparence beaucoup plus grande ou beaucoup plus faible que celle de la contrée où l'éducation de l'œil s'est faite: on peut être amené à des erreurs d'évaluation considérables. — Lorsque, parmi les objets observés, il s'en trouve un de dimension connue, un homme, un cheval, etc., l'évaluation de la distance acquiert immédiatement une précision plus grande par la perception du diamètre apparent de cet objet lui-même. — C'est ce qui justifie l'emploi des objets animés dans la peinture de paysages, pour contribuer, avec les dégradations de teintes, à rendre plus complètes les illusions de perspective.

825. Unité de l'impression produite dans les deux yeux. — Lorsque nos deux yeux sont fixés simultanément sur un même point lumineux, nous ne voyons, en général, malgré la formation des deux images, qu'un seul point.

L'observation a montré que cette *unité d'impression* exige la réunion de deux conditions physiques: 1° que les axes des deux yeux convergent vers le point lumineux; 2° que les images produites sur les deux rétines occupent des positions rigoureusement correspondantes. — Si ces conditions ne sont pas simultanément réalisées, la sensation est double.

C'est ainsi, par exemple, que si l'on vient à déranger l'axe de l'un des yeux, en exerçant sur lui une légère pression, les objets paraissent doubles. C'est ainsi encore que, si nos deux yeux sont dirigés vers un point situé à une distance déterminée, dans le plan de symétrie de notre corps, tout point situé dans ce même plan, à une distance plus grande ou plus petite, nous paraît double.

826. **Appréciation du relief. — Stéréoscope.** — Les corps qui présentent des reliefs, lorsqu'ils sont placés à une petite distance, ne produisent pas dans les deux yeux des images identiques : les deux yeux n'ayant pas la même position par rapport à l'objet, l'un d'eux peut découvrir certains points qui sont masqués pour l'autre, et réciproquement. — Ce sont ces deux sensations, produites *simultanément* par deux images un peu différentes, qui donnent lieu à la perception des reliefs.

La meilleure preuve qu'on en puisse fournir est l'illusion qu'on éprouve, quand on a laissé quelques instants les yeux fixés sur les images du *stéréoscope*. — Les deux images que l'on place dans l'instrument, en face des verres grossissants, ne sont pas identiques : elles reproduisent les deux aspects sous lesquels on aurait vu les objets, placés à une distance convenable, en les fixant *successivement* avec chacun des deux yeux. L'effet de l'instrument est de diriger les rayons provenant de ces deux images, comme s'ils partaient d'un objet unique situé entre elles, et à une distance telle que la vision soit distincte. On sait que l'illusion du relief est complète, quand les images sont bien construites et quand l'instrument est adapté à la vue de l'observateur

II. — INSTRUMENTS D'OPTIQUE.

827. **Microscope solaire.** — Le microscope solaire est destiné à donner des images réelles et considérablement agrandies d'objets très petits.

La partie essentielle de l'appareil est une lentille convergente LL' (fig. 647) ayant une très petite distance focale principale; f et f' sont ses deux foyers. L'objet AB est placé en face de cette lentille, à une distance CP un peu supérieure à la distance focale principale Cf' : il se forme une image réelle et renversée $A'B'$, beaucoup plus grande que l'objet : on la reçoit sur un écran, dans la chambre obscure où sont placés les spectateurs (*).

La lentille PQ et le miroir MN constituent un *système éclairant*. En

(*) La figure 647 représente la marche des rayons lumineux. Parmi les rayons émanés du point A , on a figuré, en particulier, celui qui est parallèle à l'axe principal; après réfraction, il passe au foyer f , et rencontre l'axe secondaire ACA' au point A' , où se fait l'image du point A . L'image du point B a été déterminée de la même manière.

effet, l'image $A'B'$ étant beaucoup plus grande que l'objet, et n'étant formée que par le concours des rayons émis par l'objet sur la lentille LL' , il est indispensable d'éclairer fortement l'objet, pour que l'image ait un éclat suffisant. — Les rayons du soleil, reçus sur le miroir plan MN qui est placé à l'extérieur de la pièce où se fait l'observation, sont réfléchis sur la lentille PQ , qui les concentre dans une très petite

