

1^o La vision est toujours nette, puisque les rayons reçus par l'œil, et émanant d'un même point de l'objet, semblent venir d'un point situé à la distance de la vue distincte.

2^o La grandeur apparente de chacune des dimensions de l'objet est augmentée dans le rapport de la distance focale de l'objectif à celle de l'oculaire, et par conséquent la grandeur apparente de la surface de l'objet est augmentée dans un rapport égal au carré du précédent.

3^o Enfin la clarté apparente de la surface de l'objet dépend à la fois du grossissement de la lunette et de la grandeur de son objectif; de telle sorte que, à égalité de grossissement, cette clarté est d'autant plus grande que l'objectif est lui-même plus grand, et que, pour un même objectif, elle est d'autant plus faible que le grossissement est plus considérable.

Il est bon de remarquer en outre que les lunettes disposées comme nous l'avons indiqué renversent les objets; c'est-à-dire, qu'elles font voir en bas la partie de l'objet observé qui est en haut, à gauche ce qui est à droite, et *vice versa*. Ce renversement des objets n'a pas d'importance dans les observations astronomiques; il suffit qu'on en soit prévenu pour qu'il n'en résulte aucun inconvénient.

§ 26. L'emploi des lentilles isolées, soit comme loupes, soit comme besicles, doit remonter à une époque très-reculée; le grossissement des objets, vus à travers un vase rond de verre rempli d'eau, a dû conduire à leur découverte, peu de temps après l'invention du verre. Mais il n'en est pas de même des lunettes, dont la découverte est beaucoup plus récente. Elles furent inventées, dit-on, par un opticien de Middelbourg dans la boutique duquel des enfants, en jouant, avaient formé la combinaison de verres lenticulaires qui constitue ces merveilleux instruments.

Galilée, ayant entendu parler de cette invention (en 1609), construisit lui-même des lunettes et s'en servit pour observer les astres. La disposition qu'il adopta n'est pas tout à fait la même que celle dont nous avons parlé précédemment, et qui n'a été employée que plus tard : elle en diffère par l'oculaire, qui est formé d'une lentille divergente au lieu d'une lentille convergente. Il n'est plus possible de considérer un pareil oculaire comme une loupe au moyen de laquelle on observe l'image produite par l'objectif; mais on reconnaît aisément qu'il conduit au même résultat. Soit *ab* (fig. 52), l'image de l'objet AB, produite par l'objectif L; l'oculaire L' ne se place plus au delà de cette image, mais entre elle et l'objectif, de manière à recevoir les rayons lumineux, avant

qu'ils aient formé cette image. Les rayons émanés du point A, et rendus convergents par la lentille L, iraient concourir au point *a*, si la lentille L' n'existait pas : la présence de la seconde lentille fait que ces rayons, de convergents qu'ils étaient, deviennent divergents, et semblent ainsi venir d'un point *a'*. En plaçant conve-

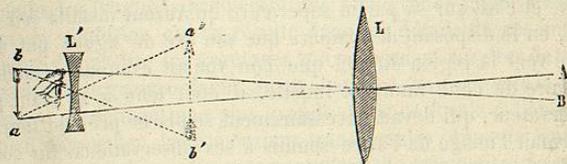


FIG. 52.

nablement l'oculaire L', on peut faire en sorte que l'image *a'b'*, d'où semblent venir les rayons qui entrent dans l'œil, se trouve à la distance de la vue distincte; en sorte que, en définitive, le résultat est absolument le même que si les rayons allaient réellement former l'image *ab* pour être ensuite soumis à l'action d'une loupe destinée à grossir cette image. La lunette de Galilée présente deux avantages sur celle dont nous avons parlé d'abord : premièrement elle ne renverse pas les objets, comme on le reconnaît sans peine (fig. 52); en second lieu, avec un même objectif, elle a moins de longueur que la lunette ordinaire, en raison de la position que l'oculaire doit avoir par rapport à l'image produite par cet objectif. Ces deux avantages, qui n'ont pas une grande importance pour les observations astronomiques, ont fait conserver la disposition adoptée par Galilée, dans la construction des lorgnettes de spectacle, dont le but principal est d'augmenter considérablement la clarté apparente des objets, tout en les faisant voir avec beaucoup de netteté. Le grossissement, dans ces lorgnettes, s'élève rarement au delà de 3.

Le plus fort grossissement des lunettes dont Galilée s'est servi dans ses observations astronomiques est de 32. Quelque temps après, Huyghens et Cassini poussèrent ce grossissement jusqu'à 100; pour cela, ils donnèrent à leurs lunettes une longueur de plus de 8 mètres.

