

la distance minimum de la vision distincte, et l'objet vu à l'œil nu à la même distance.

Pour calculer le grossissement, nous supposons que le centre optique de l'œil et celui de la lentille se confondent : la valeur approchée ainsi obtenue ne différera pas beaucoup de la valeur réelle, puisque l'œil est toujours placé très près de la lentille, afin de recueillir, autant que possible, les rayons lumineux divergents.

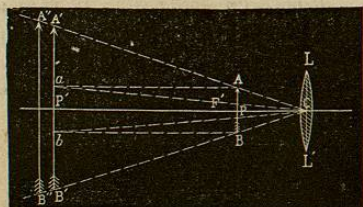


Fig. 667.

Soit  $AB$  (fig. 667) 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  $\frac{AP'}{PC}$  et  $\frac{aP'}{PC}$ ; supprimant alors le diviseur commun  $PC$ , il vient

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

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

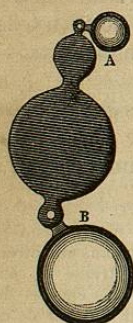


Fig. 668. — Loupes.

désigne par  $D$  la distance minimum de la vision distincte, et si l'on remarque que la distance  $CP$  diffère peu de la distance focale principale  $f$  de la lentille, 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. — Mais on ne peut diminuer la distance focale d'une lentille, qu'en augmentant la courbure de ses faces. Dès lors, les loupes dont les faces présentent une grande surface et une faible courbure, comme

$B$  (fig. 668), sont des loupes peu grossissantes; celles qui ont une surface plus petite et une courbure plus prononcée, 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*.

#### 791. 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. 667) 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  $CAA'A''$  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 (749), 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.

792. **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 (\*).

La figure 669 indique la marche des rayons :  $W$  est l'objectif, dont les foyers sont en  $f$  et en  $f'$ ;  $LL'$  est l'oculaire, dont les foyers sont en  $F$  et en  $F'$ . — L'objet  $AB$ , placé à une distance  $Pc$  de l'objectif un peu supérieure à la distance focale principale  $f$ , donne une image réelle  $A_1B_1$ , renversée et agrandie. L'oculaire  $LL'$  est placé à une distance  $P_1C$  de l'image  $A_1B_1$  inférieure à sa distance focale principale  $F_1C$ ; les rayons, qui se sont croisés aux différents points de l'image aérienne  $A_1B_1$ , se com-

(\*) 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 Leuwenhœck, dont les travaux datent de la fin du dix-septième siècle.

portent par rapport à l'oculaire comme s'ils émanaient d'un objet placé en  $A_1B_1$  : il se forme une image virtuelle  $A'B'$ , visible pour l'œil placé au delà de l'oculaire (\*). — En réglant convenablement les diverses distances, on amène cette image virtuelle à se former, pour chaque observateur, à la distance minimum de la vision distincte.

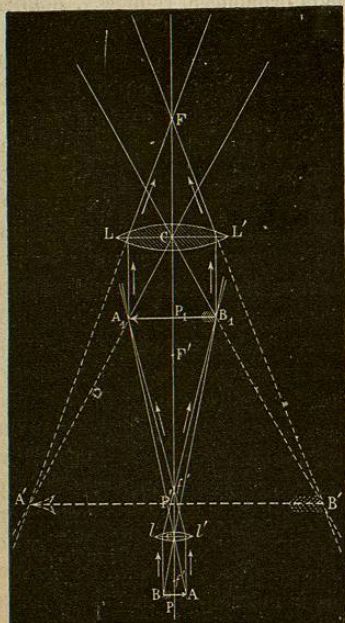


Fig. 669. — Formation des images dans le microscope composé.

La lumière des nuages ou celle d'une lampe, et qui renvoie cette lumière dans l'ouverture du porte-objet. Lorsque les objets sont opaques, on les éclaire par la partie supérieure, au moyen d'une lentille convergente placée latéralement. — Le collier C, qui soutient le tube du microscope, est fixé à la colonne creuse D ; une vis V, placée dans l'axe de cette colonne, permet de faire monter ou descendre la colonne elle-même, de manière à éloigner ou à rapprocher le tube AB du porte-objet, pour *mettre au point*.

