

entrent dans sa construction ou sont nécessaires à son emploi. Les personnes qui voudraient acquérir des connaissances complètes à cet égard, et également sur tous les sujets concernant la théorie et la pratique de ces instruments, devront recourir au remarquable traité du Microscope du savant professeur Harting, d'Utrecht<sup>1</sup>.

Pendant la rédaction de cette seconde partie de ce volume, j'ai souvent eu recours à l'obligeance de MM. Nacet et fils pour l'exécution de nouveaux appareils et pour la vérification expérimentale de plusieurs données physiques. Je ne parle pas ici de leur habileté bien connue de tous les savants comme constructeurs de microscopes. L'étendue et la précision des connaissances scientifiques de M. Alfred Nacet, en ce qui touche toutes les parties de l'optique et l'état actuel des applications diverses qu'on en a fait en France et à l'étranger, m'ont conduit bien des fois à le consulter avec fruit sur les questions de ce genre.

118. La seconde partie de cet ouvrage sera divisée en plusieurs sections consacrées, la première à l'étude des loupes ou microscopes simples, et à celle des microscopes composés ou proprement dits. Dans les autres sections, seront décrits les instruments accessoires nécessaires à l'emploi du microscope, les agents physiques et chimiques indispensables pour l'examen et l'exécution des préparations microscopiques, la manière de faire et d'observer celles-ci, puis enfin les règles à suivre pour appliquer le microscope à l'anatomie, la physiologie, la médecine, l'histoire naturelle des plantes, des animaux, etc.

## PREMIÈRE SECTION

### DESCRIPTION DES MICROSCOPES SIMPLES ET COMPOSÉS

#### CHAPITRE PREMIER

##### De la réfraction et de la dispersion de la lumière par les prismes.

119. Avant de décrire les loupes et les microscopes en tant qu'instruments, il est de toute nécessité de rappeler en quelques mots les phénomènes que présentent les rayons lumineux en passant d'un

<sup>1</sup> *Het Mikroskop*. Utrecht, 1858, in-8. *Das Mikroskop*. Braunschweig, 1867, 3 vol. in-8. 2<sup>e</sup> éd.

milieu dans un autre et en traversant tel ou tel de ces milieux ; car la description de ces instruments oblige de recourir incessamment à cet ordre de notions physiques.

Le seul cas que nous ayons besoin de bien faire saisir ici est celui dans lequel un rayon de lumière passe *obliquement* d'un milieu transparent dans un autre milieu de nature différente. Ce rayon est alors dévié de sa direction première. Ce phénomène de la déviation est connu sous le nom de *réfraction*. Nous nous occuperons plus loin d'un autre phénomène qui accompagne toujours celui-ci et qui est connu sous le nom de *dispersion*.

120. On sait que, si on fait entrer obliquement un rayon solaire dans une chambre obscure, dans laquelle on a disposé une cuve pleine d'eau un peu opalisée, de manière que le rayon pénètre dans l'eau par la surface supérieure (fig. 19, S. B), on aperçoit distinctement l'inflexion (B A) produite brusquement à l'entrée (B). — Ce rayon lumineux se rapproche un peu de la perpendiculaire (C D) à la surface ; si le fond de la cuve est en verre, le rayon continuera sa marche en se relevant et en reprenant une direction (A L) parallèle à celle qu'il avait avant d'être immergé. Il s'écartera cette fois de la perpendiculaire (I F) à la face d'émergence.

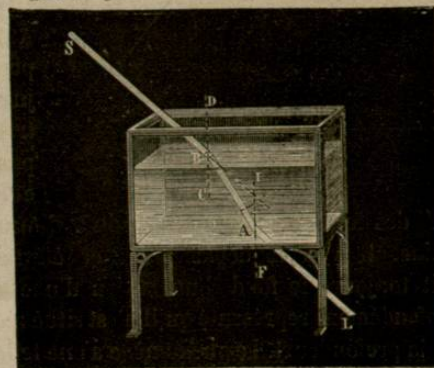


Fig. 19.

