

ces rayons est réfléchi et retourne dans la direction incidente, si la surface est plane et perpendiculaire à ces rayons, ou bien elle suit les lois de la réflexion sur les miroirs, si la surface d'entrée est convexe ou concave; la lumière, en d'autres termes, paraît former en avant de la lentille une image assez vive de l'objet, tantôt droite, tantôt renversée, suivant que la surface est concave ou convexe⁴. Ces réflexions sur les surfaces vitreuses et les pertes de lumière qui en résultent doivent être appréciées des micrographes, d'abord au point de vue de la construction du microscope et ensuite parce qu'elles peuvent servir à reconnaître *a priori* le foyer des verres de courbures différentes. En effet, nous avons vu que, plus une lentille grossit, plus est petite l'image qu'elle fournit à son foyer, et les surfaces convexes constituant cette lentille seront donc d'autant plus convexes que la lentille est plus forte et par suite les images fournies par la réflexion sur leurs surfaces seront proportionnelles aux foyers des lentilles; c'est-à-dire qu'elles seront très-petites, si le foyer de celle-ci est très-court et très-grandes si la distance focale est considérable. La figure 33 montre les images d'une fenêtre que les surfaces de deux lentilles d'oculaires doubles l'une de l'autre forment quand on les tourne vers

⁴ La figure 32 montre les deux images produites par réflexion sur les surfaces d'une lentille plano-convexe; le côté convexe tourné en l'air (le verre d'un oculaire de microscope, par exemple). La petite image, qui est la plus lumineuse est produite par la surface convexe, la plus grande résultant de la réflexion sur la surface plane et de la modification qu'éprouvent les rayons en traversant la surface convexe que nous supposons antérieure, ainsi qu'elle serait disposée dans un oculaire de microscope. L'intensité de ces réflexions dépend de l'indice de réfraction du verre. Plus le verre sera réfringent et plus l'image sera lumineuse plus, autrement dit, il y aura de lumière perdue à l'entrée des rayons dans le milieu le plus réfringent. Dans un objectif de microscope, la réflexion est assez prononcée sur les différentes surfaces des lentilles pour être évaluée. On peut s'en assurer en plaçant, au lieu d'un objet sur la platine d'un microscope, le bord d'un carton noirci se projetant sur la moitié de l'objectif, l'autre moitié recevant les rayons du miroir qui aurait éclairé l'objet. A l'aide de quelques mouvements du miroir, on parviendra à faire peindre sur le carton les faisceaux lumineux rasant le bord, et qui, réfléchis par les premières surfaces des lentilles, donnent une idée de la valeur des rayons perdus par les réflexions sur les surfaces lenticulaires. Nous verrons, dans la description de l'immersion des objectifs, que, si on pouvait supprimer ces réflexions, on augmenterait notablement la quantité de lumière.



Fig. 32.

celle-ci. L'application de ces notions se fera immédiatement dans le cas où on aurait dévissé et mélangé les verres inférieurs des trois ou quatre oculaires d'un microscope. L'inspection immédiate de leurs surfaces convexes tournées en l'air et placées sur une table à un mètre environ d'une fenêtre, indiquera par la grandeur proportionnelle de l'image de celle-ci les proportions de leur foyer, et permettra de replacer ces lentilles dans leur ordre.

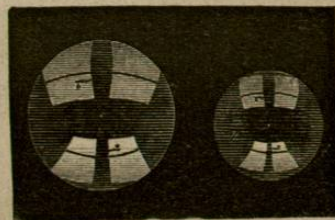


Fig. 33.

CHAPITRE II

Des microscopes simples ou des loupes et des doublets.

128. Les microscopes simples se composent ordinairement d'une seule lentille, ou d'une combinaison de lentilles, agissant immédiatement sur les rayons lumineux, et transmettant à l'œil l'image amplifiée sans la renverser.

Sur la détermination du foyer et de la grandeur des images formées par des lentilles ou loupes.