L'oculaire est formé, en général, de deux lentilles convergentes, combinées de manière à constituer l'un des systèmes d'oculaires composés qui seront indiqués plus loin (797). L'objectif comprend deux ou trois lentilles à très court foyer. — On a, pour un même instrument, plusieurs systèmes d'objectifs et d'oculaires, que l'on peut substituer les uns aux autres pour obtenir des grossissements variables.

(\*) Dans la figure 669, on a effectué d'abord, pour déterminer les extrémités de l'image réelle  $A_1B_1$ , les constructions qui ont été indiquées pour le microscope solaire (787) ; ensuite, pour déterminer les extrémités de l'image virtuelle  $A'B'$ , les constructions indiquées à propos de la loupe (789).

**794. Grossissement du microscope.** — Le grossissement linéaire du microscope composé se définit, comme celui de la loupe, par le rapport entre les *diamètres apparents* de deux dimensions homologues de l'image virtuelle et de l'objet, l'image et l'objet étant supposés l'une et l'autre à la distance minimum de la vision distincte. On peut voir, par un raisonnement semblable à celui qui a été fait pour la loupe (790), que ce grossissement est égal au rapport entre les *grandeurs* de ces deux dimensions homologues, en sorte que, en se reportant à la figure 669, on a :  $G = \frac{A'B'}{AB}$ . Cette expression peut s'écrire :

$$G = \frac{A'B'}{A_1B_1} \times \frac{A_1B_1}{AB}$$

Or  $\frac{A'B'}{A_1B_1}$  représente le grossissement de l'oculaire (790) ;  $\frac{A_1B_1}{AB}$  mesure

celui de l'objectif ; donc le grossissement d'un microscope composé est exprimé par le produit des grossissements de l'objectif et de l'oculaire.

**795. Mesure expérimentale du grossissement du microscope, au moyen de la chambre claire.** — La figure 671 représente une chambre claire que l'on peut adapter aux microscopes, et qui permet d'obtenir une mesure directe du grossissement. Un petit miroir métallique  $mn$ , percé en son centre d'une petite ouverture circulaire, se fixe, au moyen d'une bague métallique, au-dessus de l'oculaire L, de manière à être incliné d'environ 45 degrés sur l'axe du tube : un prisme à réflexion totale  $abc$  est disposé latéralement, de façon que sa face hypoténuse soit sensiblement parallèle à  $mn$ . L'œil, placé en O, tout près de l'ouverture du miroir, reçoit, à travers cette ouverture, les rayons émis par l'objet AB et transmis par l'instrument. D'autre part, si l'on dispose une feuille

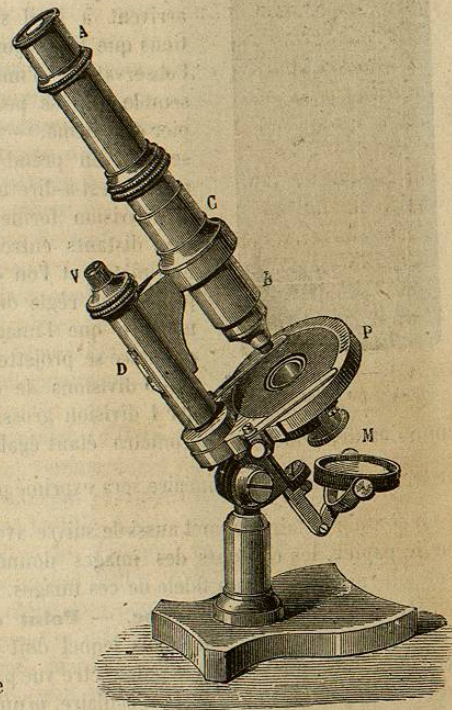


Fig. 670. — Microscope composé.

