

627. — Il est important de se rendre compte de la marche des faisceaux; c'est ce que montre la figure 304 pour le faisceau émané du point C qui, arrivant en divergeant sur l'objectif  $L_1$  est transformé en un faisceau convergent de sommet  $c$ : ce faisceau au delà de  $c$  devient divergent et est rendu moins divergent pour son passage à travers l'oculaire  $L_2$ .

L'étude de cette marche du faisceau montre que l'oculaire joue un double rôle: d'abord il remplace l'image  $a b$  qu'on pourrait voir directe-

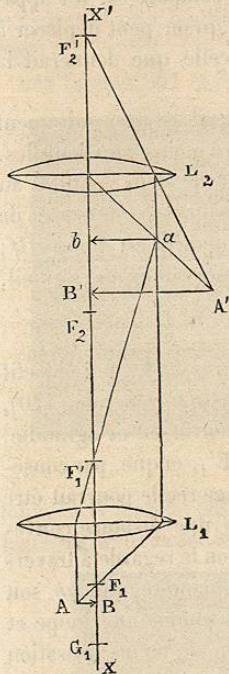


Fig. 303.

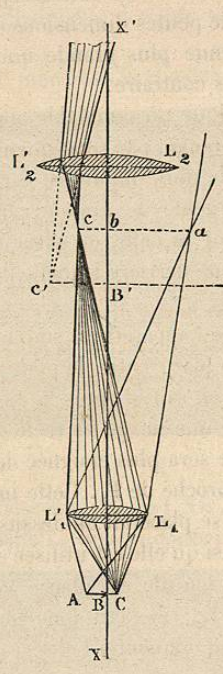


Fig. 304.

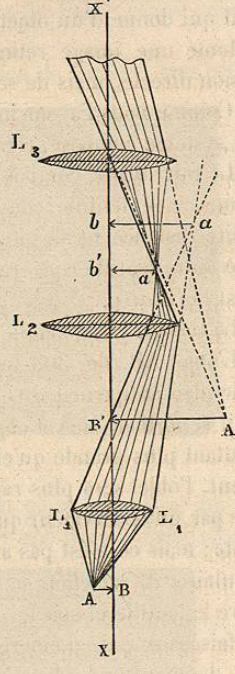


Fig. 305.

ment en se plaçant à une distance convenable par une image plus grande  $C'B'$ , ce qui est un avantage; mais de plus, il fait entrer dans l'œil des faisceaux qui n'y pénétreraient pas sans son action. On voit en effet que le faisceau divergent partant de  $c$  s'éloigne de l'axe et qu'il ne pénétrerait pas dans un œil qui serait placé sur l'axe à une certaine distance au-dessus de  $b$ , de telle sorte que l'observateur ne verrait pas le point  $c$  de l'image réelle, ni par suite le point C de l'objet. L'action de l'oculaire ramène ce faisceau vers l'axe et lui permet ainsi de pénétrer dans l'œil.

L'image  $C'B'$  (fig. 304) que voit, que regarde l'observateur doit se faire à une distance déterminée de son œil pour que la vision ait lieu dans les meilleures conditions possibles: elle doit donc varier de position suivant la vue de l'observateur. Pour atteindre ce résultat, il suffit de déplacer

l'objet  $CB$  par rapport au microscope, il suffit de faire changer la distance de  $CB$  à l'objectif. Nous savons que dans un système centré l'image et l'objet se déplacent dans le même sens:  $C'B'$  s'éloignera d'autant plus de l'oculaire et de l'œil de l'observateur situé derrière que l'objet s'éloignera davantage de l'objectif et si l'objet atteint le 2<sup>e</sup> foyer  $\Phi$  du système l'image  $C'B'$  sera à l'infini; les rayons sortant de l'oculaire pour entrer dans l'œil constitueront des faisceaux parallèles.

628. — En général les microscopes sont moins simples que nous ne venons de l'indiquer; nous allons signaler les principales modifications qu'on a apportées à cette disposition dans le but d'éviter des défauts qui troubleraient la netteté de l'image.