129. Pour déterminer pratiquement le foyer d'une lentille, on la place devant une croisée et on cherche à faire peindre sur un écran blanc l'image de la fenêtre et des objets qui peuvent être vus à l'horizon. Plus les objets sont éloignés, plus on arrive exactement à donner le chiffre du foyer principal, c'est-à-dire le point de concours de tous les rayons venant de l'infini. Généralement, on admet d'après Newton, qu'un objet placé à une distance dix mille fois plus grande que la distance focale d'une lentille, peut être considéré comme situé à l'infini. Mais il n'est pas besoin, dans la pratique, de prendre un objet ou une mire à une si grande distance. Entre un objet suffisamment éloigné et l'infini, il n'y a pas un grand écart de foyer; pour toutes les lentilles employées dans le microscope et qui varient de 6 centimètres à quelques millimètres de distance focale principale, une mire ou un objet placé à une distance de 15

à 30 mètres, donnera une image au foyer de la lentille pour ainsi dire mathématique.

130. Plusieurs appareils ont été construits pour donner en millimètres et fractions cette longueur. Un des meilleurs est le *focomètre de Silbermann*, décrit dans la plupart des traités de physique. Les micrographes ayant surtout besoin de se familiariser avec la grandeur des images, ce point seul nous occupera. Dans la figure 34, deux

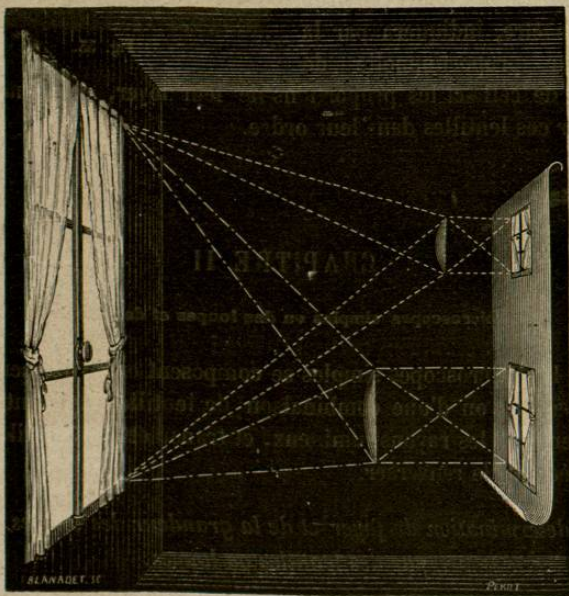


Fig. 34.

lentilles sont représentées faisant foyer sur un écran. On voit que la plus petite et aussi la plus convexe donnera une image plus petite et conséquemment plus rapprochée d'elle-même; la grande, dont le rayon de courbure est environ deux fois plus grand, donnera une image double en diamètre et située à une distance proportionnelle. En d'autres termes, c'est la plus faible des deux et celle qui grossit le moins. En général, les commençants sont enclins à penser que les images formées par les grandes loupes sont les plus grossies; mais on ne doit jamais oublier qu'une lentille doit être considérée à deux points de vue: 1° comme collecteur de rayons, et 2° comme appareil grossissant; que celle qui grossit le plus fournira sur l'écran la plus petite image des objets observés. Reprenons en

sens inverse la marche des rayons dans la figure et supposons que les petites fenêtres qui sont représentées sur l'écran sont des objets placés devant les deux lentilles agissant comme loupes grossissantes ou microscopes; les images se formeront là où est la véritable fenêtre. Or, on voit de suite que la plus petite lentille devra être la plus grossissante pour former une image semblable avec un objet plus petit, sans préjudice pour les variations de grossissements qu'on peut faire subir à une image en éloignant de la lentille, plus ou moins, l'objet qu'elle représente.

Si nous supposons l'objet A (fig. 35) partant de l'infini pour s'ap-

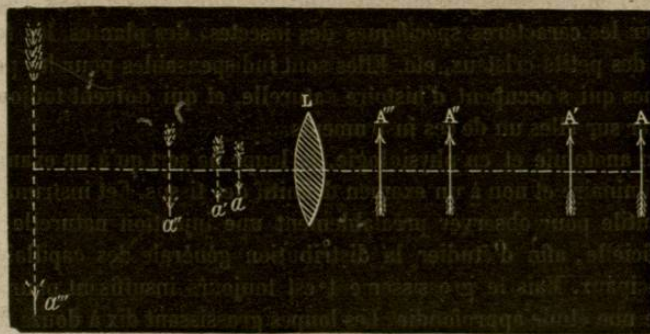


Fig. 35.