de papier P au-dessous

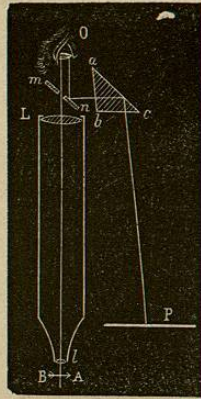


Fig. 671. — Chambre claire adaptée au microscope.

du prisme  $abc$ , les rayons envoyés par cette feuille, se réfléchissant sur la face hypoténuse du prisme  $abc$ , puis sur le miroir  $mn$ , arrivent à l'œil suivant les mêmes directions que les rayons venus de l'objet. Pour l'observateur, l'image virtuelle de l'objet semble donc se peindre sur la feuille de papier elle-même. — Pour mesurer le grossissement, on prend comme objet un *micromètre*, c'est-à-dire une lame de verre portant une division formée de traits extrêmement fins, distants entre eux de 1 centième de millimètre, et l'on dispose sur la feuille de papier une règle divisée en millimètres, de manière que l'image des divisions du micromètre se projette sur la règle. Supposons que 5 divisions de la règle soient couvertes par 1 division grossie du micromètre : chacune des divisions du micromètre étant égale à 1 centième de millimètre, le grossissement linéaire sera exprimé par  $\frac{5}{0,01}$ , ou 500.

La chambre claire permet aussi de suivre avec la pointe d'un crayon, sur le papier, les contours des images données par le microscope, et d'obtenir ainsi un dessin fidèle de ces images.

796. **Champ du microscope. — Point oculaire.** — Le *champ* d'un microscope est l'espace dans lequel doit être compris un point extérieur, pour que son image puisse être vue par l'œil placé à l'oculaire.

Soit  $W$  (fig. 672) l'objectif,  $LL'$  l'oculaire,  $m$  un point de l'objet et  $m'$  son foyer conjugué par rapport à l'objectif. Les rayons qui concourent à la production de l'image  $m'$  forment, avant la réfraction, un faisceau divergent qui a pour sommet  $m$  et pour base  $W$ ; après la réfraction, un faisceau convergent qui a pour base  $W$  et pour sommet  $m'$ . Pour que le point  $m$  soit compris dans le champ, il suffira donc que ce dernier faisceau rencontre l'oculaire. Or le faisceau  $lm'v$  est toujours formé de rayons qui s'écartent très peu de son axe  $cm'$ ; on peut donc dire que la condition, au moins approximative, pour que le point  $m$  soit compris dans le champ, c'est que la droite  $mc$ , menée du point  $m$  au centre optique de l'objectif, aille rencontrer l'oculaire. — De là résulte enfin que, si l'on imagine un cône ayant son sommet au centre optique  $c$  de l'objectif et s'appuyant sur les bords de l'oculaire  $LL'$ , la nappe inférieure  $lcl$  de ce cône sera la limite du champ.

Si maintenant on considère les rayons qui forment les axes des faisceaux lumineux correspondant aux divers points du champ, ces rayons, passant tous au centre optique  $c$  de l'objectif, se comportent comme

s'ils émanaient du point  $c$  lui-même, et viennent ensuite, après avoir été réfractés par l'oculaire, passer par le point  $C'$ , foyer conjugué de  $c$  par rapport à  $LL'$ . — C'est donc en ce point  $C'$  que l'œil doit être placé, pour embrasser le champ tout entier. — Pour cette raison, ce point a reçu le nom de *point oculaire*.

797. **Des divers systèmes d'oculaires composés, employés dans les microscopes.** — Les oculaires des microscopes ne consistent jamais en une simple lentille convergente : ils sont toujours formés par un système de deux lentilles, constituant un *oculaire composé*. — Selon la position des ces lentilles par rapport à l'image réelle fournie par l'objectif, le système prend le nom d'*oculaire négatif* ou d'*oculaire positif*.