Plus tard, vers 1664, Auzout construisit un objectif qui permettait d'obtenir un grossissement de 600; mais sa distance focale était de 98 mètres, et il aurait été bien difficile d'établir et de manœuvrer une lunette d'une si grande longueur : aussi Auzout supprima-t-il le tuyau, qui, comme nous l'avons dit (§ 24), n'est

pas absolument indispensable. Une immense tour de bois avait été construite peu de temps auparavant pour recevoir à son sommet les eaux élevées par la machine de Marly, et destinées à alimenter les réservoirs du château de ce nom; cette tour étant devenue inutile, lorsqu'on eut achevé l'aqueduc qui existe encore aujourd'hui, on la transporta dans les jardins de l'Observatoire de Paris; et c'est sur sa partie supérieure qu'Auzout installa son objectif, en le disposant de manière que son axe de figure pût être dirigé vers la région du ciel que l'on voulait examiner. Quant à l'oculaire de cette immense lunette, il était tenu à la main par l'observateur, qui devait nécessairement se placer près du lieu où se formait l'image de l'astre soumis à ses observations. On comprendra sans peine tout ce qu'il y avait de gênant dans cette disposition, qui obligeait l'observateur à changer de place à mesure que l'astre se déplaçait dans le ciel, et à se mettre ainsi, tantôt au niveau du sol, tantôt à une hauteur plus ou moins grande, suivant que cet astre s'élevait plus ou moins au-dessus de l'horizon. D'ailleurs, l'objectif et l'oculaire n'étant pas liés l'un à l'autre, comme dans les lunettes ordinaires, il en résultait qu'ils n'étaient presque jamais orientés l'un comme l'autre, et que, par suite, les images observées manquaient de netteté.

On se demande naturellement pourquoi l'on augmentait ainsi outre mesure la distance focale de l'objectif, et par conséquent la longueur de la lunette, pour atteindre de forts grossissements. Nous avons vu que le grossissement d'une lunette est mesuré par le rapport de la distance focale de l'objectif à celle de l'oculaire (§25); il semble donc qu'en diminuant suffisamment la seconde de ces deux distances focales, sans modifier la première, on puisse obtenir un grossissement aussi grand qu'on voudra. Mais il existe une circonstance dont nous n'avons pas parlé jusqu'à présent, et qui s'oppose à ce que le grossissement soit augmenté par la seule diminution de la distance focale de l'oculaire. Pour que la clarté des images fournies par une lunette ne soit pas trop affaiblie, il est indispensable d'agrandir l'objectif à mesure qu'on augmente le grossissement. Si cet agrandissement de l'objectif s'effectuait sans changer sa distance focale, et par conséquent sans changer les rayons des surfaces sphériques qui forment ses deux faces, chacune de ces deux faces deviendrait une fraction plus grande de la sphère entière à laquelle elle appartient. Or, on sait que les lentilles décomposent la lumière, et fournissent des images dont les bords sont *irisés*; on sait de plus que ces irisations ont d'autant plus d'importance relativement aux dimensions de l'image qu'elles ac-

compagnent, que les faces des lentilles qui les ont produites sont elles-même plus grandes par rapport aux surfaces totales des sphères dont elles font partie. On voit donc que, si l'on augmente le grossissement d'une lunette en diminuant seulement la distance focale de l'oculaire, ce qui oblige à agrandir l'objectif, tout en lui conservant une même distance focale, on produit des images dans lesquelles les irisations acquièrent une plus grande importance relative; la confusion qui en résulte dans les détails de ces images fait ainsi disparaître les avantages qui pourraient résulter de l'accroissement du grossissement. Si, au contraire, on augmente le grossissement en donnant une plus grande distance focale à l'objectif, on peut augmenter les dimensions transversales de cette lentille, sans que pour cela ses faces cessent d'être de très-petites fractions des sphères auxquelles elles appartiennent; et par conséquent on obtient des images plus grandes, sans accroître l'importance relative des irisations.