procher graduellement de la lentille L jusqu'à une certaine limite de rapprochement, l'image formée en a ne paraîtra pas quitter l'écran placé au foyer principal de la lentille; mais, aussitôt que l'objet atteindra une région rapprochée (vers A' , par exemple), son image grandira et s'éloignera en a jusqu'à ce que, arrivée en A' , la distance de la lentille L à A'' étant le double de la longueur focale principale, l'image se reproduira de l'autre côté de la lentille, à une même distance et de même grandeur en a'' ; puis l'objet continuant de s'avancer, l'image produite grandira en s'éloignant et en suivant une progression excessivement rapide. Arrivée à une distance presque égale au foyer de la lentille en A''' , l'image située en a''' sera considérablement grossie. Plus près, il n'y aura plus formation d'image. On voit donc que l'image formée par la lentille croîtra et s'éloignera à mesure que l'objet s'en rapproche; mais quelque loin qu'il soit placé, il n'y aura pas d'image formée plus près qu'une certaine distance qui est le foyer principal; on voit d'autre part qu'il n'y aura pas formation d'image amplifiée si l'objet s'approche de la lentille

jusqu'à une distance moindre que la longueur du foyer de celle-ci. Les rayons réfractés par la lentille se séparent tellement qu'il n'y a plus réunion de tous les faisceaux ; mais, si on place l'œil derrière cette lentille, une image de l'objet paraissant située à une distance beaucoup plus grande, sera formé sur la rétine. C'est alors qu'on a ce qui caractérise une *loupe*.

ARTICLE 1^{er}. — DES PRINCIPALES VARIÉTÉS DE LOUPES
ET DE LEURS USAGES.

151. Les loupes sont utiles, pour avoir une idée générale des objets, en entomologie, en botanique, en minéralogie; pour déterminer les caractères spécifiques des insectes, des plantes, les formes des petits cristaux, etc. Elles sont indispensables pour les personnes qui s'occupent d'histoire naturelle, et qui doivent toujours porter sur elles un de ces instruments.

En anatomie et en physiologie, la loupe ne sert qu'à un examen préliminaire et non à un examen définitif des tissus. Cet instrument est utile pour observer préalablement une injection naturelle ou artificielle, afin d'étudier la distribution générale des capillaires principaux. Mais le grossissement est toujours insuffisant pour en faire une étude approfondie. Les loupes grossissant dix à douze fois ont déjà un champ trop peu étendu et un foyer trop court pour être faciles à employer ; il faut, du reste, ordinairement, un pouvoir amplifiant plus considérable pour arriver à de bons résultats à cet égard. C'est au microscope à dissection qu'il faut recourir, instrument qui remplit d'une manière favorable les deux conditions précédentes, et permet de placer les préparations sous l'eau, ce qu'il est indispensable de faire dans la plupart des cas, surtout lorsqu'il s'agit d'une surface couverte de villosités, etc.

Les loupes servent aussi à examiner les orifices glandulaires à la surface des membranes, les filets nerveux, etc.

152. Quoique toujours construit sur le même principe, le microscope simple ou loupe peut subir de nombreuses modifications dans sa forme et sa disposition, suivant qu'il est destiné à faire un examen général et passager des objets, ou qu'il doit servir à observer d'une manière complète et suivie.

Dans le premier cas, l'instrument se tient ordinairement à la main, et se compose d'une ou de plusieurs lentilles convergentes disposées et maintenues dans une monture appropriée. Dans le second cas, l'instrument, ayant une destination beaucoup plus éten-

due, se compose d'un support muni d'un miroir et de divers accessoires. Les loupes ou lentilles que l'on emploie alors sont construites d'une façon particulière, et se nomment *doublets*. L'instrument ainsi disposé porte le nom de *loupe montée* ou plus spécialement de *microscope simple*.

