

nous venons de décrire; seulement elle est double, afin de former une image dans chaque œil, ce qui augmente l'éclat.

C'est la lunette de Galilée qui a été la première dirigée vers les astres. C'est avec elle que cet illustre astronome découvrit les montagnes de la lune, les satellites de Jupiter et les taches du soleil.

L'époque de l'invention des lunettes n'est pas connue. Les uns en attribuent la découverte à Roger Bacon, dans le treizième siècle; les autres à J.-B. Porta, à la fin du seizième; quelques-uns, enfin, à Jacques Mélius, Hollandais, qui aurait trouvé par hasard, vers 1609, qu'en combinant deux verres, l'un concave, l'autre convexe, on voyait les objets plus grands et plus rapprochés.

515. **Télescopes.** — Les *télescopes* sont des instruments qui servent à voir les objets éloignés, et particulièrement les astres. La lunette astronomique et la lunette de Galilée sont donc des télescopes. Elles ont, en effet, d'abord porté ce nom, et se désignaient sous celui de *télescopes par réfraction* ou *télescopes dioptriques*; mais aujourd'hui on entend par télescopes, des appareils dans lesquels la réflexion est utilisée, en même temps que la réfraction, au moyen de miroirs et de lentilles, pour montrer les objets éloignés. On a construit plusieurs sortes de télescopes: les plus connus sont ceux de Gregory, de Newton et d'Herschel.

1<sup>o</sup> *Télescope de Gregory.* — La figure 389 représente le télescope de Gregory, monté sur un pied autour duquel il peut tourner et s'incliner plus ou moins; la figure 390 en donne une coupe longitudinale. Ce télescope, qui fut inventé vers 1650, se compose d'un long tube de cuivre; l'un des bouts est fermé par un grand miroir concave M, de métal, percé, à son centre, d'une ouverture circulaire dans laquelle passent les rayons qui se rendent à l'oculaire. Près de l'autre extrémité du tube est un second miroir concave N, aussi de métal, un peu plus large que l'ouverture centrale du grand miroir, et d'un rayon de courbure beaucoup plus petit que lui. Les axes de ces miroirs coïncident avec celui du tube. Le centre de courbure du grand étant en O et son foyer en  $ab$ , les rayons tels que SA, émis par l'astre, se réfléchissent sur ce miroir et viennent former en  $ab$  une image renversée et très-petite de l'astre. Or, la distance des miroirs et leurs courbures respectives sont telles, que le lieu de cette image se trouve entre le centre  $o$  et le foyer  $f$  du petit miroir; d'où il résulte que les rayons, après s'être réfléchis une seconde fois sur le miroir N, vont former en  $a'b'$  une image amplifiée et renversée de  $ab$ , et, par conséquent, droite par rapport à l'astre (fig. 311, réciproque). Enfin, on regarde cette image avec un oculaire P, à un ou à deux verres, qui a pour objet de l'amplifier de nouveau, et qui la fait voir en  $a''b''$ .

Les objets qu'on observe n'étant pas toujours placés à la même distance, le foyer du grand miroir, et, par suite, celui du petit, peuvent varier de position. En outre, la distance de la vue distincte



Fig. 389 (h = 1<sup>m</sup>,20).

n'étant pas la même pour tous les yeux, l'image  $a'b''$  doit pouvoir être placée à des distances différentes. Pour tenir compte de ces variations, il est nécessaire d'éloigner ou d'approcher le petit miroir du grand; pour cela, au moyen d'un bouton A (fig. 389), on fait

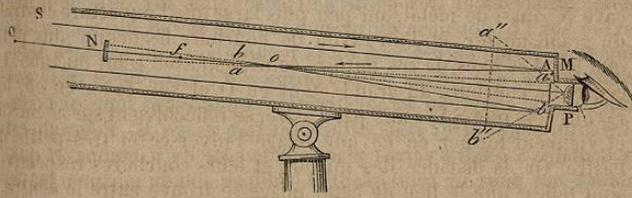


Fig. 390.

tourner une tringle qui fait mouvoir, à l'aide d'un pas de vis, une pièce B à laquelle est fixé le petit miroir.