Une discussion du système centré qui constitue le microscope montre que, comme pour la loupe, il y a intérêt à ce que l'objectif ait une petite distance focale. On conçoit dès lors que, pour éviter l'aberration de sphéricité, on soit conduit d'abord à donner une faible ouverture à l'objectif; de plus, comme nous l'avons déjà indiqué, il y a avantage au même point de vue à remplacer une lentille unique par un système composé; si le système a la même distance focale que la lentille unique, le grandissement obtenu sera le même pour la même position relative de l'objet, mais l'aberration sera moindre. Aussi, dès qu'il s'agit d'appareils un peu puissants, on fait usage d'objectifs composés. On emploie d'ailleurs un système composé également dans le but d'obtenir sinon un achromatisme absolu, au moins une diminution de l'aberration de réfrangibilité.

La petite ouverture de l'objectif limite la quantité de lumière qui, émanée de l'objet, pénètre dans l'appareil et forme l'image de cet objet; comme d'autre part l'image est très agrandie, l'éclaircissement y est considérablement affaibli; aussi les images seraient-elles peu visibles si à l'aide de dispositions diverses on ne concentrait sur l'objet des faisceaux très intenses.

Dans le microscope, comme dans tout instrument composé, le *champ* est limité, c'est-à-dire que l'observateur ne peut voir que les points de l'objet qui sont assez rapprochés de l'axe. Il importe en effet de remarquer que s'il est toujours possible de trouver géométriquement l'image d'un point quelconque (fig. 303), il ne s'ensuit pas que ce point puisse être vu. Pour qu'un point soit vu, il faut qu'un faisceau émané de ce point puisse parvenir à l'œil après avoir traversé l'appareil, dans le cas du microscope après avoir traversé l'objectif, puis l'oculaire. Or si le faisceau peut toujours traverser l'objectif, il peut arriver que le faisceau réfracté par cette lentille ne rencontre pas l'oculaire. C'est ce qui arriverait par exemple pour le point A (fig. 304) dont l'image réelle est en  $a$ ; on voit que le faisceau divergent  $AL_1L'_1$  est transformé en faisceau convergent  $L_1L'_1a$  qui, prolongé, ne rencontre pas l'oculaire. Aucune lumière par-

tant de A ne peut donc arriver à l'œil de l'observateur, le point A ne peut être vu, on dit qu'il est *hors du champ* du microscope.

Il importe de remarquer qu'il serait sans intérêt d'augmenter l'ouverture de l'oculaire  $L_2L'_2$  : on pourrait bien ainsi faire réfracter le faisceau divergent émané de  $a$  à travers cette lentille, mais après réfraction, il serait trop éloigné de l'axe pour entrer dans l'œil dont le centre optique doit naturellement se placer sur l'axe du microscope.

On peut aisément déterminer l'étendue du champ d'un microscope, mais il est sans intérêt de nous arrêter à cette question.

629. — Dans le but d'augmenter le champ, on compose le microscope de trois lentilles : l'objectif  $L_1$ , l'oculaire  $L_3$  et une lentille convergente  $L_2$  qu'on interpose entre les deux précédentes, avant la formation de l'image réelle  $ab$ . En se reportant à la discussion général (420), on voit que les faisceaux tels que celui qui aboutirait en  $a$  sont remplacés par des faisceaux plus convergents ; l'image réelle qui se serait faite en  $ab$  est remplacée par une autre image  $a'b'$  réelle, droite et plus petite. C'est cette image  $a'b'$  que l'on regarde avec l'oculaire faisant fonction de loupe et qui donne l'image virtuelle  $A'B'$ . On voit que le faisceau dont le sommet était en  $a$  et ne rencontrait pas l'oculaire est remplacé par un autre faisceau dont le sommet est en  $a'$  et dont le prolongement rencontre l'oculaire et peut ainsi arriver à l'œil de l'observateur. Le point A qui ne pouvait être vu, qui était hors du champ, est rendu visible ; le champ de l'appareil a été étendu. Pour cette raison la lentille  $L_2$  est appelée *lentille de champ*.

On voit aisément que cette augmentation du champ est corrélative d'une diminution de la puissance de l'appareil, d'une diminution de son grossissement, puisque l'observateur à l'aide de l'oculaire regarde l'image  $a'b'$  au lieu de l'image  $ab$  qui est plus grande.

Mais d'un autre côté la lentille de champ présente un avantage d'un autre ordre, en permettant d'obtenir l'achromatisme des images fournies par l'objectif ou de l'améliorer, si l'objectif a été combiné de manière à détruire partiellement l'aberration de réfrangibilité. On retrouve, en effet, dans cette disposition, précisément les conditions que nous avons indiquées en parlant de l'achromatisme en général (532).