1° L'*oculaire négatif*, ou *oculaire d'Huyghens*, peut être considéré comme différent d'un oculaire simple  $LL'$  (fig. 672) par l'addition d'une seconde lentille  $L_1L_1'$ , placée entre l'objectif  $W$  et le plan où viendraient se former les images réelles : de là résulte que l'image réelle d'un point tel que  $m$  n'est plus au point  $m'$  où l'objectif tendait à la former, mais en un point  $m_1$ , situé entre le point  $m'$  et le centre optique  $C_1$  : c'est ce point  $m_1$  que l'on regarde au travers de la lentille  $LL'$  (\*).

Il est facile de voir que, si les courbures de ces lentilles sont convenablement calculées, l'*achromatisme* de l'image virtuelle peut être obtenu au moyen de cet oculaire composé, lors même que l'objectif ne serait pas achromatique. — En effet, soient  $a'b'$  et  $a''b''$  (fig. 675) l'image rouge et l'image violette que formeraient les rayons de ces deux couleurs, après avoir été réfractés par l'objectif  $W$ ; l'interposition de la lentille  $L_1L_2'$

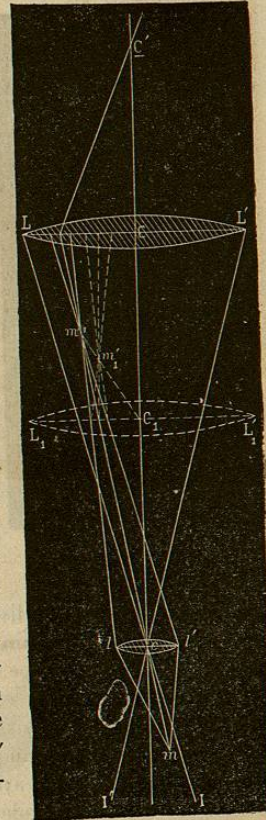


Fig. 672.

(\*) Cette lentille  $L_1L_1'$  est quelquefois désignée sous le nom de *verre de champ* ou de *lentille collective*. On voit, en effet, que l'interposition de cette lentille ramène vers le centre  $C$  l'axe du faisceau provenant du point  $m$  qui vient rencontrer cette lentille. Il peut donc arriver que ce faisceau rencontre alors la lentille  $LL'$ , lors même que la droite  $cm'$  ne la rencontrerait pas. Donc la présence de la lentille  $L_1L_1'$  augmente le champ de l'instrument. — En revanche, elle diminue le grossissement, puisque chacun des points de l'image réelle est ainsi rapproché de l'axe de l'appareil.

transportera les points  $a'$  et  $a''$  en leurs foyers conjugués  $a_1$  et  $a_2$ , situés sur les axes secondaires  $C_1a'$  et  $C_1a''$  : on conçoit donc qu'on puisse calculer les distances focales des deux verres de l'oculaire, de façon que les points  $a_1$  et  $a_2$  soient en ligne droite avec le centre optique  $C$  de  $LL'$ , en sorte que ces deux points soient vus par l'œil dans la même direction, c'est-à-dire que les images de diverses couleurs se superposent.

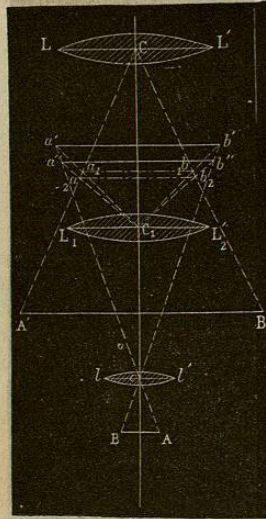


Fig. 673.

calculées de façon à réaliser l'achromatisme de l'image virtuelle.