2<sup>o</sup> *Télescope de Newton.* — Le télescope de Newton diffère peu de celui de Gregory; seulement, le grand miroir n'est plus percé, et le petit miroir, qui est plan, est incliné latéralement de 45 de-

grés vers un oculaire placé sur le côté du tube du télescope. La difficulté de construction que présentent les miroirs métalliques avait fait abandonner généralement les télescopes de Gregory et de Newton, lorsque M. Foucault étant parvenu à argenter les miroirs de verre avec une grande perfection et sans leur rien faire perdre de leur degré de poli, l'habile physicien a pensé à en faire l'application au télescope de Newton, qu'il remet ainsi en usage aujourd'hui. Son premier miroir n'avait que 10 centimètres de diamètre; mais il en a successivement construit de 22 centimètres, de 33, de 42, et enfin un de 80.

La figure 392 ci-après représente un télescope de Newton monté sur pied parallactique, et la figure 391 en montre une coupe horizontale. En M est le miroir de verre argenté qui reçoit les rayons

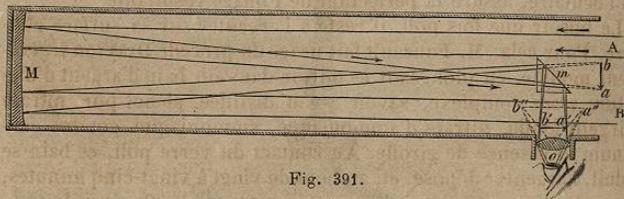


Fig. 391.

de l'astre qu'on observe; et en  $m$  est un petit prisme rectangle de verre, sur l'hypoténuse duquel les rayons renvoyés par le miroir subissent la réflexion totale (467), et sont rejetés du côté de l'instrument. Sans l'interposition de ce prisme, le faisceau A, émis par le bord supérieur de l'astre, irait converger en  $a$ , et le faisceau B, émis par le bord inférieur, convergerait en  $b$ . En sorte qu'en  $ab$ , au foyer principal du miroir, il se produirait une image réelle, renversée et très-petite de l'astre. Mais par suite de la réflexion sur l'hypoténuse du prisme, au lieu de se former en  $ab$ , l'image se forme en  $a'b'$ , où on la regarde avec un oculaire très-grossissant  $o$ , qui donne enfin l'image  $a''b''$ , virtuelle et très-amplifiée. Pour simplifier la construction, nous avons supposé l'oculaire à un seul verre; mais celui dont fait usage M. Foucault est un oculaire à quatre verres placé sur le côté du télescope, et qui, suivant son pouvoir grossissant et la dimension du miroir argenté, peut donner un grossissement de 50 à 800 fois.

Dans cet instrument, c'est le miroir qui fait l'office d'objectif, mais évidemment sans aucune aberration de réfrangibilité (498). Quant aux aberrations de sphéricité, on verra ci-après comment M. Foucault parvient à les faire disparaître au moyen de retouches successives faites au miroir.

Les miroirs de verre des nouveaux télescopes sortent de la fabrique de Saint-Gobain. Ils sont d'abord dégrossis et amenés à la courbure sphérique dans les ateliers pour les phares de M. Sautter, puis terminés dans ceux de M. Secrétan. Mais jusqu'ici ce n'est que M. Foucault qui peut leur donner leur dernier degré de précision. Prenant lui-même le polissoir à la main, par une série d'épreuves optiques successives et de retouches locales, ce savant amène leur surface à se montrer sans défaut; ce qui a lieu quand elle est celle d'un paraboloidé. Toutefois M. Foucault a reconnu que pour corriger les aberrations de sphéricité venant de l'oculaire, il ne devait pas donner à ses miroirs une surface rigoureusement parabolique, mais les terminer par une surface expérimentale qui, agissant de concert avec le système des verres amplificateurs de l'oculaire, assure la perfection de l'image résultante.

Le miroir une fois poli, il reste à l'argenter sur sa surface concave. Pour cela, M. Foucault fait usage du procédé Drayton légèrement modifié, en plongeant le miroir dans un bain d'argent d'une nature assez complexe, savoir : eau distillée, alcool pur, nitrate d'argent fondu, nitrate d'ammoniaque, ammoniaque, gomme galbanum et essence de girofle. Au contact du verre poli, ce bain se réduit, l'argent se dépose, et, au bout de vingt à vingt-cinq minutes, la couche d'argent a acquis l'épaisseur convenable. Quoique la couche ainsi obtenue soit déjà polie et miroitante, on achève de lui donner un poli parfait par un frottement prolongé avec une peau rougie d'oxyde de fer. Ainsi polis, M. Foucault estime que les miroirs argentés réfléchissent 75 pour 100 de la lumière incidente.