On considère souvent l'ensemble de la lentille de champ et de l'oculaire comme formant un oculaire composé. Comme cet ensemble ne joue pas cependant le rôle d'une loupe comme l'oculaire simple, puisqu'il n'est pas placé après l'image réelle, pour caractériser ce rôle spécial, on le désigne sous le nom d'*oculaire négatif*.

Au point de vue de l'optique géométrique, il serait plus rationnel de considérer la lentille de champ comme formant avec l'objectif un ensemble qui serait un objectif composé : le rôle de cet ensemble est, en effet, analogue à celui de l'objectif dans le microscope à deux lentilles, puisqu'il donne de l'objet une image réelle qu'on regarde avec l'oculaire

faisant fonction de loupe. Il est vrai que, au point de vue de la disposition matérielle, il n'y a pas de liaison entre l'objectif et la lentille de champ, tandis que celle-ci est solidaire de l'oculaire par la monture ; mais cette raison ne nous paraît pas aussi importante que celle basée sur le rôle optique.

630. — Un microscope (fig. 306) comprend essentiellement un tube cylindrique en métal portant à l'extrémité inférieure l'objectif et la partie supérieure l'oculaire. Les lentilles sont fixes dans les appareils les plus simples ; elles sont mobiles, au contraire, dans les appareils plus puissants, de manière à pouvoir changer à volonté d'objectif ou d'oculaire afin d'obtenir des combinaisons diverses suivant le but que l'on veut atteindre.

Ce tube qui constitue le *corps* du microscope pénètre à frottement dans une garniture qui, d'autre part, peut se mouvoir en glissant le long d'une colonne qui est adaptée au pied de l'instrument. Le mouvement peut être donné au corps du microscope soit par l'action d'une roue dentée agissant sur une crémaillère fixée à la garniture mobile, soit par l'action d'une vis à pas fin agissant sur la même garniture ; le mouvement du pignon denté communique à l'appareil un mouvement rapide, la vis, un mouvement lent. Il est facile de se rendre compte de la nécessité de ces deux mouvements : il s'agit, en somme, de faire varier la distance du microscope à l'objet qui reste fixe, de manière à ce que l'image virtuelle soit à une distance déterminée de l'œil ; mais les déplacements

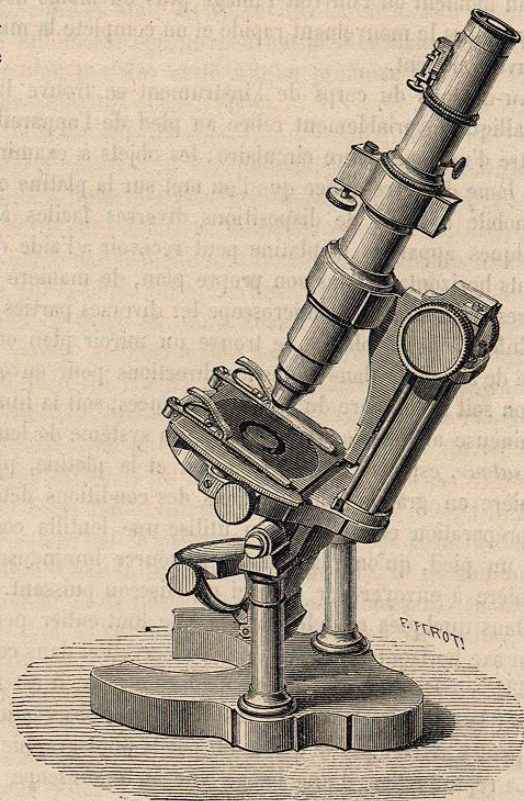


Fig. 306.

de cette image sont beaucoup plus considérables que ceux de l'objet par rapport à l'objectif, si bien que pour mettre au point, pour passer d'une image indistincte à une image nette, il faut faire varier la distance à l'objet de quantités très minimes : le mouvement lent s'impose donc. Mais pour que la mise au point ne soit pas trop longue, ce qui se produirait si l'on se servait uniquement de la vis, on se sert de la crémaillère jusqu'au moment où l'on voit l'image plus ou moins nettement. On abandonne alors le mouvement rapide et on complète la mise au point avec le mouvement lent.