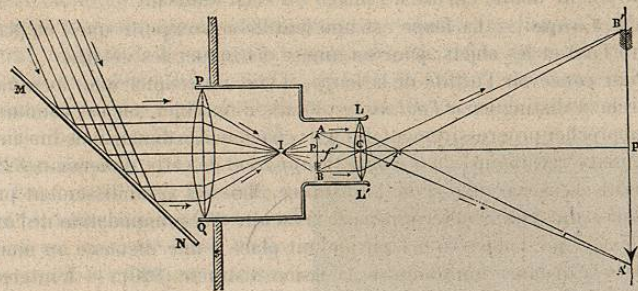


Fig. 647. — Microscope solaire.

région I . On place l'objet AB un peu au delà de cette région; les rayons transmis ou diffusés par l'objet viennent alors tomber sur la lentille LL' (*). L'objet est fixé entre deux lames de verre, maintenues par un *porte-objet* dont on fait varier la distance à la lentille LL' de manière à *mettre au point*, c'est-à-dire à obtenir, sur l'écran placé dans une position déterminée, une image aussi nette que possible.

On appelle *grossissement linéaire* le rapport de deux dimensions homologues de l'image et de l'objet. — Pour le mesurer, on introduit dans l'appareil, à la place de l'objet AB , un *micromètre* consistant en une petite lame de verre sur laquelle le constructeur a tracé, à l'aide d'une machine spéciale, des traits distants entre eux d'un centième de millimètre. Si l'on trouve que la distance des images de deux traits consécutifs, sur l'écran, est de 2 millimètres, on en conclura que le grossissement linéaire est représenté par 200.

Si l'on veut en déduire le *grossissement superficiel*, c'est-à-dire le rapport entre la surface de l'image et celle de l'objet, on remarquera que, l'image et l'objet étant des figures semblables, le rapport de leurs surfaces est égal au rapport des carrés de leurs dimensions homologues; en d'autres termes, le grossissement superficiel est exprimé par le *carré du grossissement linéaire*. Ainsi, dans l'exemple précédent, le grossissement superficiel serait représenté par 40 000.

La *lanterne magique*, dont l'invention, due au P. Kircher, remonte au

(*) A défaut de la lumière solaire, on peut employer des lumières artificielles d'une grande intensité, comme la lumière de Drummond ou la lumière électrique.

dix-septième siècle, repose sur les mêmes principes que le microscope solaire; elle donne des images réelles et amplifiées de divers objets, peints ou photographiés sur des lames de verre. — L'éclaircissement est produit par une lampe ordinaire, munie d'un réflecteur, et par une lentille convergente qui concentre la lumière sur la lame de verre. Le grossissement étant beaucoup moindre que celui du microscope solaire, cet éclaircissement donne encore à l'image un éclat suffisant.

828. **Loupe.** — La loupe est une lentille convergente que l'on place entre l'œil et les objets, pour en mieux distinguer les détails.

Pour concevoir l'utilité de la loupe, il faut remarquer que, lorsqu'on cherche à distinguer à l'œil nu les détails d'un objet, on est conduit à le rapprocher progressivement de l'œil: chacune des dimensions linéaires de l'image rétinienne, ou le *diamètre apparent* de cette dimension (822), grandit en raison inverse de la distance, Mais cet agrandissement progressif a une limite, déterminée par la faculté d'accommodation de l'œil, qui exige que l'objet vu à l'œil nu soit placé à une distance au moins égale à la distance minimum de la vision distincte (820). — L'interposition de la loupe a pour effet de substituer à l'objet une image virtuelle dont le diamètre apparent est supérieur à celui qu'aurait l'objet s'il était placé à la même distance.

Soient LL' une lentille convergente (fig. 648), C son centre optique, F

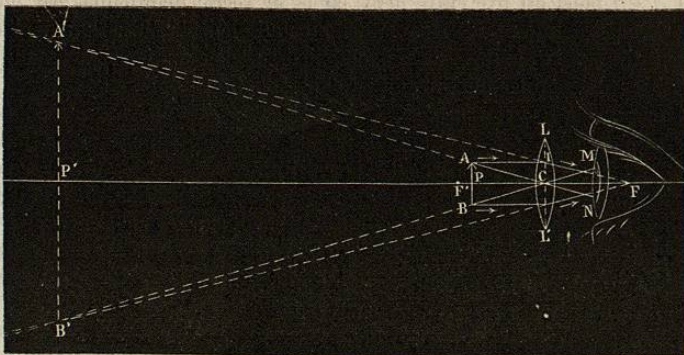


Fig. 648. — Formation des images dans la loupe.