798. **Lunette astronomique.** — La lunette astronomique comprend, comme le microscope composé, un *objectif* convergent, donnant une image réelle de l'objet, et un *oculaire* convergent, faisant fonction de loupe, et donnant une image virtuelle qui est contemplée par l'œil (\*). — Mais, la lunette astronomique étant destinée à l'observation d'objets très éloignés, l'objectif doit avoir une *surface* aussi grande que possible, afin d'admettre la plus grande quantité possible de lumière, contribuant à la formation de l'image réelle. Or, une lentille ne peut avoir une grande surface qu'à la condition d'avoir de grands rayons de courbure et, par suite, une *distance focale* considérable. De là, la longueur qu'on est obligé de donner aux lunettes astronomiques, longueur d'autant plus grande que l'instrument est plus puissant.

La figure 674 rend compte de la formation des images. Soit  $L$  l'objectif et  $L'$  l'oculaire; l'objet est supposé à gauche de  $L$  et très éloigné. Un peu au delà du foyer  $F$  de  $L$ , mais très près de ce foyer, se forme une image réelle, renversée et très petite, de l'objet; elle a été représentée en  $A_1B_1$  et l'on s'est borné à tracer les axes secondaires  $ACA_1$

(\*) L'invention de la *lunette astronomique* paraît due à Zacharias Jansen, et remonte aux dernières années du seizième siècle.

et  $BCB_1$  de ses extrémités. L'oculaire  $L'$ , à travers lequel on regarde l'image aérienne  $A_1B_1$ , a son foyer principal un peu à gauche de cette

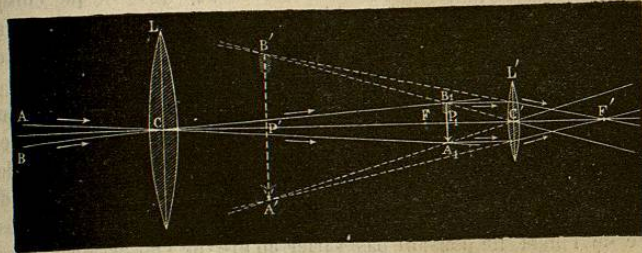


Fig. 674. — Formation des images dans la lunette astronomique.

image, dans le voisinage du foyer  $F$ ; il substitue à cette image une image virtuelle  $A'B'$ , droite par rapport à  $A_1B_1$ , mais renversée par rapport à l'objet.

L'impossibilité où l'on est de changer la distance de l'objet à l'instrument, comme on le faisait pour le microscope, oblige ici à faire mouvoir l'oculaire, pour *mettre au point*. — L'objectif, formé par un système de

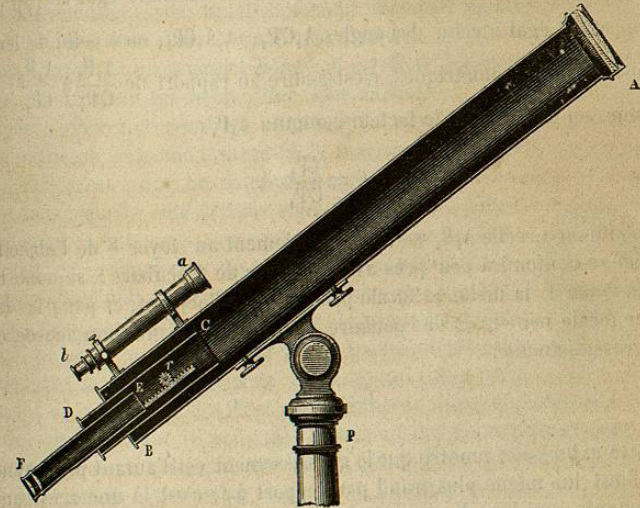


Fig. 675. — Lunette astronomique.

lentilles achromatiques, est assujéti en  $A$  à l'extrémité d'un gros tube de métal  $AB$  (fig. 675) : dans l'autre extrémité  $B$ , s'engagent deux tirages  $CD$  et  $EF$ , c'est-à-dire deux tubes de diamètres plus petits, dont le dernier porte l'oculaire  $F$ . Cet oculaire est toujours, comme dans le micro-

scope, un *oculaire composé*, tantôt *positif*, tantôt *négatif* (797). — Pour obtenir une image aussi parfaite que possible, on commence par faire mouvoir à la main le tube EF dans le tube CD, jusqu'à ce que l'image apparaisse avec une certaine netteté : on achève ensuite de mettre au point, en imprimant au tube CD de petits déplacements, au moyen de l'engrenage  $r$  qui correspond à un bouton extérieur.