La loupe de la plus simple construction, employée pour l'observation habituelle, se compose d'une lentille biconvexe enchâssée dans une monture à recouvrement ; elle est d'un usage assez fréquent ; mais on emploie plus généralement, en histoire naturelle, deux ou trois loupes réunies dans la même monture, afin d'avoir des grossissements de plus en plus forts. Les microscopes des premiers observateurs qui ont usé de cet instrument n'étaient que de fortes loupes, à une seule lentille, très-petites et à un très-court foyer.

Lorsqu'on emploie ensemble deux loupes biconvexes, on peut les fixer aux deux extrémités d'une monture appropriée. De cette façon, l'instrument porte le nom de *loupe à deux bouts*. On peut aussi les placer dans une monture qui permet de les superposer ; on a alors l'avantage d'augmenter la série des grossissements que l'on obtenait en employant séparément chaque lentille. Dans ce cas, on leur donne généralement la forme plano-convexe, comme étant préférable à la figure biconvexe. C'est ainsi que sont construites les *biloupes* et les *triloupes*.

Afin d'obtenir plus de netteté, on intercale souvent entre les loupes des diaphragmes d'une ouverture appropriée.

Il faut, pour les différents cas qui peuvent se présenter, avoir des loupes grossissant depuis deux ou trois fois en diamètre jusqu'à huit ou dix fois ; du reste, les diverses espèces de ces instruments qu'on peut employer sont à peu près également bonnes, et l'on doit en laisser le choix à chaque anatomiste, suivant ses habitudes.

153. *Loupes de Brewster dites de Coddington*. — Le modèle à l'emploi duquel je me suis arrêté est celui des loupes formées d'un cylindre de verre dont les deux extrémités ont reçu la courbure appropriée au grossissement qu'on veut obtenir. Au milieu, le cylindre est échancre (fig. 56, c) circulairement dans une partie de son épaisseur, de manière à prendre la forme d'un sablier. La partie échancree du cylindre est noircie de manière à empêcher le passage des rayons lumineux ; elle joue ainsi le rôle d'un diaphragme qui ne laisse passer que les rayons du centre et éteint ceux de la circonférence. L'aberration de sphéricité est détruite à peu près complètement. Elles

ont l'avantage de faire perdre beaucoup moins de lumière que les loupes achromatiques, parce qu'elles ne présentent que deux surfaces de verre à traverser, au lieu de quatre comme ces dernières, tout en montrant les objets avec presque autant de netteté.

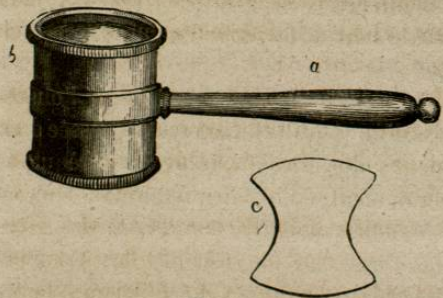


Fig. 56.

Le cylindre de verre échanuré est protégé par un cylindre creux en cuivre, (b) lequel porte un manche qui sert à les tenir pendant qu'on observe. Ce manche (a) permet de les adapter directement aux pinces de tous les portes-loupes. Elles deviennent très-utiles pour un grand nombre de dissections. Il en faut plusieurs pour les divers grossissements, de 2 à 3, 5 à 8, et 10 à 12 diamètres; mais celles qui donnent le grossissement moyen suffisent dans la presque totalité des cas, surtout pour disséquer les tissus, ou les animaux et les plantes de petit volume, mais cependant assez gros pour ne pas exiger l'emploi du microscope à dissection.

Les avantages que présente cette construction sont nombreux : le petit volume de l'instrument, son grossissement plus considérable, la netteté avec laquelle il permet de voir les objets, la facilité de s'en servir, le rendent applicable à une foule d'observations sur les corps transparents ou opaques.

154. Une autre loupe employée pour l'examen des corps transparents est celle dite de lord Stanhope. Elle se compose d'un cylindre de verre, dont l'une des surfaces, la plus plate, est au foyer de l'autre. Le petit cylindre est maintenu dans une monture d'argent, etc., munie d'un anneau qui permet de tenir commodément l'instrument. Pour s'en servir, il suffit d'appliquer sur la surface la plus plate un corps transparent, tel que des écailles de papillon, des pollens, et de placer l'œil près de l'autre surface. En dirigeant alors l'instrument sur le ciel ou sur un corps éclairé, on aperçoit l'image grossie de l'objet.