On n'aurait pas pu espérer pousser le grossissement au delà de celui de 600 qu'avait obtenu Auzout, dans la lunette colossale dont nous avons parlé, si un physicien anglais, Dollond, n'avait trouvé le moyen de construire des objectifs *achromatiques*, c'est-à-dire qui dévient les rayons de lumière sans les décomposer. Cette importante découverte, qui date de 1758, a permis non-seulement de construire des lunettes d'une plus grande puissance, sans rien perdre du côté de la netteté des images, mais encore de réduire considérablement leurs dimensions, ce qui les rend d'un usage beaucoup plus commode. Un objectif achromatique est formé par la juxtaposition de deux lentilles (*fig. 53*), dont l'une est convergente et l'autre divergente. Ces deux lentilles ne sont pas faites de la même espèce de verre : la première est de verre vert, nommé par les Anglais *crown-glass*; la seconde est de verre blanc, nommé *flint-glass*. Lorsqu'un faisceau de rayons lumineux, émanés d'un point extérieur, vient tomber sur un pareil objectif, il est soumis successivement à l'action de ces deux lentilles; la première le rend convergent, et décompose en même temps la lumière dont il est formé; la seconde, agissant en sens contraire, détruit la décomposition qui a eu lieu, et diminue la convergence du faisceau, sans cependant la faire disparaître complètement. En sorte que la réunion de ces deux lentilles fournit un objectif qui produit en définitive le même effet qu'une lentille convergente qui ne décomposerait pas la lumière. Depuis l'emploi des objectifs achromatiques, on



FIG. 53.

a pu pousser le grossissement des lunettes au delà de la limite qu'Auzout avait eu tant de peine à atteindre, tout en leur conservant des dimensions qui permettent de les manœuvrer facilement. Mais, ainsi que nous l'avons vu, il est nécessaire d'agrandir l'objectif, en même temps qu'on augmente le grossissement, afin de conserver une clarté suffisante aux images; la difficulté qu'on éprouve à obtenir de grandes masses de verre assez homogènes pour servir à la construction des objectifs, fait qu'on est encore limité dans l'accroissement du grossissement; on ne peut guère, jusqu'à présent, aller au delà d'un grossissement de 3000.

Il y a quelques années, le plus grand objectif connu appartenait à l'observatoire de Chicago (Amérique) et mesurait $0^m,47$ de diamètre. M. Newall, astronome anglais, directeur de l'observatoire de Gateshead, près Newcastle, vient de faire construire par M. Cooke, d'York, un gigantesque équatorial dont l'objectif a $0^m,63$ d'ouverture et $8^m,94$ de foyer. Ce magnifique instrument, actuellement en Angleterre, doit être transporté à l'île de Madère, sous un ciel pur, et confié à un habile astronome anglais, M. Marth.

En France, le corps législatif a voté, en 1868, un crédit de 400 000 francs destiné à la construction d'une grande lunette et d'un télescope de $1^m,20$ d'ouverture. Le télescope est presque achevé; des difficultés pratiques ont arrêté jusqu'à ce jour la construction de la grande lunette, dont l'objectif doit avoir un diamètre de 75 centimètres et une distance focale de 16 mètres.

Les fortes lunettes sont habituellement munies de plusieurs oculaires de rechange, dont on se sert alternativement, suivant qu'on veut grossir plus ou moins l'image produite par l'objectif. Quand on observe un astre très-lumineux, on emploie un oculaire qui donne un fort grossissement, et l'on n'a pas à craindre que la clarté de l'image soit trop faible. Si, au contraire, on observe un astre dont la lumière ait peu d'intensité, on se sert d'un oculaire qui donne un grossissement moindre.

Nous avons supposé jusqu'à présent que l'oculaire d'une lunette était formé d'une simple lentille faisant fonction de loupe. En réalité, l'oculaire est formé de plusieurs lentilles, disposées de manière à obtenir certains avantages qu'une lentille unique ne peut pas donner. C'est ainsi, par exemple, qu'on parvient à agrandir le *champ de la lunette*, c'est-à-dire la portion de l'espace d'où l'on peut recevoir en même temps des rayons lumineux, pour chaque position donnée à cet instrument. En faisant une certaine combinaison de lentilles, on parvient à construire des oculaires qui re-