Ce fait démontre que ces deux milieux sont de force réfringente différente ; — le plus réfringent est celui dans lequel l'angle formé avec la perpendiculaire est plus petit que l'angle *d'incidence* produit par le rayon (S) et la surface (B). Ainsi l'eau étant plus réfringente que l'air, l'angle A B C sera plus petit que S B D ; au contraire, à la sortie, l'air étant moins réfringent que l'eau, le rayon s'éloignera de la perpendiculaire et l'angle L A F sera plus grand que son opposé B A I.

La connaissance des lois de la réfraction sert à expliquer différents phénomènes qu'il importe beaucoup au micrographe de con-

naitre et d'avoir toujours présents à l'esprit. La petite lame mince qui recouvre un objet microscopique, par exemple, se comporte pour les rayons émanants de l'objet comme le rayon dans la cuve d'eau, ainsi que nous le verrons plus tard. Le transport des images, si important à connaître pour la correction des images produites par un objectif, est un phénomène de réfraction. On sait, du reste, que c'est à cela qu'est dû ce fait qu'une baguette plongée dans l'eau paraît brisée à la surface A (fig. 20); l'extrémité plongeant dans l'eau paraîtra relevée (A M). L'expérience est frappante surtout avec une pièce d'argent placée au fond de l'eau; l'œil voit en M'

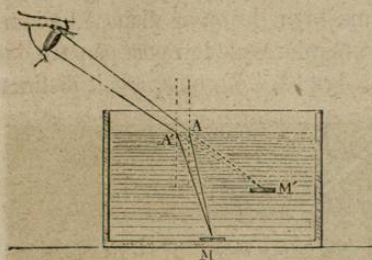


Fig. 20.

sur le prolongement du faisceau A M' la pièce qui, placée en M, a produit son image par suite de la réfraction dans la direction A M. Les conditions qui permettent de porter un jugement sur le lieu où se trouve l'objet, n'existent pour l'œil que sur le trajet et à la rencontre extérieure

AA' des faisceaux qui ont produit l'image de cet objet sur la rétine. Il y a là déplacement et élévation; c'est ainsi qu'on voit toujours le fond d'un lac ou d'une rivière beaucoup moins profondément représenté qu'il n'est situé réellement (environ les  $\frac{3}{4}$  de la profondeur). Le phénomène a une telle intensité que les objets paraîtront dans l'eau un peu plus petits que nature quand l'œil est placé perpendiculairement au-dessus de la surface du liquide; l'œil ne recevant cependant que des rayons ayant pour obliquité l'angle formé par les deux pinceaux extrêmes rasant les bords de la pupille et se rencontrant sur l'objet, ils suffisent pour rendre manifeste l'influence de la réfraction (fig. 21); les rayons provenant de l'objet A produisent une image en A' par suite de leur inflexion en AA'. Ces remarques sur le transport de l'image s'appliquent directement au microscope; l'objet A est ici l'objet à examiner; la lame de verre mince ou couvre-objet remplace la couche d'eau, et l'œil est lui-même remplacé par

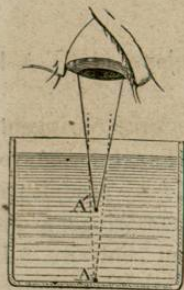


Fig. 21.

l'objectif, qui admet des rayons d'une obliquité souvent extrême. Nous verrons plus loin de quelle importance est en micrographie l'étude de cette réfraction des rayons obliques.

121. Actuellement, nous allons examiner, afin d'arriver à d'autres applications, quelle forme a une image vue au travers d'un milieu transparent.