799. **Grossissement de la lunette astronomique.** — Dans la lunette astronomique, comme dans tous les instruments d'optique, on doit appeler *grossissement* le rapport du diamètre apparent de l'une des dimensions de l'image, vue dans l'instrument, au diamètre apparent de la dimension correspondante de l'objet vu à l'œil nu. Mais ici, la distance de l'objet ne pouvant pas varier au gré de l'observateur, il est nécessaire de considérer le diamètre apparent de l'objet tel qu'il est vu, sans instrument, dans sa position réelle.

Supposons toujours que le centre optique de l'œil et celui de l'oculaire  $L'$  (fig. 674) se confondent : le diamètre apparent de  $A'B'$  est l'angle  $A'C'B'$ . Pour évaluer celui de la dimension homologue  $AB$  de l'objet, nous supposons, eu égard à la grande distance de cet objet, que l'œil soit transporté au centre optique  $C$  de l'objectif : il voit alors la dimension  $AB$  sous l'angle  $ACB$ . Le grossissement linéaire  $G$  est donc égal à  $\frac{A'C'B'}{ACB}$ . Ce rapport est égal à celui des angles  $A_1CP_1$ , et  $A_1CP_1$ , ou à celui de leurs tangentes trigonométriques, c'est-à-dire au rapport de  $\frac{A_1P_1}{CP_1}$  à  $\frac{A_1P_1}{CP_1}$  ; on a donc, en supprimant le facteur commun  $A_1P_1$  :

$$G = \frac{CP_1}{CP_1'}$$

Or, l'image réelle  $A_1B_1$  se fait sensiblement au foyer  $F$  de l'objectif, lequel se confond à peu près avec le foyer de l'oculaire ; si donc on désigne par  $F$  la distance focale principale de l'objectif, et par  $f$  la distance focale principale de l'oculaire, on aura pour expression approchée du grossissement :

$$G = \frac{F}{f} (*)$$

Cette expression montre que le grossissement est d'autant plus grand que  $F$  est lui-même plus grand par rapport à  $f$  ; c'est là une remarque importante, sur laquelle nous reviendrons plus loin.

(\*) Cette approximation n'est complètement légitime que si l'on suppose l'œil adapté pour la vision à une très grande distance, puisque c'est alors seulement que l'image  $A_1B_1$  doit être vue distinctement dans l'oculaire, être placée très près de son foyer. — C'est ce qu'on exprime quelquefois en disant que l'expression précédente indique la valeur du grossissement pour un œil infiniment presbyte.

800. **Mesure expérimentale du grossissement.** — Pour déterminer par expérience le grossissement d'une lunette, Galilée employait une échelle divisée, placée à une grande distance ; il regardait cette échelle à travers la lunette, avec un œil, tandis qu'il la regardait directement avec l'autre œil ; le grossissement était donné par le nombre  $n$  de divisions vues à l'œil nu, qui correspondaient à une seule division vue à travers la lunette.

Pouillet a perfectionné ce procédé, en employant une espèce de chambre claire (fig. 676), qui se fixe à l'oculaire au moyen des vis  $v, v$ , et qui se compose de deux miroirs métalliques  $m, m'$ , ayant leurs faces réfléchissantes en regard l'une de l'autre, et inclinés à 45 degrés sur l'axe de la lunette. Le miroir  $m$  est percé d'un petit trou, par lequel on voit l'échelle à travers la lunette, tandis que les rayons réfléchis par les deux miroirs, comme l'indique la figure, la font voir telle qu'elle apparaîtrait à l'œil nu.