dressent les images; les lunettes munies de ce genre d'oculaire

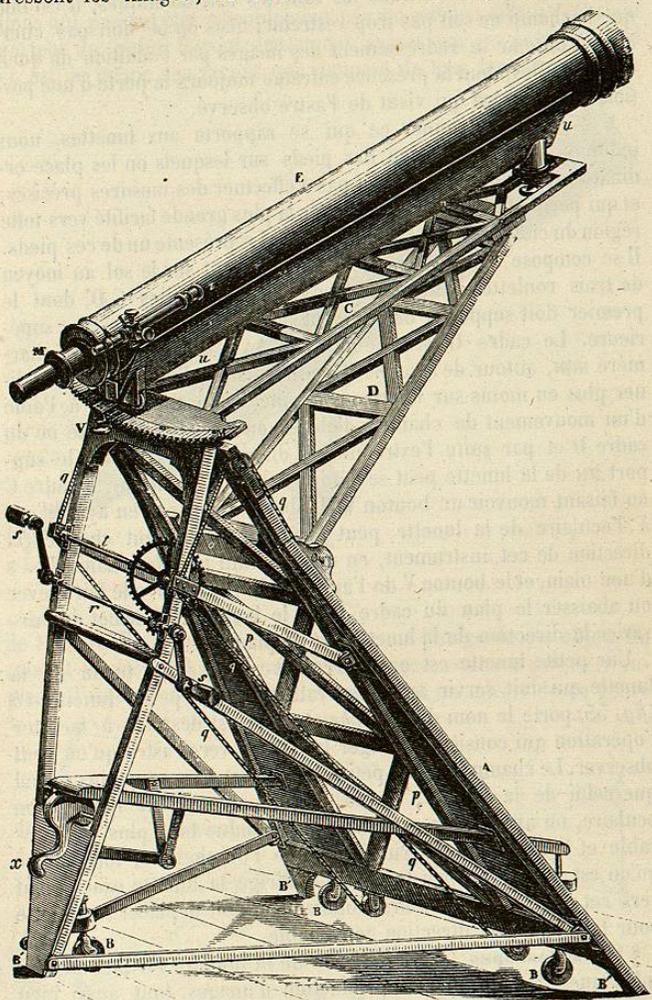


Fig. 54.

se nomment *lunettes terrestres*, parce que ce n'est que dans l'observation d'objets terrestres que le redressement des images peut

avoir de l'importance. Dans les lunettes astronomiques, il est bon que le champ ne soit pas trop restreint; mais on ne doit pas chercher à obtenir le redressement des images par l'addition de quelques lentilles, dont la présence entraîne toujours la perte d'une portion de la lumière qui vient de l'astre observé.

§ 27. Pour terminer ce qui se rapporte aux lunettes, nous indiquerons la disposition des pieds sur lesquels on les place ordinairement quand il ne s'agit pas d'effectuer des mesures précises, et qui permettent de les diriger avec la plus grande facilité vers telle région du ciel que l'on veut. La figure 54 représente un de ces pieds. Il se compose d'un bâti solide AA s'appuyant sur le sol au moyen de trois roulettes B, B, et de deux cadres mobiles C, D, dont le premier doit supporter directement la lunette E sur sa face supérieure. Le cadre C est relié au bâti AA par une sorte de charnière *mm*, autour de laquelle il peut tourner, de manière à s'incliner plus ou moins sur l'horizon. La manivelle S permet, à l'aide d'un mouvement de chaînes, d'élever ou d'abaisser le côté *oo* du cadre D et par suite l'extrémité *nn* du cadre C. De plus, le support *uu* de la lunette peut se déplacer latéralement sur le cadre C en faisant mouvoir un bouton V. L'observateur tout en ayant l'œil à l'oculaire de la lunette, peut donc très-facilement changer la direction de cet instrument, en manœuvrant une des manivelles *s* d'une main, et le bouton V de l'autre main : la manivelle fait élever ou abaisser le plan du cadre C, et le bouton V permet de faire varier la direction de la lunette sur ce plan.

Une petite lunette est ordinairement adaptée au tuyau de la lunette qui doit servir aux observations. Cette petite lunette *ab* (fig. 55) porte le nom de *chercheur*. Elle est destinée à faciliter l'opération qui consiste à diriger la lunette vers l'astre qu'on veut observer. Le champ de cette petite lunette est beaucoup plus grand que celui de la grande; en sorte que, en mettant l'œil à son oculaire, on aperçoit le ciel dans une étendue bien plus considérable et l'on peut découvrir l'astre que l'on cherche, lors même qu'on est encore un peu loin d'avoir dirigé la lunette exactement vers cet astre. On voit alors comment on doit déplacer la lunette pour lui donner la direction convenable.

§ 28. **Télescopes.** — La réflexion de la lumière sur des miroirs sphériques donne lieu à la production d'images, tout aussi bien que son passage à travers des verres lenticulaires. Si un objet AB (fig. 56), est placé en avant d'un miroir concave M, les rayons lumineux, émanés des différents points de cet objet, qui tombent sur la surface du miroir, y sont réfléchis dans différentes directions.