En examinant la figure 22, on conçoit que la déviation produite est d'autant plus considérable, que l'obliquité du rayon sera plus grande; le rayon qui tombe perpendiculairement ne subit aucune

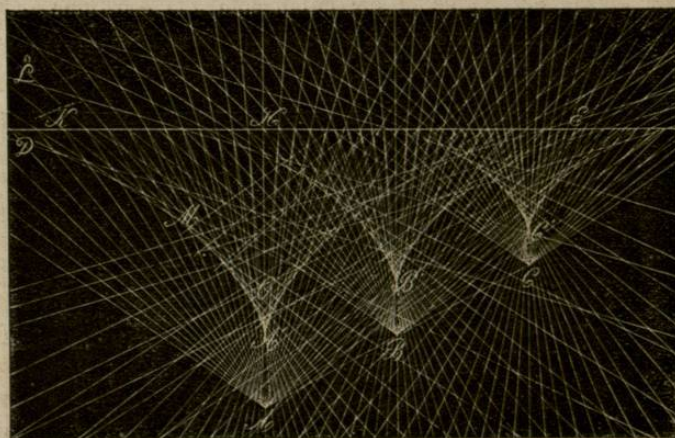


Fig. 22.

réfraction; les rayons voisins sont faiblement déviés, et à mesure qu'on s'éloigne de la perpendiculaire, la flexion devient plus grande, jusqu'à ce qu'enfin le rayon n'entre plus dans l'air; c'est à ce point que commence ce qu'on a appelé la réflexion totale dont nous n'avons pas à nous occuper maintenant.

Soit A B C un objet situé dans un milieu transparent. L'eau, par exemple, en contact avec l'air par la surface K E, dans la figure 22 empruntée à l'Atlas d'optique descriptive de Engel et Schellbach. (Berlin, in-fol. 1858. Les fig. 25 et 26 en sont également tirées.)

Tous les rayons émanants de A sont brisés à leur rencontre avec l'air d'autant plus fortement, qu'ils sont plus éloignés de la perpendiculaire; ainsi le rayon A H sort normalement, tandis que le rayon A K est considérablement infléchi, et si on prolonge de nouveau dans l'eau la direction nouvelle qu'a prise ce rayon, il viendra rencontrer la perpendiculaire en un point O. Cet angle

$KOH$  représente l'angle de réfraction. — Tous les rayons prolongés comme celui-ci produiront, par leur intersection deux à deux, une courbe très-élégante, connue en optique sous le nom de *caustique*, et se terminant en pointe en  $A'$ ; —  $A'$  étant la position nouvelle du point  $A$  relevé par le transport de  $1/4$  de la profondeur  $AH$  dans l'eau et de  $1/3$  dans le verre.

Examinons maintenant à quel endroit un œil placé en  $L$  sur le prolongement de  $KM$  verrait le point  $A$ . Cet œil recouvre un faisceau conique de rayons très-rapprochés les uns des autres, dont le sommet est en  $M$  sur la tangente à la caustique; c'est donc toujours sur cette courbe que l'œil verra le point  $A$  placé au-dessus de  $H$ ; il le verrait en  $A'$ , et, à mesure qu'il s'éloigne

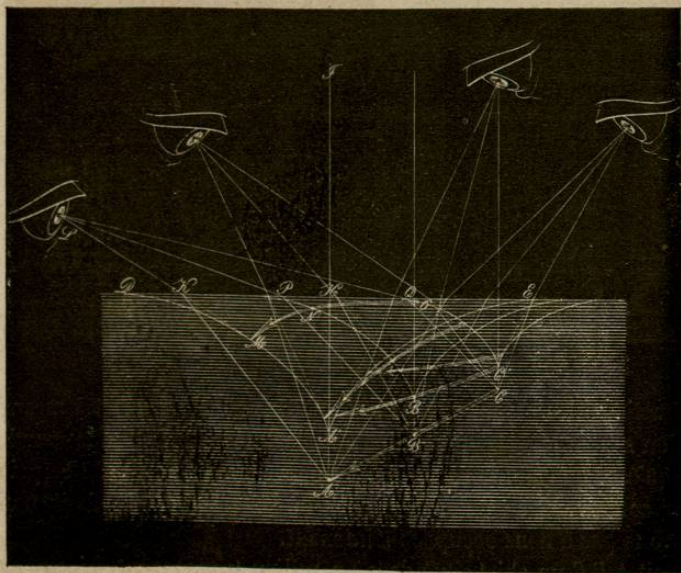


Fig. 25.

vers  $L$ , ce point remonte sur la branche de la caustique  $DM A'$ . Si on construit une caustique pour chaque point de la flèche  $ABC$ , cette flèche rectiligne paraîtra à l'œil  $L$  comme une ligne courbée  $MNO$  (fig. 25).