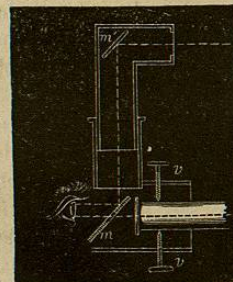


Fig. 676.

801. **Réticule. — Fixation de l'axe optique.** — Dans les recherches astronomiques, les lunettes servent surtout à déterminer exactement les *directions* dans lesquelles se trouvent les astres, par rapport à l'observateur, à un moment donné. Il est donc indispensable de fixer, dans l'instrument lui-même, une *ligne de visée*.

Pour arriver à ce résultat, on place à l'intérieur du tube, dans le plan même où se forme l'image réelle fournie par l'objectif, un *réticule* (fig. 677), c'est-à-dire un diaphragme présentant une ouverture circulaire dans laquelle sont tendus deux fils très fins, perpendiculaires entre eux : ce sont ordinairement des fils d'araignée. — Pour viser un astre, on dirige la lunette de façon que l'œil, placé derrière l'oculaire, voie l'image de cet astre coïncider avec le point de croisement des fils. Il ne peut en être ainsi que si l'astre lui-même est situé dans le prolongement de la droite qui passe par le point de croisement des fils et par le centre optique de l'objectif (755). — On voit donc que le point de croisement des fils détermine, avec le centre optique de l'objectif, une droite qui doit être considérée comme liée à la lunette elle-même, et qui sert à définir la ligne de visée. — C'est cette droite qu'on nomme l'*axe optique* de la lunette (\*).

Fig. 677.  
Réticule.

(\*) La lunette du cathétomètre (fig. 79) n'est autre chose qu'une lunette astronomique, disposée pour la vision d'objets rapprochés ; c'est, en quelque sorte, un instrument intermédiaire entre la lunette astronomique et le microscope composé. L'axe optique y est déterminé, comme dans la lunette astronomique, par un réticule placé dans le plan où se fait l'image réelle donnée par l'objectif.

Des cercles gradués, sur lesquels se meuvent les lunettes, servent à mesurer les angles dont on doit déplacer leur axe optique pour passer d'un astre à un autre.

802. **Champ de la lunette. — Point oculaire.** — En raisonnant comme on l'a fait pour le microscope (796), on verra encore que le *champ* est limité par la nappe antérieure d'un cône ayant son sommet au centre optique de l'objectif, et s'appuyant sur les bords de l'oculaire.

Il en résulte que, avec un même oculaire, le champ est d'autant plus petit que la distance focale principale de l'objectif est plus grande, c'est-à-dire que le grossissement de la lunette est plus considérable (799). Aussi est-il toujours difficile, avec les lunettes très grossissantes, de trouver, sur la voûte céleste, un astre déterminé, faute de pouvoir amener simultanément dans le champ les autres astres qui serviraient de repères. C'est pourquoi on adjoint, aux instruments un peu puissants, une *lunette chercheur* *ab* (fig. 675), ayant un grossissement beaucoup moindre et un champ beaucoup plus grand. L'axe optique du chercheur est rendu sensiblement parallèle à celui de la grande lunette, en sorte que, lorsqu'il est pointé sur un astre déterminé, celui de la grande lunette l'est au moins approximativement, et cet astre apparaît dans le champ de la vision.

Il y a, dans la lunette astronomique, comme dans le microscope, un *point oculaire*, c'est-à-dire un point par lequel passent les rayons de tous les points du champ : c'est encore le foyer conjugué, par rapport à l'oculaire, du centre optique de l'objectif (796). L'œil, placé au point oculaire, voit le champ tout entier.

803. **Divers systèmes d'oculaires composés, adaptés à la lunette astronomique.** — Les oculaires composés employés dans les lunettes astronomiques peuvent être, comme pour le microscope, soit des *oculaires négatifs*, soit des *oculaires positifs* (797). — Ils ont des avantages divers, qui font préférer les uns ou les autres, selon les cas, pour la manière dont ils modifient le champ ou le grossissement.