Les nouveaux télescopes à miroir parabolique de verre argenté ont, sur les anciens télescopes à miroir sphérique de métal, le triple avantage de donner des images plus pures, d'avoir un poids bien moindre, et d'être beaucoup plus courts, leur distance focale n'étant que six fois le diamètre du miroir.

Ces détails connus, il nous reste à décrire l'appareil dans son ensemble. Le corps du télescope, qui est de bois, a la forme d'un tube octogonal (fig. 392). L'extrémité G est ouverte; à l'autre extrémité est le miroir. A partir de ce dernier, au tiers environ de la longueur, sont fixés deux tourillons reposant sur des coussinets portés par deux montants de bois A et B. Ceux-ci sont eux-mêmes fixés à une table tournante PQ, roulant à l'aide de galets sur un plateau fixe RS, orienté parallèlement à l'équateur. Sur le pourtour de la table tournante est un cercle de cuivre divisé en 360 degrés, et au-dessous, aussi fixé à la table tournante, est un engrenage circulaire dans lequel engrène une vis sans fin V. En faisant marcher celle-ci dans un sens ou dans l'autre par une manivelle  $m$ , on fait

tourner la table PQ, et avec elle tout le télescope. Un vernier  $x$ , adapté sur le plateau fixe RS, donne les fractions de degré. Enfin, sur l'axe des tourillons est monté un cercle gradué O, correspon-

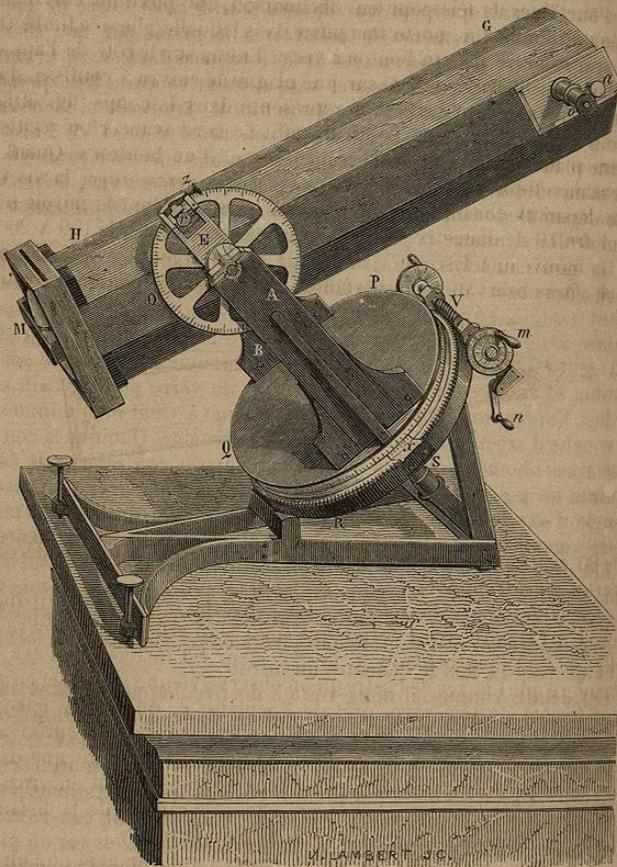


Fig. 392 ( $l = 0^m,70$ ).

dant au cercle horaire de l'astre qu'on observe, et servant par conséquent à mesurer la *déclinaison* de l'astre, c'est-à-dire sa distance angulaire à l'équateur; tandis que les degrés tracés autour de la

table PQ servent à mesurer l'*ascension droite*, c'est-à-dire l'angle que fait le cercle horaire de l'astre avec un cercle horaire choisi arbitrairement.