Les rayons partis du point A ont, après leur réflexion, des directions qui passent très-sensiblement par un même point *a*; ceux qui partent du point B vont également passer par un point *b*; et il en est de même des rayons qui viennent de tous les autres points

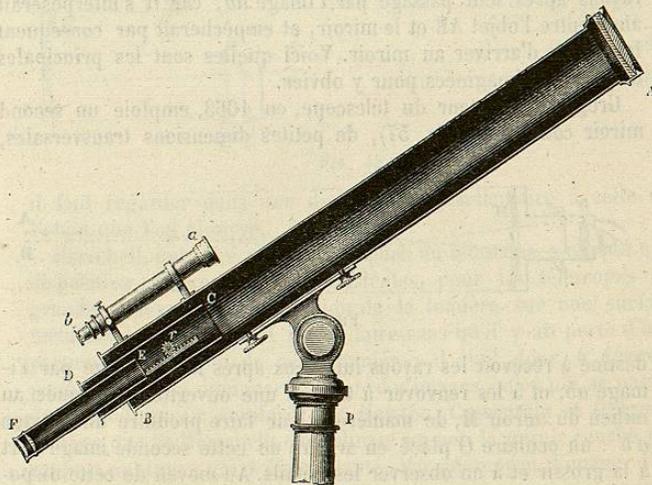


FIG. 55.

de l'objet AB; il se forme donc en *ab* une image de cet objet. On conçoit d'après cela qu'un miroir sphérique concave puisse remplacer l'objectif des lunettes. En combinant un miroir de ce genre

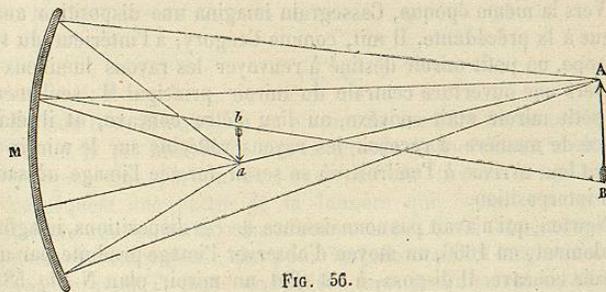


FIG. 56.

avec un oculaire destiné à observer l'image qu'il produit, on forme un instrument qui peut remplir le même objet qu'une lunette, et auquel on donne spécialement le nom de *télescope*.

Mais il se présente ici une difficulté qui tient à la place qu'occupe l'image ab , entre l'objet observé AB et le miroir sur lequel les rayons lumineux viennent se réfléchir. L'observateur ne peut plus se placer avec un oculaire de manière à recevoir directement ces rayons après leur passage par l'image ab ; car il s'interposerait ainsi entre l'objet AB et le miroir, et empêcherait par conséquent les rayons d'arriver au miroir. Voici quelles sont les principales dispositions imaginées pour y obvier.

Grégory, inventeur du télescope, en 1663, emploie un second miroir concave N (fig. 57), de petites dimensions transversales,

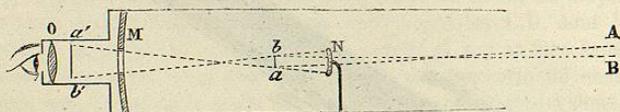


Fig. 57.

destiné à recevoir les rayons lumineux après leur passage par l'image ab , et à les renvoyer à travers une ouverture pratiquée au milieu du miroir M , de manière à leur faire produire une image $a'b'$: un oculaire O placé en arrière de cette seconde image sert à la grossir et à en observer les détails. Au moyen de cette disposition, le télescope s'emploie absolument de la même manière qu'une lunette; l'œil qui y est appliqué regarde dans la direction de l'objet observé. De plus, il est aisé de voir que l'image de cet objet n'est pas renversée, comme elle l'eût été sans la présence du second miroir N .

Vers la même époque, Cassegrain imagina une disposition analogue à la précédente. Il mit, comme Grégory, à l'intérieur du télescope, un petit miroir destiné à renvoyer les rayons lumineux à travers une ouverture centrale du miroir principal M ; seulement ce petit miroir était convexe, au lieu d'être concave, et il était placé de manière à recevoir les rayons réfléchis sur le miroir M avant leur arrivée à l'endroit où se serait formée l'image ab sans son interposition.

Newton, qui n'avait pas connaissance de ces dispositions, imagina également, en 1666, un moyen d'observer l'image produite par un miroir concave. Il disposa, à cet effet, un miroir plan N (fig. 58), incliné de 45° sur l'axe du miroir M , de manière à réfléchir latéralement les rayons lumineux qui partent de ce miroir. Ces rayons, qui sans cela auraient formé l'image ab viennent produire une

image $a'b'$ que l'on peut observer au moyen d'un oculaire O adapté au tuyau de la lunette. Le télescope de Newton est moins commode que ceux de Grégory et de Cassegrain, parce que, pour s'en servir,

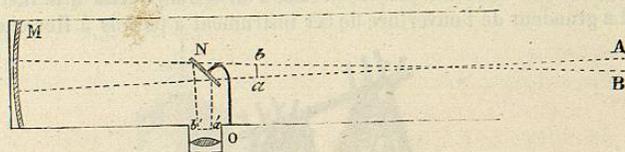


Fig. 58.

il faut regarder dans une direction perpendiculaire à celle de l'objet que l'on observe.