Le point  $A$  étant vu en  $M$ , le point  $B$  qui a produit le rayon  $BPL$  transporte son image en  $N$  où le rayon  $LPN$  touche la caustique, enfin le point  $C$  paraîtra à l'œil en  $O$  où le rayon  $CQ$  réfracté vers  $QL$  touche la caustique du point  $C$ . — La figure montre successive-

ment les formes que, suivant ses positions, prend l'objet  $ABC$  observé de différents points de l'espace.

122. *Du foyer des lentilles.* De ces remarques sur la réfraction, nous pouvons déduire quelques faits concernant la réfraction dans une lentille. Nous avons vu qu'un rayon de lumière entrant dans un milieu plus réfringent que l'air se rapproche de la normale à la surface. Supposons un corps prismatique (fig. 24) en verre  $ABCDEF$  recevant des rayons lumineux  $LL'$ . Ces rayons s'infléchissent pour se rapprocher de la normale  $II'$ . Arrivés à la face  $AF$  et  $DE$ , ils seront brisés de nouveau et continueront leurs routes en s'écartant de la normale à ces faces et par conséquent en se rapprochant l'un de l'autre, et ils iront se confondre en  $F$ . Maintenant nous pouvons,

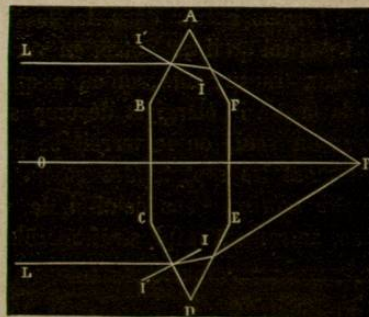


Fig. 24.

avec les géomètres, nous représenter une lentille limitée par des portions de sphère comme formée d'un polygone d'un nombre infini de côtés ou surfaces, qui joueront chacun le rôle des faces  $AB, CD$ , etc., et par conséquent réunissant toutes en un point unique les rayons qu'elles ont reçues; — ce point s'appelle le *foyer*.

Un foyer est, soit réel, soit imaginaire ou virtuel. — Un foyer réel est le point par lequel passent réellement les rayons réunis par une lentille. — Un foyer *imaginaire*, ou *virtuel* est le point par lequel passeraient tous les rayons si on prolongeait la direction qui leur est imprimée par une lentille. Soit par exemple, une lentille concave (fig. 25).

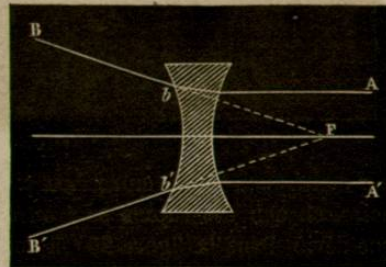


Fig. 25.

Les rayons  $AA'$  venant de l'infini sont rendus divergents en  $BB'$ ; si on prolonge virtuellement ces rayons dans la direction  $B'B'$ , etc., leur rencontre avec l'axe de la lentille détermine le foyer  $F$ .