Pour fixer le télescope en *déclinaison*, une pièce de cuivre E, liée au montant A, porte une pince dans laquelle glisse le limbe O, et qui se serre par un bouton à vis  $r$ . Enfin, sur le côté de l'appareil est l'oculaire  $o$ , monté sur une plaque de cuivre à coulisse, qui porte aussi le petit prisme  $m$  représenté dans la coupe (fig. 391). Pour mettre l'image au point, il suffit de faire avancer ou reculer cette plaque au moyen d'une crémaillère et d'un bouton  $a$ . Quant à la manivelle  $n$ , elle sert à faire *embrayer* ou *désembrayer* la vis V. Le dessin ci-contre a été pris sur un télescope dont le miroir n'a que  $0^m,16$  de diamètre, et dont le grossissement est de 150 à 200. Le nouveau télescope à miroir de verre argenté a déjà donné lieu à des observations importantes, et l'on doit s'attendre que celui

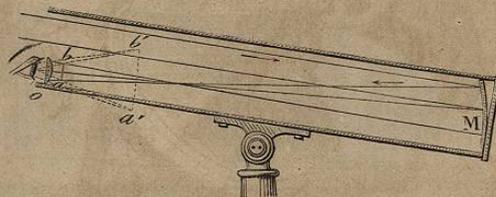


Fig. 393.

de 80 centimètres de diamètre sera la source de brillantes découvertes en astronomie.

\* 3<sup>o</sup> *Télescope d'Herschel*. — Le télescope d'Herschel, attribué aussi à Lemaire, n'est formé que d'un seul réflecteur concave M (fig. 393) et d'un oculaire  $o$ . Le réflecteur est incliné sur l'axe de manière que l'image de l'astre qu'on observe vienne se former en  $ab$ , sur le côté du télescope, près de l'oculaire  $o$ , qui donne ensuite l'image amplifiée  $a'b'$ . Dans ce télescope, les rayons n'éprouvant qu'une seule réflexion, la perte de lumière est moindre que dans les deux précédents, et l'image est plus éclairée. Quant au grossissement, il est, comme dans le précédent, le rapport de la distance focale principale du miroir à celle de l'oculaire.

Les télescopes à réflexion furent adoptés à une époque où l'on ne savait pas corriger, dans les objectifs, l'aberration de réfrangibilité; lorsqu'on sut construire des objectifs achromatiques, on préféra les télescopes dioptriques, c'est-à-dire uniquement à réfraction, comme la lunette astronomique, aux télescopes à réflexion, dont le miroir métallique, pour des dimensions un peu considérables, présentait

de grandes difficultés de construction. Aujourd'hui que M. Foucault a remplacé les miroirs métalliques par des miroirs de verre beaucoup plus faciles à construire, les télescopes à réflexion pourront être utilisés comme les télescopes à réfraction.

516. **Chambre obscure.** — La *chambre obscure*, ainsi que son nom l'indique, est une chambre fermée de toutes parts à la lumière, à l'exception d'une petite ouverture par laquelle entrent les rayons lumineux, comme le montre la figure 284 (page 396). Alors tous les

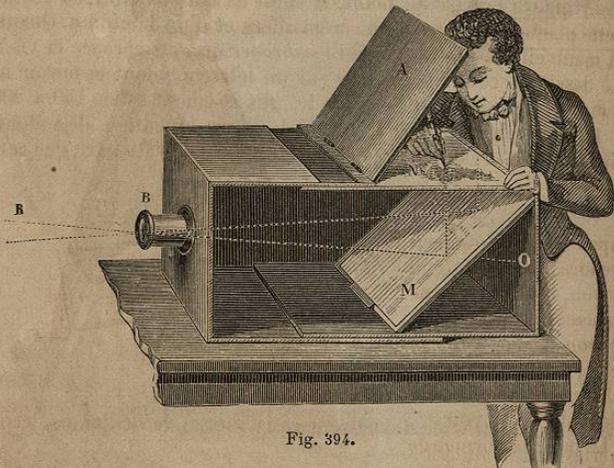


Fig. 394.

objets extérieurs, dont les rayons peuvent atteindre l'ouverture, vont se peindre sur le mur opposé, avec des dimensions réduites et avec leurs couleurs naturelles; mais les images sont renversées.

C'est Porta, physicien napolitain, qui fit connaître, en 1570, le phénomène produit par un faisceau lumineux qui pénètre dans une chambre obscure. Peu de temps après, le même physicien observa que si, dans l'ouverture de la chambre obscure, on fixe une lentille biconvexe, et qu'on place au foyer de celle-ci un écran blanc, l'image qui s'y produit gagne considérablement en éclat, en netteté, en coloris, et est admirable de vérité. Ces images sont d'autant mieux éclairées que la lentille est plus grande, et leurs dimensions augmentent avec la distance focale.