L'instrument est d'un très-petit volume et donne des amplifications d'environ 40 fois en diamètre, mais il existe dans cette construction des défauts qui l'empêchent de devenir d'un usage

général. En effet, les deux surfaces du cylindre, la plus bombée faisant l'office de loupe et la plus plate celui de porte-objet, sont fixes, de sorte que l'instrument ne peut s'approprier à tous les yeux. Outre ce grave inconvénient, existe celui de ne pouvoir observer que des corps transparents.

On construit aussi des lentilles Stanhope donnant de plus fortes amplifications que la précédente, et qui sont munies d'un écran et d'un tube pour diriger la lumière. On adopte ordinairement le premier mode de construction.

Ces deux loupes ont été importées d'Angleterre par Charles Chevalier, en 1838.

155. La loupe dite *compte-fils*, généralement employée dans le commerce, se compose d'une simple loupe biconvexe enchâssée dans une monture de cuivre, laquelle monture porte à son extrémité une petite plaque percée d'une ouverture d'une grandeur déterminée.

On construit aussi des compte-fils dont la plaque inférieure est percée de deux ouvertures de grandeurs différentes. On peut en faire à un seul verre, ou à deux verres achromatiques.

Cet instrument est : 1° cylindrique, dans ce cas il se renferme dans un petit étui; 2° ou à charnières, pour être porté dans la poche. Dans la première construction, la lentille est maintenue dans une pièce pouvant se visser ou se dévisser; et dans la seconde, la charnière adaptée à la pièce qui tient la loupe permet de mettre l'objet voulu au point pour la vision distincte.

Pour s'en servir, il suffit de placer la petite plaque sur une étoffe et d'appliquer l'œil près de la lentille. Ayant amené l'objet au point, on aperçoit, amplifiés, les fils compris dans le petit espace, et il devient facile d'en connaître le nombre. On donne ordinairement à la petite ouverture 5 à 6 millimètres.

Une autre loupe, employée particulièrement pour l'examen des soieries, se compose de deux loupes biconvexes, placées à distance dans une monture qui se visse dans une bague de cuivre portant trois petits supports. L'instrument étant placé sur une étoffe et l'œil étant appliqué près de la loupe, il suffit, pour mettre au point de vue, de visser ou de dévisser la pièce portant les lentilles. Cette loupe se nomme généralement *loupe à réchaud*. (A. Chevalier.)

156. La loupe dite *microscope à main*, pour les corps transparents, se compose d'un petit cylindre de cuivre fixé sur une tige de cuivre munie d'un manche. A l'une des extrémités du cylindre, te-

nant à la tige, se trouve une loupe biconvexe, maintenue par une petite pièce de cuivre percée d'une ouverture formant diaphragme; à l'autre extrémité, se visse une petite pièce tenant deux petits disques de glace, entre lesquels on met l'objet que l'on veut observer. Pour en faire usage, il suffit de diriger l'instrument vers un endroit éclairé, ayant appliqué l'œil près de la lentille: il ne reste plus qu'à mettre au point, ce qui s'obtient en vissant ou en dévissant la pièce tenant les deux petits disques de glace entre lesquels se place l'objet.

C'est dans ce genre qu'étaient construits les microscopes de quelques-uns des anciens observateurs.

Les microscopes que Wilson construisit en 1702, étaient des microscopes à main: ils avaient plusieurs lentilles de rechange.

On peut faire d'autres instruments de ce genre en employant les doublets perfectionnés et en modifiant la monture. Ces instruments peuvent encore rendre quelques services aux naturalistes, pour l'examen général de certains objets.

En construisant un instrument semblable avec miroir concave, on obtient le microscope à main pour les objets opaques.

137. La loupe des horlogers se compose ordinairement d'une simple loupe biconvexe maintenue dans une monture de corne.

L'usage auquel on la destine ne permet pas de l'employer en la tenant à la main; il faut la monter sur un *porte-loupe*.