123. *Aberration de sphéricité.* Examinons maintenant plus atten-

tivement ce qui se passe dans une lentille. Premièrement, les rayons rencontrant la surface de la lentille étant déviés proportionnellement à l'inclinaison des normales, les rayons centraux se réuniront plus loin que ceux des bords, de sorte que, au lieu de se réunir en un point unique, ils formeront une série de foyers placés les uns derrière les autres, les plus rapprochés correspondant à la zone des rayons marginaux. C'est ce qu'on a appelé l'*aberration de sphéricité*. Deuxièmement, ce rayon L, que nous faisons entrer dans la lentille élémentaire (fig. 24), ne sort pas tel qu'il est entré, en vertu d'une force propre à tous les milieux transparents, qu'on a appelée *pouvoir dispersif*. Il sort de la face A F, élargi et décomposé. Si on recevait sur un écran ce rayon seul, on le verrait se peindre en une bande oblongue contenant les sept teintes connues en physique sous le nom de *spectre solaire*. Dans celui-ci, le violet est le plus rapproché de l'axe, autrement le plus réfrangible, et le rouge, le plus élevé, et

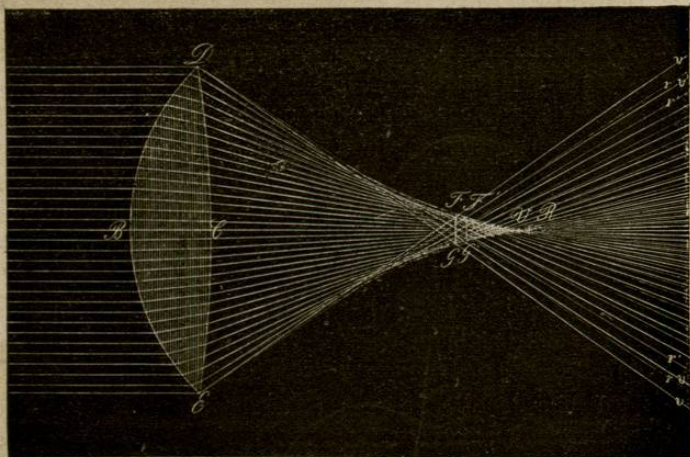


Fig. 26.

par conséquent il rencontre l'axe plus loin. Dans une lentille ordinaire, chacun des rayons se trouve donc élargi en même temps que dévié. Dans la figure 26 on voit les rayons extrêmes Dv, Ev former une nappe violette intérieure enveloppée par la nappe rouge formée par les rayons Dr, Er. — Chaque faisceau tombant sur la surface, produit ainsi deux *caustiques*, s'emboitant et se recouvrant. Entre les lignes F G, F' G', tous les rayons fournis par la lentille formeront ce qu'on a appelé le *cercle de moindre déviation*.

C'est le point incolore des foyers. Au delà, un écran placé entre F et R donnera un cercle plus petit, plus lumineux, mais entouré d'un grand cercle faiblement éclairé et bordé de bleu. Les points V et R indiquant les deux foyers violets et rouges extrêmes, si on couvre le centre de cette lentille par un disque de carton laissant libre un anneau marginal, une image distincte, mais faible et colorée, de l'objet sera produite en F G... le rouge étant en dehors. Si on diminue le diamètre de l'écran central et si on couvre par un anneau de carton les bords de la lentille, on obtiendra une nouvelle image située entre F' G' et Y, formée cette fois à une distance plus grande et gardant ses couleurs dans le même ordre. Enfin, si on augmente la largeur de l'anneau couvrant les bords et qu'on enlève le disque central, on aura une image entre V et R située encore plus loin. Il résulte de cet examen que les portions centrales d'une lentille produiront des images assez rapprochées et assez peu dissemblables les unes des autres pour donner une représentation fidèle de l'objet, mais qu'il n'en est pas de même des bords qui produiront des images très-confuses sans réunion possible avec celles du centre (c'est là ce qui caractérise ce qu'on nomme *aberration de sphéricité*) et malheureusement la réunion des images des bords à celles du milieu est indispensable pour obtenir des images vigoureuses.