Au-dessous du corps de l'instrument se trouve la *platine*, plaque métallique invariablement reliée au pied de l'appareil et percée en son centre d'une ouverture circulaire ; les objets à examiner sont posés sur une lame de verre mince que l'on met sur la platine où on la maintient immobile à l'aide de dispositions diverses faciles à concevoir. Dans quelques appareils la platine peut recevoir à l'aide de vis des déplacements horizontaux dans son propre plan, de manière à pouvoir amener successivement sous le microscope les diverses parties de la préparation.

Enfin, sous la platine se trouve un miroir plan ou concave, susceptible de s'incliner dans toutes les directions pour envoyer sur la préparation soit la lumière du ciel ou des nuées, soit la lumière d'une source lumineuse artificielle. Quelquefois, un système de lentilles, appelé *condensateur*, est placé entre le miroir et la platine, pour envoyer de la lumière en grande quantité dans des conditions déterminées. Lorsque la préparation est opaque, on utilise une lentille convergente, montée sur un pied, qu'on place entre la source lumineuse et la platine, de manière à envoyer sur celle-ci un faisceau puissant.

Dans quelques modèles, le système tout entier peut basculer autour d'un axe horizontal pour faciliter l'observation dans certains cas.

631. — Dans un très grand nombre de cas, il est nécessaire de conserver la trace matérielle du résultat d'une observation microscopique : on peut y arriver par le dessin ou par la photographie.

La reproduction d'une image vue au microscope à l'aide du dessin repose sur l'emploi de la chambre claire : nous avons indiqué comment il convient d'opérer (604) et nous avons signalé quelques précautions à prendre. Nous n'y reviendrons pas.

La reproduction photographique de l'image peut être obtenue suivant deux méthodes différentes : dans un cas on recueille sur une feuille de papier sensible l'image réelle fournie par l'objectif ; à cet effet, on enlève l'oculaire et on le remplace par une petite chambre noire que, moyennant certaines précautions, on met dans une position telle que l'image réelle se fait sur la feuille sensible.

On peut au contraire conserver le microscope sans modification et placer à la suite une véritable chambre noire dont on a enlevé l'objectif.

L'objet étant fortement éclairé, on modifie sa distance à l'appareil jusqu'à avoir une image réelle nette sur un écran que l'on remplace ultérieurement par une feuille sensible. Dans d'autres cas, on ne déplace pas l'objet, mais dans la chambre noire, derrière l'ouverture, se trouve une lentille qui fait réellement fonction d'objectif et permet d'obtenir une image réelle sur l'écran.

Enfin, M. Fayel a obtenu des épreuves sans rien changer à la distance de l'objet au microscope et sans interposer de lentilles. Les faisceaux sortant divergents du microscope ne peuvent donner d'images réelles ; mais ces faisceaux sont très fins et il doit se produire la même action que dans la photographie sans objectif (606).

632. — S'il est souvent utile de conserver la reproduction matérielle de la forme des objets observés, il est quelquefois nécessaire de déterminer leurs dimensions. Deux méthodes principales sont employées : elles reposent l'une et l'autre sur l'emploi du *micromètre objectif*. On appelle ainsi une lame de verre sur laquelle sont tracées des divisions très fines et très rapprochées, par exemple des lignes distantes de 0,01 de millimètre.

La première méthode exige en outre l'emploi de la chambre claire ; voici comment on opère : le micromètre étant posé sur la platine, on place à côté de l'appareil sur la table qui le supporte une règle graduée, et à l'aide de la chambre claire on superpose l'image du micromètre et les divisions de la règle. On voit ainsi que 1 division du micromètre, soit  $0^{\text{mm}},01$  occupe 2 divisions de la règle, 2 millimètres par exemple ; chaque division de cette règle correspond donc à  $0^{\text{mm}},005$ . On remplace alors le micromètre par la préparation étudiée ; de la même façon, à l'aide de la chambre claire on superpose l'image de cette préparation et la règle. Si un élément de la préparation occupe alors 1 division de la règle, sa longueur sera de  $0^{\text{mm}},005$ , s'il en occupe 2, 3, sa longueur sera 0,010 ou 0,015, etc.