Herschell, qui a tiré un si grand parti du télescope, a adopté une disposition différente des précédentes, pour les télescopes de grandes dimensions. La réflexion de la lumière sur une surface métallique polie ne peut pas se faire sans qu'il y ait perte d'une portion très-notable de cette lumière; il était donc à désirer, pour ne pas trop diminuer la clarté des images, qu'on pût se passer du second miroir employé par Newton, Cassegrain et Grégory. C'est ce que fit Herschell, en inclinant un peu le miroir courbe par rapport au tuyau qui y était adapté. Par ce moyen, l'image d'un objet placé dans la direction du tuyau se trouvait rejetée un peu de côté, comme on le voit sur la figure 59; et il pouvait l'observer

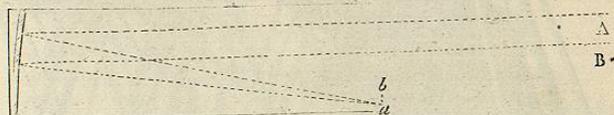


Fig. 59.

à l'aide d'un oculaire, en se plaçant de manière à tourner le dos à l'objet. Il est bien clair que la tête de l'observateur vient aussi masquer une portion de l'ouverture du tuyau, et arrêter par conséquent une partie de la lumière qui, sans cela, pourrait tomber sur la surface du miroir courbe; aussi cette disposition n'est-elle avantageuse que pour les télescopes à large ouverture, dans lesquels la perte de lumière ainsi produite est inférieure à celle que produirait une seconde réflexion, comme dans les télescopes de Grégory, de Cassegrain et de Newton.

Le plus grand télescope dont Herschell se soit servi était formé

d'un miroir de 1^m, 47 de diamètre. La distance focale de ce miroir était de 12 mètres; le tuyau avait par conséquent aussi cette longueur, pour que l'observateur pût regarder l'image en se plaçant à son extrémité et se servant d'un oculaire tenu à la main. La grandeur de l'ouverture de cet instrument a permis à Herschell

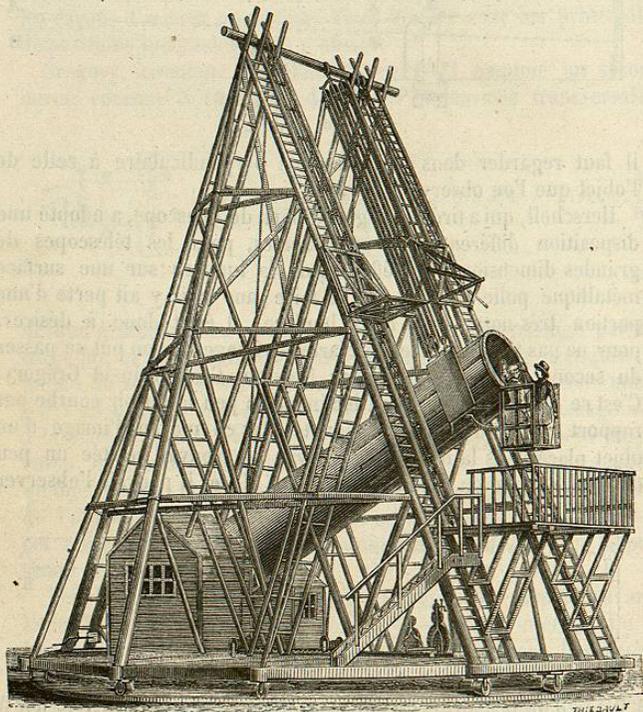


FIG. 60.

de pousser le grossissement jusqu'à 6000. On comprend sans peine qu'un télescope d'aussi grandes dimensions, dont le seul miroir pesait plus de 1000 kilogrammes, devait être très-difficile à manier. Aussi Herschell fut-il obligé d'établir un immense appareil de mâts, de poulies et de cordages, pour pouvoir donner à son télescope l'inclinaison convenable pour chaque observation. Cette construction (*fig. 60*) était en outre montée tout entière sur des roulettes au moyen desquelles il pouvait l'orienter comme il

voulait, en la faisant mouvoir tout d'une pièce à l'aide d'un treuil. Une sorte de balcon suspendu à l'extrémité du tuyau était destiné à recevoir l'observateur.