On a indiqué plusieurs combinaisons pour corriger l'aberration de sphéricité ; nous ne nous y arrêterons pas ici. La lentille théoriquement représentée par la figure 27 est construite dans les meilleures conditions pour diminuer autant que possible cette aberration, quant aux rayons sensiblement parallèles. Le rapport des deux rayons de courbure est environ de 1 : 6, la surface de courbure la plus forte recevant les rayons parallèles.

124. *Achromatisme*. — Nous venons de voir la dispersion chromatique des rayons dans une lentille accompagner toujours l'aberration de sphéricité. Voyons maintenant comment on a pu réunir tous les rayons colorés en un même point et produire une image sensiblement incolore ou *achromatique*.

Les verres employés en optique sont très-différents les uns des autres. Les uns sont appelés *crown-glass*<sup>1</sup> ; ils dispersent peu les rayons lumineux. Les autres, appelés *flint-glass*<sup>2</sup>, dans lesquels entre

<sup>1</sup> Verre blanc, verre de couronne, composé de 1 atome de quadrisilicate de potasse et 1 atome de quadrisilicate de chaux.

<sup>2</sup> Verre de caillou, composé de 3 atomes de quadrisilicate de plomb et 2 atomes de quadrisilicate de potasse.

une assez forte proportion d'oxyde de plomb, séparent au contraire considérablement les rayons colorés et ont un pouvoir réfringent ou de convergence beaucoup plus considérable<sup>1</sup>. Pour tirer de l'inégal pouvoir dispersif de deux matières le moyen de produire des images incolores, il n'y avait qu'à associer à une lentille convergente peu dispersive en crown-glass, une lentille divergente plus faible, en flint-glass, mais plus fortement dispersive à l'égard des couleurs. Grâce à cette compensation, la convergence devient plus faible, le foyer est reporté plus loin, mais les rayons colorés sont ramenés en un seul point (fig. 28).

Soit un objet  $O, O$  (fig. 28), placé devant une lentille convexe en

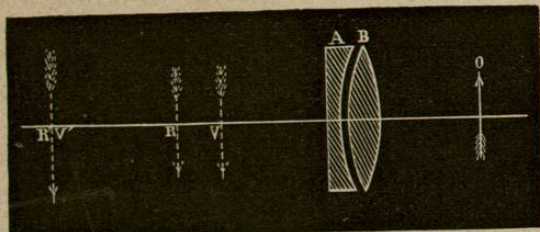


Fig. 28.

crown-glass B, et soit V le lieu de l'image violette et R le lieu de l'image rouge, la dispersion étant conséquemment indiquée par la distance VR. Maintenant, plaçons une lentille concave A sur le trajet des rayons; cette lentille aura pour effet de diminuer la con-

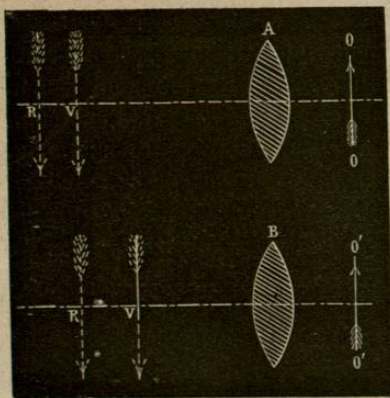


Fig. 27.

<sup>1</sup> Supposons deux lentilles biconvexes de mêmes rayons, à courbure de même grandeur, et partant de même épaisseur. La lentille A, en crown-glass, donnera d'un bout  $OO$  deux foyers violets et rouges V et R. La lentille B, en flint-glass, le plus réfringent et le plus dispersif des deux verres, donnera de l'objet O deux foyers  $V'$  et  $R'$  plus rapprochés de la lentille, mais plus séparés l'un de l'autre. Le pouvoir dispersif de deux matières transparentes peut donc être évalué par les dispersions différentes produites dans deux lentilles de même courbure taillées dans ces matières.

vergence des rayons et de rejeter à la fois les rayons violets et rouges à une plus grande distance; mais l'effet sera plus considérable sur les rayons violets qui sont les plus réfringibles. Supposons actuellement que la lentille A soit taillée en flint-glass d'une réfringence telle, qu'à une certaine distance,  $A V'$ , par exemple, la dispersion qu'elle produira soit égale à  $R V$ . Il est évident que les images extrêmes rouges et violettes de l'objet seront affectées également et dans des directions contraires par les deux lentilles. La lentille A relèvera les rayons violets V produits par B jusqu'à  $V'$ , et les rayons rouges étant moins réfringibles se trouveront portés moins loin et viendront se réunir aussi en  $V'$ . Les foyers colorés intermédiaires seront sensiblement réunis également au même point.