Les horlogers et les graveurs la tiennent près de l'œil, et, par ce moyen, se passent de supports, tout en gardant leurs mains libres; mais cet expédient devient presque impraticable lorsqu'il s'agit de faire des dissections, et dans l'un et l'autre cas le porte-loupe est préférable.

La loupe biconvexe, employée pour les divers usages ci-dessus mentionnés, grossit ordinairement de 3 à 5 fois.

L'objet qu'on examine avec elle n'est perçu avec netteté que par la partie centrale de la lentille, et à mesure que l'on fixe les bords, il devient trouble, plus ou moins selon les courbures données à la loupe; de plus, on remarque autour des objets les couleurs du spectre. Ces défauts tiennent, d'une part, à l'aberration de sphéricité, et de l'autre au manque d'achromatisme.

138. Une loupe dont on fait souvent usage, en remplacement de celle qui est biconvexe, se compose de deux lentilles plano-convexes, dont les convexités se regardent dans une monture de corne ou de laiton. Cette construction, improprement appelée achroma-

tique, est préférable à la précédente; cependant elle n'a pas encore tous les avantages qu'on doit exiger. Il vaut mieux avoir des loupes formées d'un seul verre achromatique plano-convexe.

139. La loupe dite des graveurs ou achromatique est formée de deux verres achromatiques plano-convexes de diamètres inégaux, le plus grand des deux verres faisant face à l'objet.

Les deux verres sont maintenus dans une monture de cuivre ou de corne, et placés de manière que leurs convexités se regardent; cette monture est susceptible de se diviser, afin d'isoler les lentilles lorsqu'on veut les nettoyer. Cette loupe est achromatique, parce qu'elle est formée de deux verres séparément achromatiques; de plus elle est exempte d'aberration de sphéricité, car les deux verres que l'on emploie étant eux-mêmes formés chacun de deux lentilles, il résulte, comme conséquence de l'achromatisme, qu'en donnant à ces diverses lentilles des courbures fort peu prononcées, on arrive, par leur réunion, à produire le même effet qu'avec des loupes dont les courbures seraient plus fortes, sans avoir les défauts particuliers à ces dernières. (Arthur Chevalier, *l'Étudiant micrographe*, Paris, 1865, in-8°, p. 48.)

ART. II. — THÉORIE DES LOUPES.

140. Les loupes sont des instruments d'optique qui ont la propriété de faire paraître les objets plus gros qu'ils ne sont; ils ont, comme on dit, la propriété de grossir les objets.

Leur action réelle n'est autre que de fournir le moyen de voir distinctement à une très-petite distance, 2 ou 3 centimètres par exemple, un objet qu'il faudrait sans cela placer à environ 22 centimètres. Cette seule circonstance rend l'angle visuel beaucoup plus grand (fig. 37), et en même temps un grand nombre des faisceaux lumineux qui (outre les rayons parallèles), partis de tous les points de l'objet $a b$, seraient allés tomber en s'irradiant sur les côtés de l'œil c , peuvent pénétrer dans la pupille. Ils sont, en effet, rendus parallèles et même convergents par la lentille l, l , pourvu que l'objet soit placé très-près de son foyer principal.

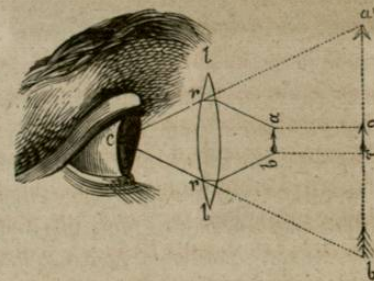


Fig. 37.

C'est cette double raison de la situation de l'objet près de l'œil, et des rayons divergents rendus très-convergens par la loupe, de manière à s'entre-croiser au centre optique de l'œil sous un angle bien plus ouvert que si cette lentille n'avait pas été employée (voy. fig. 58), qui fait paraître l'objet considérablement grossi. Ce fait permet en même temps d'en apercevoir les plus petits détails dont auparavant les rayons lumineux n'auraient pu former un angle optique assez ouvert pour que l'image comprise entre les deux côtés fût perçue par la rétine.