Il résulte des expériences d'Herschell que, sur 1000 rayons lu-

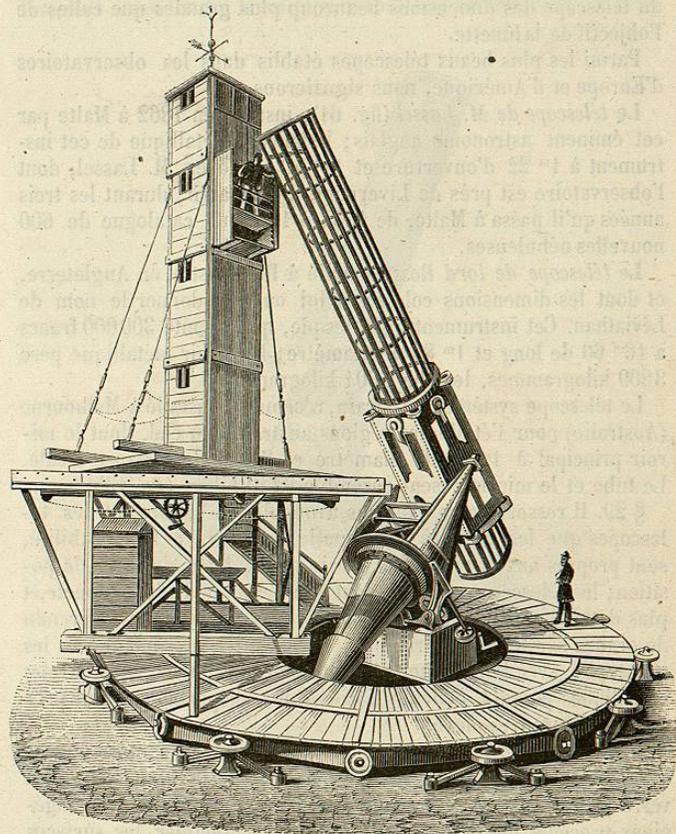


FIG. 61.

mineux qui tombaient sur les miroirs de ses télescopes, il n'y en avait que 673 qui fussent réfléchis; tandis que si ces 1000 rayons tombaient sur une lame de verre à faces parallèles et de l'épaisseur des oculaires d'un fort grossissement, il en passait 948 à

travers cette lame. Dans le premier cas, la perte était de 327 rayons et dans le second seulement de 52. On comprend, d'après cela, que, pour atteindre un même grossissement avec un télescope qu'avec une lunette, il est indispensable de donner au miroir du télescope des dimensions beaucoup plus grandes que celles de l'objectif de la lunette.

Parmi les plus beaux télescopes établis dans les observatoires d'Europe et d'Amérique, nous signalerons :

Le *télescope de M. Lassell* (fig. 61), installé en 1862 à Malte par cet éminent astronome anglais; le miroir métallique de cet instrument à 1^m 22 d'ouverture et 11^m 40 de foyer. M. Lassell, dont l'observatoire est près de Liverpool, a pu établir, durant les trois années qu'il passa à Malte, de 1862 à 1865, un catalogue de 600 nouvelles nébuleuses.

Le *télescope de lord Ross*, installé à Birr Castle, en Angleterre, et dont les dimensions colossales lui ont fait donner le nom de Léviathan. Cet instrument gigantesque, qui a coûté 300 000 francs a 16^m 60 de long et 1^m 82 de diamètre; le miroir métallique pèse 3809 kilogrammes, le tube 6604 kilogrammes.

Le télescope système Cassegrain, récemment installé à Melbourne (Australie) pour l'étude des régions australes du ciel, dont le miroir principal à 1^m 20 de diamètre et 8^m 54 de distance focale. Le tube et le miroir pèsent ensemble 8240 kilog. (fig. 135).

§ 29. Il ressort de ce que nous avons dit des lunettes et des télescopes que les lunettes achromatiques, grâce à leur stabilité, sont propres aux observations précises, aux déterminations de position; les télescopes nous donnent une perception plus distincte et plus détaillée des objets célestes. Ces deux instruments ont rendu de grands services à l'astronomie; il faut dire cependant que les télescopes, avec leurs dimensions considérables, avec leurs miroirs métalliques pesants, étaient difficilement transportables; leur prix était d'ailleurs très-élevé.

La construction des télescopes a reçu depuis quelques années de notables perfectionnements par la substitution des miroirs en verre argenté aux miroirs métalliques, et par l'emploi des ingénieux procédés imaginés par Foucault pour rectifier les surfaces de ces miroirs. Autrefois, quand un miroir ne donnait pas de bonnes images, on se contentait de le rejeter sans chercher à reconnaître quels étaient ses défauts; on refaisait une nouvelle surface et l'on répétait le travail jusqu'à ce que l'on eût réussi. M. Foucault montra que la taille d'une bonne surface ne dépendait pas nécessairement d'un travail à exécuter d'emblée et que

par des retouches locales on pouvait y revenir indéfiniment.