Pour utiliser la chambre noire, dans l'art du dessin, on lui a donné diverses formes, de manière à la rendre portable et à redresser facilement les images. La figure 394 représente la *chambre*

*noire à tirage*. Elle consiste en une boîte rectangulaire de bois, dans laquelle les rayons lumineux R pénètrent au travers d'une lentille B, et tendent à aller former une image sur la paroi opposée O, qui doit être éloignée de la lentille B d'une longueur égale à sa distance focale. Mais les rayons, rencontrant un miroir de verre M incliné de 45 degrés, changent de direction, et l'image va se former sur un écran de verre dépoli N. En plaçant sur cet écran une feuille de

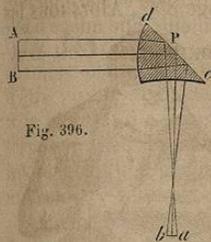


Fig. 396.

papier à calque, on peut prendre avec fidélité, au crayon, les contours de l'image. Une planchette de bois A sert à intercepter la lumière, qui éclairerait l'image et empêcherait de la voir.

La boîte est formée de deux parties qui peuvent glisser à coulisse l'une dans l'autre, de manière que la partie antérieure se tirant plus ou moins, l'image aille se former, après la réflexion, exactement sur l'écran N, quelle que soit la distance de l'objet dont on veut prendre le dessin.

La figure 395 représente une autre espèce de chambre noire connue sous le nom de *chambre noire à prisme*. Dans un étui de cuivre A est un prisme triangulaire P (fig. 396), lequel tient lieu à la fois de lentille convergente et de miroir; pour cela, une de ses faces étant plane, les autres ont une courbure telle, que par les réfractions combinées, à l'entrée et à la sortie des rayons, elles produisent l'effet d'un ménisque convergent C (fig. 339, page 440). Il résulte de là que les rayons émis par un objet AB, après avoir pénétré dans le prisme et éprouvé sur la face *cd* la réflexion totale, vont former en *ab* une image réelle de AB.

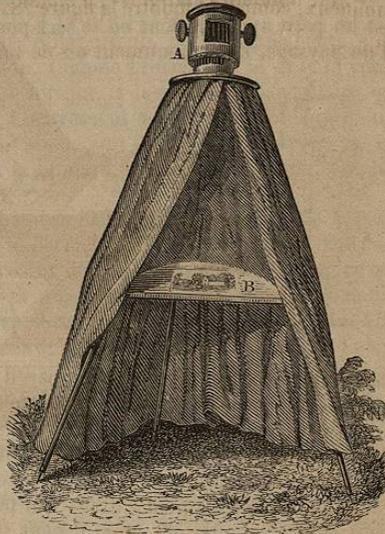


Fig. 395.

Dans la figure 395, la tablette B correspond au foyer du prisme contenu dans l'étui A; par suite, l'image des objets extérieurs vient se former sur une feuille de papier placée au milieu de cette tablette. Le tout est enveloppé d'un rideau noir, et, en se plaçant dessous, le dessinateur est complètement dans l'obscurité. La tablette s'enlève à volonté et les pieds se plient à l'aide de charnières, ce qui rend tout à fait portatif cet appareil, dû à Ch. Chevalier.

\* 517. **Chambre claire.** — La *chambre claire*, ou *camera lucida*, est un petit appareil dont on se sert pour obtenir une image fidèle d'un paysage, d'un monument ou de tout autre objet. C'est Wol-

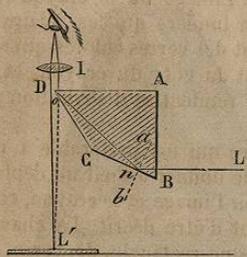


Fig. 397.