et F' ses foyers principaux. D'après ce qu'on a vu (794, 5°), pour qu'un objet AB donne une image virtuelle, il faut que la distance CP soit moindre que la distance focale principale CF'. La figure 648 indique la construction géométrique des deux extrémités de cette image. L'œil, étant placé le plus près possible de la loupe, reçoit la plus grande partie des faisceaux lumineux émis par les divers points de AB, et transmis par la lentille, comme s'ils émanaient des points correspondants

de A'B'. — Or, en se reportant à la figure 628, on voit que, si l'on fait varier CP depuis CF' jusqu'à zéro, la distance CP' varie depuis l'infini jusqu'à zéro. On peut donc toujours, par tâtonnements, régler la distance CP de l'objet à la lentille, jusqu'à ce que la distance de l'œil à l'image A'B' soit égale à la distance minimum de la vision distincte. C'est ce que l'on appelle *mettre l'image au point*. — La figure 648 suppose cette condition réalisée.

829. **Grossissement de la loupe.** — Nous appellerons *grossissement linéaire* de la loupe, le rapport des *diamètres apparents* de deux dimensions homologues de l'image et de l'objet, en supposant que l'image soit placée à la distance minimum de la vision distincte, et que l'objet soit vu à l'œil nu à la même distance.

Pour calculer le grossissement, nous supposons que l'œil est placé très près de la loupe, de manière que le centre optique de l'œil et celui de la lentille se confondent sensiblement.

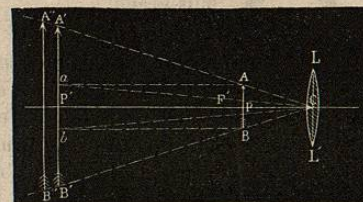


Fig. 649.

Soient AB (fig. 649) une dimension de l'objet, A'B' la dimension homologue de l'image virtuelle, placée à une distance CP' égale à la distance minimum de la vision distincte. Reportons AB à la même distance, en ab; le grossissement, tel que nous venons de le définir, aura pour expression $\frac{A'CB'}{aCb}$, ou $\frac{A'CP'}{aCP'}$. Mais, les angles A'CP' et aCP' étant assez petits, on peut remplacer leur rapport par celui de leurs tangentes $\frac{A'P'}{P'C}$ et $\frac{aP'}{P'C}$; en supprimant alors le diviseur commun P'C, il vient

$$G = \frac{A'P'}{aP'} = \frac{A'P'}{AP} = \frac{A'B'}{AB}$$

Le grossissement peut donc, dans ce cas, s'estimer par le rapport entre les *grandeurs* de deux dimensions homologues de l'image et de l'objet. Or, les triangles semblables ACB et A'CB' donnent $\frac{A'B}{AB} = \frac{CP'}{CP}$; si donc on désigne par D la distance minimum de la vision distincte, et par p la distance CP, on a exactement $G = \frac{D}{p}$; enfin, si l'on remarque que p diffère peu de la distance focale principale f, on pourra prendre, comme mesure approchée du grossissement linéaire,

$$G = \frac{D}{f}$$

On voit que le grossissement est d'autant plus grand, pour une même personne, que la distance focale f est plus petite, ou, comme on dit vulgairement, que la loupe est à *plus court foyer*.



Fig. 650. — Loupes.

— Mais on ne peut diminuer la distance focale d'une lentille mince, qu'en augmentant la courbure de ses faces, et en diminuant son diamètre (le plus ordinairement, le diamètre de la loupe est à peu près égal à la moitié de sa distance focale). Dès lors, les loupes qui présentent un grand diamètre, comme B (fig. 650), sont des loupes peu grossissantes; celles qui ont un petit diamètre, comme A, donnent un grossissement plus grand.

Quand on emploie des loupes très grossissantes, comme celles qui servent à certaines observations d'histoire naturelle, on les fixe ordinairement à un support, au-dessus d'un *porte-objet* dont on peut régler la distance à la loupe au moyen d'une crémaillère. L'appareil ainsi construit reçoit quelquefois le nom de *microscope simple*.