Soit, par exemple, pour rendre la démonstration du fait plus évi-

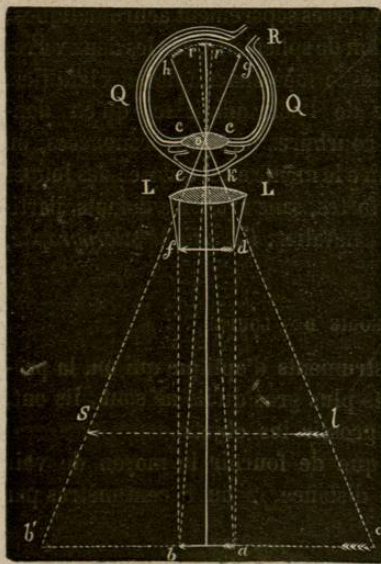


Fig. 58.

dente, un objet (fig. 58) qui, pour être vu distinctement, devrait être placé en ab , et enverrait les rayons en ar , br , qui, après s'être entre-croisés dans le cristallin cc , iraient former au fond de l'œil, sur la rétine, l'image rr , représentant l'objet renversé. Si au-devant de l'œil, entre lui et l'objet, on place une lentille $L L$, on cessera de voir ce même objet ; pour le voir directement, il faudra le rapprocher en $d f$. Alors les rayons lumineux fe et dk qui en partent, recueillis par toute la surface

de la loupe et rendus convergents par elle, iront former au fond de l'œil une image gh beaucoup plus grande que la première ; d'où la sensation d'un objet beaucoup plus grand que n'est réellement celui qui est examiné. Mais par l'habitude que nous avons de rapporter les corps à une certaine distance (qui, ainsi que nous le verrons, n'est pas celle de la vision distincte, contrairement à ce qu'on admet), nous sommes conduits à supposer que cet objet plus grand, placé en sl par exemple, c'est-à-dire plus loin que fd , pourvu toutefois que l'œil soit suffisamment garanti de la vision des corps voisins, sans quoi l'illusion est détruite, et nous ne le supposons plus reporté plus loin qu'il n'est réellement situé. Le pouvoir amplifiant des loupes est

exprimé à peu près par le chiffre qui représente le nombre de fois dont la longueur focale des lentilles est contenue dans la distance à laquelle l'objet est reporté. Ainsi que nous l'avons vu plus haut, l'objet doit être placé au foyer de la loupe, qui ne fait que donner aux rayons lumineux qui la traversent, en partant de df , le même degré de convergence que s'il était réellement aussi grand que ls , et placé à cette distance de l'œil.

ART. III. — INFLUENCE DE LA MYOPIE ET DE LA PRESBYTIE SUR LA GRANDEUR DES OBJETS VUS A LA LOUPE.

141. Soit un objet d'une grandeur déterminée (fig. 59, ab), un myope étant obligé pour le voir distinctement de le placer très-près de l'œil, en ab , le verra plus grand que le presbyte pouvant l'observer à une distance plus considérable $a'b'$; en effet, l'angle optique aob est plus ouvert que $a'o'b'$, d'où résulte sur la rétine une image rs plus grande que l'image mn . Si le presbyte regarde ce même objet par un trou percé dans une carte, il pourra le voir distinctement en le plaçant aussi près de son œil que le fait le myope (en ab par exemple, au lieu de le placer en $a'b'$) ; mais alors il verra l'objet plus gros qu'il ne le voyait auparavant. Il le verra aussi grand que peut le voir le myope, parce que la distance de l'objet à l'œil nu étant la même, l'ouverture de l'angle optique est la même aussi. Comme le myope également, le presbyte verra des détails qui lui étaient restés inaperçus, parce que les rayons lumineux qui en portaient ne formaient pas auparavant un angle aussi grand, quoique assez ouvert, pour que l'image limitée par ses côtés pût être perçue.



Fig. 59.

La loupe a, comme on se le rappelle, pour action (fig. 58) de recueillir les rayons partis de l'objet placé en df (trop près de l'œil pour qu'ils pénétrassent sans l'aide de cet instrument). Elle les fait converger de manière à ce qu'ils forment un angle optique ou visuel eok bien plus ouvert que l'angle aob que donne l'objet placé à la distance de la vision distincte, et allant peindre sur la rétine une image $gh > rr$, laquelle est perçue telle que si elle était reportée en $ls > ab$.