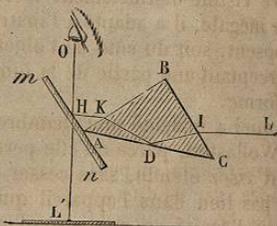


Fig. 398.

laston qui imagina le premier appareil de ce genre en 1804. La chambre claire de ce physicien consiste en un petit prisme de verre à quatre faces, dont la figure 397 représente une section perpendiculaire aux arêtes. L'angle A est droit, l'angle C de 135 degrés, et chacun des angles B et D de 67 degrés et demi environ. Ce prisme est supporté sur un pied à tirage qui permet de le hausser ou de l'abaisser à volonté; de plus, il peut se tourner plus ou moins autour d'un axe parallèle à ses arêtes. Cela posé, la face AB étant tournée vers l'objet dont on cherche l'image, les rayons partis de cet objet tombent à peu près perpendiculaires sur cette face, y pénètrent sans réfraction sensible et viennent éprouver la réflexion totale sur la face BC; car la ligne  $ab$  étant normale à la face BC, on reconnaît facilement que l'angle d'incidence  $Lna$  et l'angle B sont égaux, comme ayant leurs côtés perpendiculaires; et puisque l'angle B est de 67 degrés et demi, l'angle  $anL$  est plus grand que l'angle limite du verre (467), condition nécessaire pour que la réflexion totale ait lieu. Arrivés en  $o$ , les rayons subissent encore la réflexion totale et sortent très-près du sommet D, suivant une direction sensiblement perpendiculaire à la face DA, en sorte que l'œil qui reçoit ces rayons voit en  $L'$  l'image de l'objet L. Si l'on suit alors les contours de l'image avec un crayon, on en obtient un dessin

très-correct. Mais il se présente ici une difficulté assez grande, c'est de voir, en même temps, l'image et la pointe du crayon; car les rayons qui viennent de l'objet donnent une image qui est plus éloignée de l'œil que le crayon. On corrige ce défaut en interposant, entre l'œil et le prisme, une lentille I, qui donne la même convergence aux rayons venant du crayon et à ceux partis de l'objet; mais encore faut-il placer l'œil très-près du bord du prisme et de manière que l'ouverture pupillaire se trouve partagée en deux parties, dont l'une voit l'image et l'autre le crayon.

Ch. Chevalier a apporté d'importants perfectionnements à la chambre claire de Wollaston. Comme l'image ou le crayon cesse d'être visible distinctement lorsque la lumière qui les éclaire est trop inégale, il a adapté à l'instrument des verres colorés qui s'interposent, soit du côté de l'objet, soit du côté du crayon, et, en interceptant une partie de la lumière, rendent sa distribution plus uniforme.

Amici a imaginé une chambre claire qui est préférable à celle de Wollaston, parce qu'elle permet de donner à l'œil un déplacement assez étendu, sans cesser de voir l'image et le crayon, ce qui n'a pas lieu dans l'appareil qui vient d'être décrit. La chambre claire d'Amici se compose d'un prisme rectangle de verre ABC (fig. 398), dont l'une des faces de l'angle droit est tournée vers l'objet qu'on regarde, et l'autre est perpendiculaire à une lame de verre inclinée  $mn$ . Les rayons LI, émis par l'objet et pénétrant dans le prisme, subissent la réflexion totale sur son grand côté, et sortent suivant la direction KH. Se réfléchissant alors partiellement sur la lame de verre, ils forment en  $L'$ , pour l'œil qui les reçoit, une image virtuelle de l'objet L. L'œil qui voit cette image peut apercevoir très-bien, en même temps, un crayon à travers la lame de verre, ce qui permet de prendre des dessins avec une grande précision.

## INSTRUMENTS DE PROJECTION.

\* 518. **Lanterne magique.** — La *lanterne magique* est un appareil qui sert à obtenir sur un écran blanc, dans une chambre obscure, des images amplifiées de petits objets. Elle consiste en une boîte de fer-blanc dans laquelle est une lampe placée au foyer d'un réflecteur concave A (fig. 399). Les rayons réfléchis par celui-ci sont reçus sur une lentille convergente B (fig. 400), qui les concentre vers des figures diverses peintes sur une lame de verre V. Ces figures, ainsi éclairées fortement, sont placées devant une seconde lentille convergente C, à une distance un peu plus grande

que la distance focale principale. Dans cette position, cette lentille produit, sur un écran convenablement éloigné, une image réelle, renversée et très-amplifiée, des objets peints sur le verre (481, 1<sup>o</sup>). Pour redresser l'image, on a soin de placer le verre peint, dans la lanterne, de manière que les dessins soient renversés.

La lanterne magique a été inventée par le père Kircher, jésuite allemand, mort à Rome en 1680.

Fig. 400.