La seconde méthode utilise le micromètre oculaire, lame de verre sur laquelle sont tracées des divisions assez rapprochées, mais moins fines que celles du micromètre objectif ; ces divisions sont en général égales à  $0^{\text{mm}},1$ , mais leur valeur pourrait être quelconque. On place le micromètre objectif sur la platine et l'on introduit le micromètre oculaire, par des ouvertures pratiquées à cet effet dans le corps du microscope, de telle sorte qu'il coïncide exactement comme position avec l'image réelle fournie par l'objet. L'observateur regardant avec l'oculaire comme loupe voit donc, au même endroit, l'image du micromètre objectif et les divisions du micromètre oculaire : il voit, par exemple, que 4 divisions du micromètre objectif donnent une image égale à 1 division du micromètre oculaire ; une image qui occupe cette étendue correspond donc à un objet de  $0^{\text{mm}},04$ . On enlève alors le micromètre objectif et on le remplace par la préparation ; si un élément de cette préparation donne une image

qui se superpose à 1 division du micromètre oculaire, c'est que cet élément a une longueur de  $0^{\text{mm}},04$ ; si un élément donne une image qui se superpose à 2, 3, ... divisions du micromètre oculaire ou n'occupe que  $1/2$  division, on en conclut immédiatement que sa longueur est de  $0^{\text{mm}},08$ ;  $0^{\text{mm}},12$ , ... ou seulement de  $0^{\text{mm}},02$ , etc.

Si on connaissait le *grandissement* fourni par l'appareil, l'opération serait simplifiée; le grandissement étant le rapport de la grandeur de l'image à celle de l'objet, il suffirait de mesurer à l'aide de la chambre claire et d'une règle divisée la longueur de l'image de l'objet observé : en divisant par la valeur du grandissement cette longueur, on aurait la longueur de l'objet.

Nous allons d'ailleurs indiquer comment on peut mesurer le grandissement pour un appareil donné.

La position du 1<sup>er</sup> foyer principal du système complet peut occuper des positions diverses suivant le modèle considéré, et dans le cas où il est en arrière de l'oculaire sa distance à cette lentille peut avoir des valeurs très diverses.

Si le foyer est plus éloigné de l'oculaire que 15 millimètres, le centre optique de l'œil peut être placé en avant de ce point et l'image rétinienne est la plus nette possible si la vision se fait au p. proximum : nous avons dit, d'une manière générale (618), que dans ce cas le *grossissement* est égal au *grandissement* fourni par l'appareil, c'est-à-dire au rapport entre la grandeur de l'image placée au p. proximum et la grandeur de l'objet. On peut mesurer la grandeur de l'image d'une division du micromètre objectif, à l'aide de la chambre claire, comme nous l'avons dit; seulement il ne faut pas dans ce cas placer la règle à laquelle on compare l'image du micromètre objectif à une distance quelconque; il faut au contraire faire varier celle-ci progressivement en rapprochant la règle de l'œil le plus possible sans que la vision cesse d'être nette : la vision se fera alors au p. proximum. Il faudra, d'autre part, s'assurer avec soin, comme nous l'avons dit, que l'image du micromètre se fait bien à la même distance.

Quand ces conditions sont remplies, on a le grandissement en divisant la longueur de l'image par la longueur connue de la division observée.

Faute de prendre ces précautions, la mesure du grandissement que fournit la méthode que nous venons d'indiquer n'a plus aucune signification et ne peut renseigner sur le grossissement; c'est ce qu'il est facile de voir. Soit  $d$  la distance quelconque à laquelle se fait l'image qui est de grandeur  $I$ ; le diamètre apparent  $\alpha_i$  est donné par la relation  $\alpha_i = \frac{I}{d}$ , d'après la définition : il est à remarquer que dans cette formule  $I$  croît en même temps que  $d$ , les images étant d'autant plus grandes qu'elles sont plus éloignées.

Le grossissement  $g$  qui est égal à  $\frac{\alpha_i}{\alpha_o}$  prend alors la valeur :

$$g = \frac{I}{d} : \frac{O}{\pi} = \frac{I}{O} \cdot \frac{\pi}{d},$$

car  $\frac{O}{\pi}$  est le diamètre apparent de l'objet vu au p. proximum.

Si nous appelons  $\gamma$  le grandissement qui est  $\frac{I}{O}$  et qui est fourni par la chambre claire, on voit que l'on a :

$$g = \gamma \cdot \frac{\pi}{d}.$$

La mesure du grandissement ne renseigne pas sur celle du grossissement, sauf pour le cas où l'on a  $\pi = d$  et où, comme nous l'avons dit, il vient  $g = \gamma$ . Mais pour les autres cas, comme on a nécessairement  $\pi < \alpha$ , on a toujours  $g < \gamma$ .