Mentionnons toutefois ici que cette coïncidence absolue de tous les rayons du spectre en un seul point est impossible mathématiquement dans une lentille, par suite du manque d'égalité entre les différentes parties des spectres produits par des substances réfringentes très-différentes. Il faut avoir recours à la multiplication des lentilles permettant des compensations de couleurs afin de corriger ce qui pourrait rester d'imparfait dans l'achromatisme (spectre secondaire et tertiaire des physiciens). Nous verrons employer cette méthode dans la construction des objectifs du microscope.

De l'introduction de l'achromatisme dans l'exécution des objectifs du microscope est sorti l'immense développement des applications de cet instrument. Notons aussi ce fait, que l'achromatisme modifie l'aberration de sphéricité qui se trouve diminuée d'une notable quantité; on devra recourir aux traités de physique pour étudier en détail ces faits passés à l'état d'axiome.

125. *De la déformation des images.* — Une troisième espèce d'aberration existe encore dans tout système de lentille. C'est la *déformation des images*. Un système de lentilles peut être corrigé complètement au point de vue des aberrations de sphéricité et de réfrangibilité, et donner encore des images déformées. Ce phénomène est surtout très-frappant dans les loupes. La figure des caustiques produisant cette aberration est trop compliquée pour pouvoir être reproduite ici. Mais, dans la figure 50, nous voyons les différentes modifications de la forme des images données par une lentille.

Quand l'image produite par une lentille est plus petite que l'objet, la forme de cette image est sensiblement celle de l'objet. Mais quand l'image est considérablement amplifiée, cette forme diffère quelquefois notablement de celle de l'objet. Soit pour une len-

tille  $LL$  un objet plan  $OO$ . L'image produite sera concave en  $II$ . La lentille  $L'L'$  donnera une image  $II'$  encore plus concave si l'objet

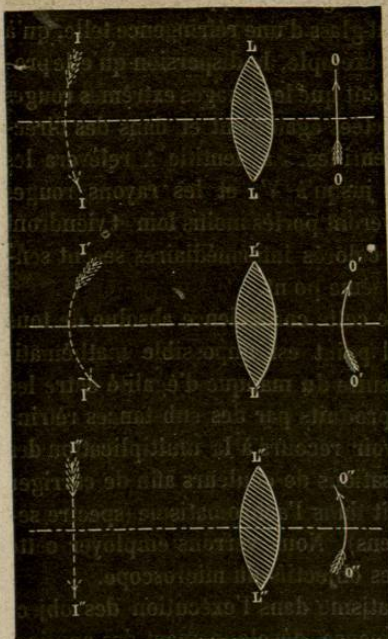


Fig. 29.

est convexe, et enfin un objet concave  $O'O''$  ira former son image en  $II''$ . On voit que si on reçoit sur un écran plan l'image amplifiée d'un objet, celle qui sera formée par un objet concave sera seule bien définie en tous ses points. On voit, au contraire, que, pour les deux autres cas, l'image ne sera pas distincte en tous ses points sur l'écran, quoique, en le déplaçant par rapport à la lentille, on puisse obtenir avec netteté, successivement, les bords et le centre de l'image.