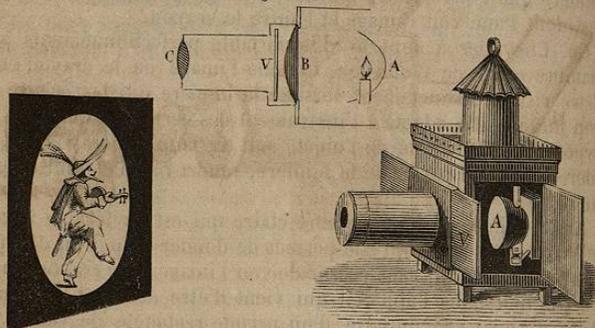


Fig. 399.

Le grossissement fourni par la lanterne magique est le même que celui que donnent les lentilles (505); c'est-à-dire qu'il est le rapport des distances de la lentille C à l'écran et à l'objet. Par conséquent, si l'image est 10 fois, 100 fois plus éloignée de la lentille que l'objet, le grossissement est 10 ou 100. On conçoit dès lors qu'avec une lentille à court foyer on pourra, si l'écran est suffisamment éloigné, obtenir des images très-amplifiées.

\* 519. **Microscope solaire.** — Le *microscope solaire* est une véritable lanterne magique éclairée par les rayons solaires, laquelle sert à obtenir des images très-amplifiées d'objets extrêmement petits. Cet appareil fonctionne dans une chambre noire; la figure 401 le représente fixé au volet de la chambre, et la figure 402 en montre les détails intérieurs.

Un miroir plan M, placé hors de la chambre obscure, reçoit les rayons solaires et les réfléchit vers une lentille convergente *l*, et de là sur une deuxième lentille *o* (fig. 402), nommée *focus*, qui les concentre en son foyer. En ce point est l'objet dont on veut avoir l'image; il est placé entre deux lames de verre, qu'on introduit entre deux lames métalliques *m*, qui les compriment entre elles par l'effet d'un ressort à boudin placé en *n*. L'objet étant alors fortement

éclairé et placé très-près du foyer d'un système de trois lentilles très-convergentes *x*, celles-ci en donnent une image *ab*, renversée et très-amplifiée, sur un mur ou sur un écran blanc convenablement éloigné. Des vis à bouton C et D servent à régler la distance

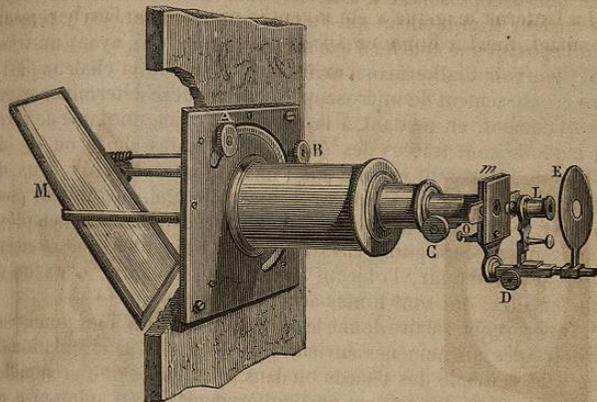


Fig. 401.

des lentilles *o* et *x* à l'objet, afin que celui-ci soit exactement au foyer de la première, et que l'image donnée par les lentilles *x* corresponde exactement à l'écran.

La direction de la lumière solaire variant constamment, il faut

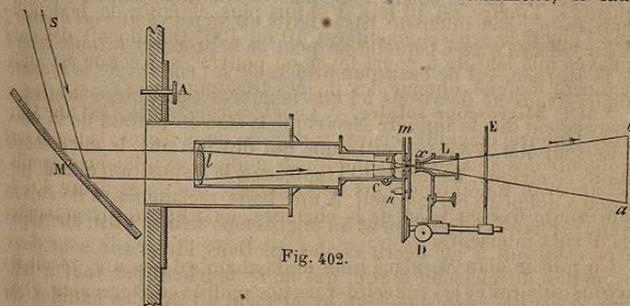


Fig. 402.

que celle du réflecteur disposé hors du volet de la chambre obscure change aussi, afin que la réflexion se fasse constamment suivant l'axe du microscope. Le procédé le plus exact serait d'avoir recours à l'héliostat (460); mais comme cet appareil est fort coûteux, on y supplée en inclinant plus ou moins le miroir M au moyen d'une