Il faut remarquer seulement que le réticule doit toujours être placé dans le plan où se forme l'*image réelle*, c'est-à-dire, avec les oculaires *positifs*, entre l'objectif et le système des verres de l'oculaire; avec les oculaires *négatifs*, dans l'intervalle même des verres de l'oculaire.

804. **Lunette terrestre.** — Le renversement des images, qui n'a aucun inconvénient dans les observations astronomiques, serait au contraire peu commode pour l'observation des objets terrestres. — On désigne sous le nom de *lunettes terrestres*, ou *longues-vues*, des lunettes qui diffèrent de la lunette astronomique par l'interposition, entre l'objectif et l'oculaire, d'un système de lentilles ayant pour but de substituer, à l'image réelle et renversée qui est fournie par l'objectif, une autre image *redressée*, par rapport à laquelle l'oculaire fonctionne tou-

jours comme une loupe. — Voici la disposition qui est le plus souvent adoptée.

Au delà de l'image réelle et renversée  $A_1B_1$  (fig. 678) qui est fournie par l'objectif (l'objectif est supposé à gauche, bien en dehors des limites de la figure), on place une première lentille  $C_1$ , à une distance de  $A_1B_1$  moindre que sa distance focale principale  $C_1f_1$ ; cette lentille substitue, à l'image réelle  $A_1B_1$ , une image virtuelle  $A_2B_2$ , qui est encore renversée par rapport à l'objet, et qui est plus grande que  $A_1B_1$ . Au delà de  $C_1$  est une seconde lentille  $C_2$ , placée à une distance de  $A_2B_2$  qui diffère peu

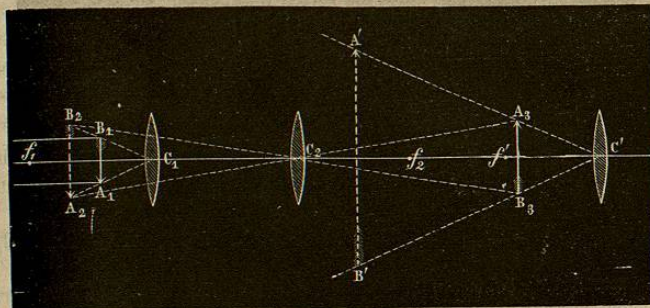


Fig. 678. — Oculaire terrestre.

du double de sa distance focale principale; l'image  $A_2B_2$  se comporte alors par rapport à cette lentille comme un objet, en sorte qu'elle donne en  $A_2B_2$  une image *réelle*, renversée par rapport à  $A_2B_2$ , c'est-à-dire *redressée* par rapport à l'objet, et dont la grandeur diffère peu de celle de  $A_2B_2$ . — C'est cette image redressée qu'on regarde au travers de la lentille oculaire  $C'$ ; le foyer principal  $f'$  de cette lentille est placé de manière qu'elle fonctionne comme une loupe, substituant à l'image  $A_2B_2$  une image virtuelle et grossie  $A'B'$ , qui est encore droite par rapport à l'objet.

On donne le nom de *oculaire terrestre* au système des trois lentilles  $C_1, C_2, C'$ , qui sont fixées dans un même tube, mobile à tirage, de manière à permettre de mettre au point. — L'ensemble des deux lentilles  $C_1$  et  $C_2$ , dont l'adjonction à la lentille oculaire  $C'$  caractérise l'oculaire terrestre, a reçu le nom de *véhicule* (\*).

(\*) Le redressement de l'image pourrait être produit par l'emploi d'une seule lentille complémentaire  $C_2$ , qui substituerait alors, à l'image réelle  $A_1B_1$  fournie par l'objectif, une image réelle placée dans une position analogue à celle de  $A_2B_2$  dans la figure 678. Il semble, au premier abord, qu'on perdrait ainsi simplement l'avantage du grossissement que produit la lentille  $C_1$ , par la substitution de l'image  $A_2B_2$  à l'image  $A_1B_1$ . Mais ce grossissement est toujours peu considérable, et ce n'est pas là