126. *Application, à l'emploi des lentilles considérées comme loupes, des considérations précédemment exposées.* — *Déformation symétrique des objets vus au travers des loupes.* — Les caustiques produites par les différents points d'un objet refractés au travers d'une lentille, sont tellement complexes, qu'il est impossible de les analyser ici. La discussion géométrique montre, dans la figure 30, qu'un objet plan placé devant une lentille  $DE$  ne permettra qu'une seule position à l'œil en  $A$  pour produire la sensation d'une surface à peu près rectiligne en  $AB$  (elle ne l'est jamais complètement; la gravure l'a représentée ici droite par erreur). Dans les deux autres positions des yeux  $A''$  et  $A'''$ , ceux-ci auront la sensation des images  $A''B''$   $A'''B'''$  violemment déformées. Disons de suite que cet effet est surtout propre à une lentille simple biconvexe, à courbures égales, la plus mauvaise de toutes les loupes. La figure 31 indique les diverses apparences que prendront les objets de formes différentes. Un objet plan  $AB$ , donnera une image convexe. Un objet faiblement concave aura pour image virtuelle une surface plane, et s'il est fortement concave, l'image sera aussi concave quoique faible-

ment courbée. Enfin un objet convexe fournira une image convexe

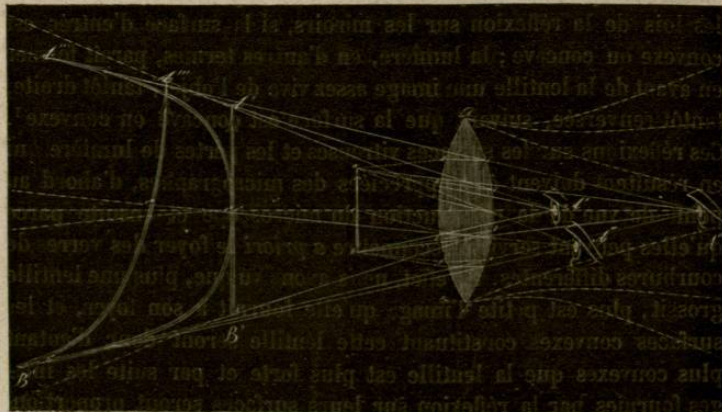


Fig. 30.

moins courbée toutefois que l'objet lui-même. Si l'œil éprouve heureusement quel-

que difficulté à apercevoir des déformations aussi considérables que l'analyse géométrique les montre, cela tient à ce que les opticiens ont cherché à corriger l'aberration de sphéricité par le dédoublement des verres qu'on a fait tantôt plan-convexes, tantôt concavo-convexes, en les asso-

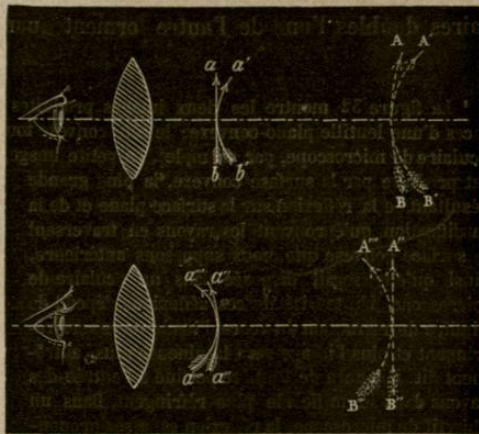


Fig. 31.

ciant, ce qui a en même temps donné des images plus aplanatiques, et que, d'un autre côté, les objets examinés sont assez petits par rapport à la largeur du faisceau admis par la loupe.

129. *Réflexions produites par les surfaces des lentilles.* — Les rayons qui entrent dans une lentille subissent au moment où ils frappent la surface une perte de lumière assez considérable. Une partie de

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 convexe<sup>4</sup>. 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

<sup>4</sup> 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.

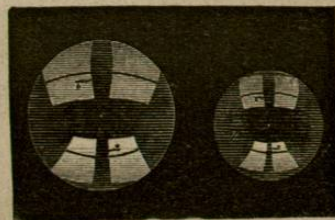


Fig. 33.

## 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 cr. isée 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