850. **Puissance de la loupe.** — L'expression exacte du grossissement est, comme on vient de le voir, $G = \frac{D}{p}$. Si l'on remarque que les points P et P' (fig. 649), sont conjugués, on a :

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{D} = \frac{1}{f}, \quad \text{d'où} \quad \frac{D}{p} = \frac{D}{f} + 1.$$

La valeur exacte du grossissement, $G = \frac{D}{f} + 1$, montre que, avec une même loupe, le grossissement augmente à mesure que D augmente; il semble, alors que chaque observateur devrait faire en sorte que l'image se formât à la plus grande distance compatible avec sa vue. — La pratique montre, au contraire, que chaque observateur, une fois l'œil placé derrière la loupe, tend à placer l'objet de manière à rapprocher l'image à la distance minimum de sa vision distincte.

Cela tient à ce que chaque observateur cherche, en réalité, à voir une dimension déterminée de l'objet sous le plus grand angle possible; la *puissance* d'une loupe, pour chaque observateur, peut donc être définie par le *plus grand diamètre apparent* sous lequel elle lui permet de voir l'unité de longueur prise sur l'objet. — Or l'unité de longueur prise sur l'objet, acquiert dans l'image une grandeur égale à G; par suite, son diamètre apparent a pour mesure $\frac{G}{D}$. — En remplaçant D par sa valeur $\frac{D}{f} + 1$, on est ainsi conduit à représenter la puissance P de la loupe par l'expression

$$P = \frac{1}{f} + \frac{1}{D}.$$

Cette expression, bien mieux que le grossissement G, est propre à faire juger du degré d'utilité d'une loupe. — On comprend ainsi que, pour un même observateur, il y a avantage à donner à D la plus petite valeur possible. On voit également que les vues myopes sont plus avantageuses que les vues presbytes, pour les observations à la loupe.

851. **Défaut d'achromatisme de la loupe simple.** — **Loupes composées.** — La marche des rayons lumineux qui traversent une loupe semble indiquer, au premier abord, que l'achromatisme doit se produire de lui-même, et que jamais les images ne doivent paraître irisées. Si, en effet, l'image formée par les rayons rouges partis du point A (fig. 649) vient se faire en un point A' de l'axe secondaire AC, l'image formée par les rayons violets partis du même point devra se produire en un point A'' du même axe secondaire. Le centre optique de l'œil étant supposé très près du point C, les deux images du point A seront vues dans la même direction CAA'' et paraîtront se superposer. — Cependant, l'expérience montre que les contours des images données par la loupe sont toujours irisés. Or, ces irisations sont d'autant plus marquées que les courbures des deux faces sont plus prononcées; cette dernière observation montre que le défaut d'achromatisme est dû à l'aberration de sphéricité (786), laquelle n'est pas la même pour les rayons rouges que pour les rayons violets.

En employant, au lieu d'une lentille unique, une *loupe composée*, c'est-à-dire un système de deux lentilles présentant des courbures moindres, et fixées à peu de distance l'une de l'autre, on peut obtenir, avec un même grossissement, des images bien moins irisées.

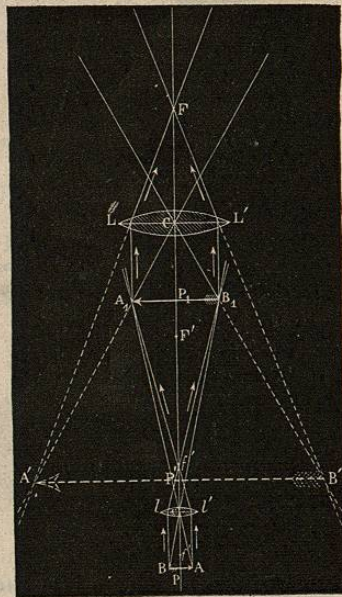


Fig. 651. — Formation des images dans le microscope composé.

852. **Microscope composé.**

— Le *microscope composé* est formé par la réunion d'un *objectif* convergent, disposé de manière à donner une image réelle, plus grande que l'objet, et d'un *oculaire* fonctionnant par rapport à cette image comme une loupe, c'est-à-dire lui substituant une image virtuelle qui est encore agrandie (*).

(*) L'invention du microscope composé remonterait, suivant certains auteurs, à la fin du seizième siècle, et serait due au lunettier Zacharias Jansen, de Middlebourg; d'autres l'attribuent au naturaliste Leuwenhoek, dont les travaux datent de la fin du dix-septième siècle.