Les mêmes considérations s'appliqueraient au cas où le premier foyer du système serait plus rapproché de la lentille que 15 millimètres; le centre optique de l'œil serait alors placé derrière le foyer, et la vision se ferait dans les meilleures conditions pour la vision sans accommodation (615), l'image étant au p. remotum dont nous désignerons par  $\rho$  la distance à l'œil.

La formule générale que nous venons de trouver s'applique à ce cas immédiatement et il vient :

$$g = \frac{I}{O} \cdot \frac{\pi}{\rho} = \gamma \cdot \frac{\pi}{\rho}.$$

Bien entendu, ici encore, la mesure du grandissement donnée pour la chambre claire ne renseigne pas sur le grossissement qui est cependant seulement l'élément intéressant.

En général, les constructeurs indiquent quel grossissement on peut obtenir pour une combinaison déterminée d'objectif et d'oculaire; mais ces indications n'ont qu'un intérêt limité; car, faute de savoir dans quelles conditions ont été mesurées les images, on ne peut connaître le grossissement réel. Cependant, comme il est au moins probable que les images ont été mesurées toutes à la même distance  $d$ , on voit que les valeurs de  $g$  sont proportionnelles à celles de  $\gamma$ .

En adaptant une chambre claire à un microscope et en plaçant au besoin devant l'œil des verres convenablement choisis, on reconnaît sans peine que l'on peut produire l'image virtuelle qu'on voit à telle distance de l'œil que l'on veut, et que cette image est d'autant plus grande qu'elle est plus éloignée, ainsi que le montre la comparaison directe avec une règle divisée. Mais on reconnaît aussi que, quelle que soit la distance,

il n'y a guère de changements dans l'image perçue; c'est que, en effet, le diamètre apparent change peu (il ne change pas du tout si le centre optique de l'œil coïncide avec le premier foyer principal du système) et qu'il en est de même par suite de l'image rétinienne.

La possibilité d'obtenir l'image virtuelle à des distances différentes et de pouvoir mesurer la grandeur de cette image à l'aide de la chambre claire permet de déterminer la distance focale et par suite la puissance d'un microscope en appliquant la méthode que nous avons indiquée précédemment (437).

633. — Dans les microscopes très puissants pour lesquels on a cherché à faire disparaître les défauts possibles, tels que l'aberration, par exemple, on ne peut atteindre ce résultat qu'à l'aide de conditions qui cessent d'être satisfaites si l'on apporte la moindre modification aux circonstances de l'observation. Telle est, par exemple, l'influence du couvre-objet, lame mince de verre qui, presque toujours, recouvre la préparation. Examinons l'influence que cette lame peut avoir.

Soit  $LL'$  (fig. 307) l'objectif, et soit  $A$  la position que doit occuper le point lumineux : les rayons qui en émanent, tels que  $AB$ ,  $AC$  et  $AD$  ne donnent pas après leur passage dans la lentille un faisceau rigoureusement homocentrique : les images ultérieurement produites présenteraient donc des aberrations, si les lentilles suivantes n'étaient pas choisies de manière à détruire ces aberrations autant que possible.

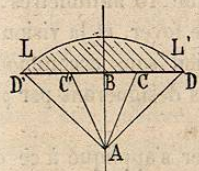


Fig. 307.

Supposons maintenant que l'objet soit recouvert d'une lame de verre, telle sorte que le point  $A$  soit à la face inférieure de cette lame. Pour que les rayons arrivent en  $D$ , par exemple, dans les mêmes conditions que précédemment, c'est-à-dire ayant une direction telle qu'ils paraissent venir d'un point  $A_1$  situé à la même distance de la lentille que le point  $A$  du cas précédent, il faut que le point lumineux actuel  $A$  soit situé à une plus grande distance de  $B$  (387) par la réfraction en  $I$ , les rayons tels que  $AID$  arriveront sur la lentille sous le même angle que précédemment.

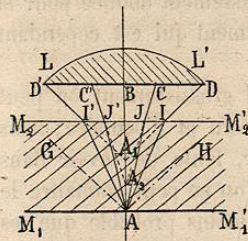


Fig. 308.

Il en serait de même de tous les autres rayons et rien dès lors ne serait changé, si le passage à travers une lame à faces parallèles conservait l'homocentricité, mais nous avons dit qu'il n'en est rien, et qu'un rayon tel que  $AJ$  sort en  $JC$ , non comme s'il venait du point  $A_1$ , mais comme s'il venait d'un point tel que  $A_2$ ; ce n'est plus un faisceau homocentrique qui tombe sur l'objectif, et les corrections ultérieures prévues

ne sont plus celles qui conviennent. Il faudrait pouvoir modifier ces corrections suivant les modifications de forme que peut présenter le faisceau, suivant l'épaisseur et la nature du verre du couvre-objet, par conséquent.

On arrive à produire la modification convenable par l'emploi d'un objectif à correction; c'est un objectif composé dans lequel, à l'aide d'une disposition spéciale, on peut faire varier les distances des lentilles qui le composent. Pour chaque couvre-objet, il faudra déplacer le système d'une quantité convenable, variable suivant les dimensions de celui-ci.

634. — Le couvre-objet a un autre inconvénient, celui de diminuer l'éclaircissement de l'image : cet affaiblissement de l'éclaircissement tient, d'une part, à ce que, comme il arrive toujours, il y a sur la surface d'émergence du couvre-objet, sur la face supérieure, une réflexion qui diminue l'intensité du faisceau arrivant sur l'objectif. D'autre part, le faisceau utile est diminué d'amplitude : s'il n'y avait pas de couvre-objet le faisceau utile (fig. 307) aurait un angle égal à  $DAD'$ , égal à  $DA_1D'$  (fig. 308) ou à  $HAG$ , tandis qu'on voit que le faisceau qui arrive à l'objectif lorsqu'il y a le couvre-objet est  $IAI'$  moindre que  $HAG$ .

On évite ces deux causes de diminution dues à l'emploi du couvre-objet, et on en supprime ou on en diminue une autre, due aux pertes par réflexion sur la première face de l'objectif par l'emploi de l'immersion.

Le principe de cette méthode consiste à intercaler entre le couvre-objet et l'objectif une goutte d'un liquide ayant le même indice de réfraction que le verre, autant que possible. Dans ce cas, il n'y a de perte par réflexion ni à la face supérieure du couvre-objet, ni à la première face de l'objectif, car les pertes de ce genre se produisent aux surfaces de séparation de deux milieux inégalement réfringents. De plus, comme il n'y a pas de réfraction à la sortie du couvre-objet, le faisceau qui pénètre dans l'oculaire a un plus grand angle que lorsque la lumière doit passer du verre à l'air.

On reconnaît d'autre part que, pour un objectif déterminé, c'est-à-dire pour une position de  $A_1$  (fig. 309), la distance à laquelle il faut que soit placé le point  $A$  est d'autant plus grande que la lame est plus épaisse; la distance sera donc la plus grande possible quand la substance réfringente qui forme le couvre-objet se continuera sans interruption jusqu'à l'objectif par la couche liquide interposée; inversement, on voit que pour une même distance de l'objet à l'objectif, pour une même distance frontale on pourra employer une lentille de plus petite distance focale, de plus grande puissance, par conséquent.

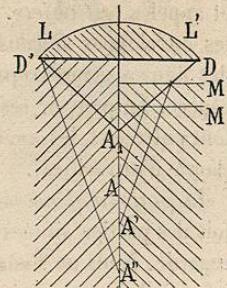


Fig. 309.

Le principe de l'immersion, introduit dans la pratique par Amici, permet d'obtenir des résultats très favorables; mais pour qu'il en soit ainsi, il faut faire usage d'objectifs spécialement disposés en vue de cet usage : on les désigne sous le nom d'*objectifs à immersion*.

Nous ne pouvons étudier d'une manière absolument complète toutes les questions qui se rattachent au microscope; nous dirons seulement que si les considérations précédentes suffisent absolument pour le cas des instruments ordinaires, il n'en est pas de même pour les instruments de grande puissance destinés à l'examen de très petits détails d'un objet. Dans ce cas interviennent d'autres éléments dont il est nécessaire de tenir compte, et parmi lesquels nous citerons les phénomènes de diffraction dont nous parlerons plus loin.

635. — A certains égards, le grossissement renseigne numériquement sur les avantages que l'on peut retirer de l'emploi d'un microscope. Mais cette donnée n'est pas suffisante, et il est nécessaire que cet appareil présente, en outre, certaines propriétés que nous allons indiquer rapidement. Il faut d'abord que les images fournies par le microscope présentent une grande netteté de contour, soit de l'objet tout entier, soit des détails qu'il comprend. Le *pouvoir définissant* d'un microscope est d'autant plus grand que les contours sont plus nets. Cette qualité est liée à la correction plus ou moins parfaite des aberrations de sphéricité et de réfrangibilité. Son appréciation est toute personnelle, et il n'existe pas de moyen de l'évaluer.

Le *pouvoir résolvant* est la qualité qui permet de voir le plus grand nombre de détails possible : on l'apprécie par la possibilité de distinguer certaines particularités d'objets très petits conventionnellement adoptés et appelés *test objets*. Ce sont presque exclusivement des diatomées dont les enveloppes siliceuses présentent des lignes formant des réseaux et des figures géométriques qui sont toujours les mêmes pour une même espèce. Le pouvoir résolvant dépend de l'angle plus ou moins grand que font entre eux les rayons les plus obliques qui parviennent à l'objectif (angle d'ouverture).

Le *pouvoir pénétrant* est la qualité qui permet de voir nettement à la fois des parties situées à des profondeurs différentes de l'objet que l'on regarde. Nous ne sommes pas bien convaincu que ce soit là une qualité essentielle, et nous croyons qu'il est préférable d'examiner successivement les parties situées à des profondeurs différentes. Le pouvoir pénétrant est d'autant plus grand que le faisceau qui arrive à l'objectif est plus étroit : cette qualité est donc contradictoire avec l'existence d'un fort pouvoir résolvant, et nous croyons que cette dernière qualité est plus utile, de beaucoup.

636. **Microscope binoculaire.** — Les images vues au microscope étant produites dans un seul œil ne peuvent donner la sensation de relief

et l'on peut seulement prévoir l'existence du relief pour la forme et la répartition des ombres et des lumières.

Il est possible d'obtenir la sensation de relief dans les observations microscopiques par l'emploi du *microscope binoculaire* dont nous allons indiquer le principe.

Soit AB (fig. 310) un élément en relief sur la surface CD de la prépa-

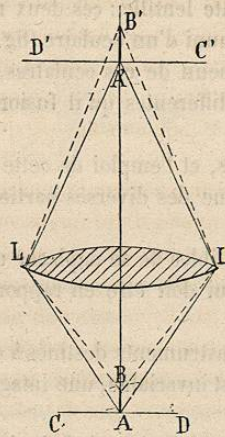


Fig. 310.

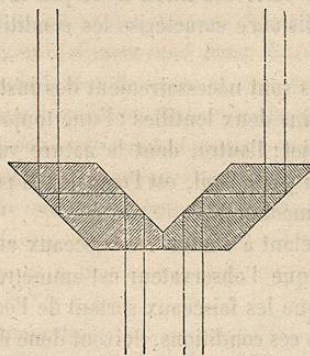


Fig. 311.

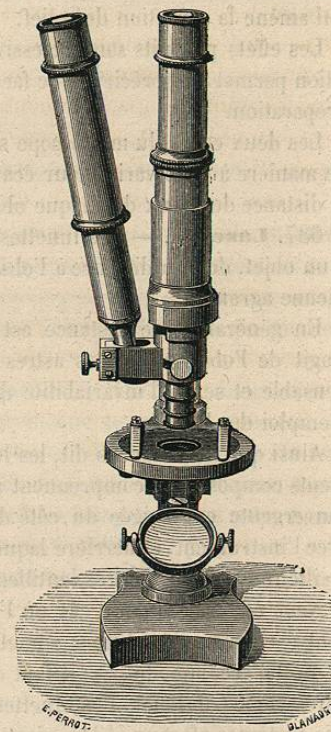


Fig. 312.

ration que l'on regarde; l'image de celle-ci étant en C'D', l'image de AB sera en A'B'. Les faisceaux qui contribuent à former cette image et qui ont la lentille pour base peuvent être considérés comme formés chacun de deux demi-faisceaux. Ceux de droite, par exemple, correspondent au sommet B et à la face de droite de l'élément, ceux de gauche au sommet B et à la face de gauche de l'élément : il y a donc entre ces faisceaux une différence analogue à celle des faisceaux qui partent d'un objet pour arriver à chacun des yeux : si donc on fait arriver à l'œil droit le faisceau