Lorsque le miroir en verre a été taillé de manière à présenter à très-peu près une surface sphérique, Foucault lui fait subir des retouches successives en le soumettant à des épreuves optiques destinées à guider le travail; il transforme successivement cette

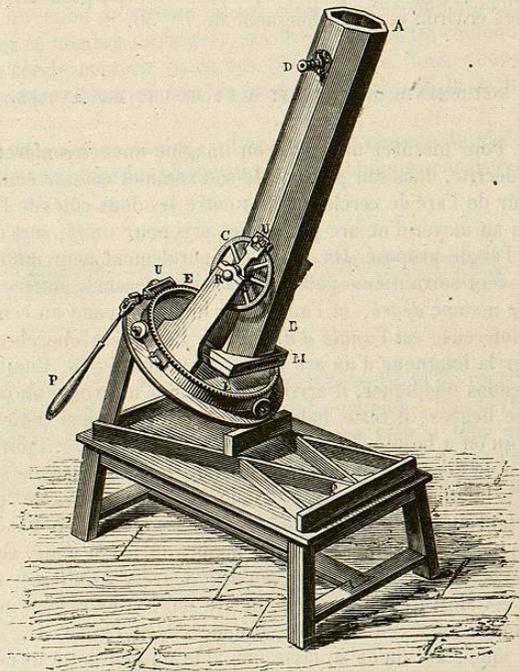


FIG. 62.

surface sphérique en un ellipsoïde de plus en plus allongé, puis finalement en un parabololoïde. Il ne reste plus alors qu'à déposer sur la surface ainsi obtenue, une mince couche d'argent à laquelle on donne ensuite facilement un beau poli, pour avoir un excellent miroir de télescope.

C'est par ce procédé qu'ont été construits : le télescope de 0^m,20 d'ouverture représenté figure 62; un télescope de 0^m80

installé depuis quelques années à Marseille. Nous avons dit déjà que le corps législatif français avait voté en 1868 un crédit de 400 000 francs pour la construction d'un grand télescope et d'une grande lunette. Le télescope est achevé; il a été construit par M. Eichens. Le miroir, en verre argenté, à 1^m, 20 de diamètre; il a été travaillé par M. A. Martin. Le pied de l'instrument, en fonte, pèse 1000 kilogrammes; le corps du télescope pèse 8000 kilogrammes environ et a une longueur de 7^m, 50.

INSTRUMENTS QUI SERVENT A LA MESURE DES ANGLES.

§ 30. Pour mesurer un angle, on imagine une circonférence de cercle décrite, dans son plan, et de son sommet comme centre; la longueur de l'arc de cercle compris entre les deux côtés de l'angle, évaluée au moyen d'un arc particulier pris pour unité, sert de mesure à l'angle proposé. On adopte généralement pour unité d'arc la trois-cent-soixantième partie de la circonférence entière; cette unité se nomme *degré*, et l'angle qui lui correspond au centre de la circonférence est l'*angle d'un degré*. Lorsqu'on cherche à déterminer la longueur d'un arc de cercle au moyen de l'unité que nous venons d'indiquer, il arrive rarement qu'on trouve un nombre exact de degrés; il reste habituellement un arc plus petit qu'un degré, qu'on a besoin d'évaluer en fractions de degré. Pour cela, on divise le degré en soixante parties égales dont chacune est une *minute*; la minute se subdivise de même en soixante parties égales dont chacune est une *seconde*; enfin les arcs plus petits qu'une seconde s'évaluent en fractions décimales de la seconde. On emploie les signes °, ', '' pour désigner les degrés, minutes et secondes: c'est ainsi que la valeur d'un arc de 15 degrés 28 minutes 34 secondes et 78 centièmes de seconde s'écrit 15° 28' 34'', 78.

Il est important qu'on se fasse une idée un peu nette de la grandeur d'un angle d'un degré, et de ses subdivisions. L'angle d'un degré est représenté ici (fig. 63). Les angles d'une minute et

Fig. 63.

d'une seconde sont trop petits pour que nous puissions les représenter de même. Nous y suppléerons en disant que, pour qu'une ligne ayant 1 décimètre de longueur soit vue sous un angle d'une minute, il faut qu'elle se trouve à environ 343 mètres de l'obser-

vateur; et que, pour que cette même ligne soit vue sous un angle d'une seconde, il faut qu'elle soit éloignée de l'observateur de plus de 20 kilomètres.

Pour mesurer l'angle formé par les rayons visuels qui aboutissent à deux points, on a deux opérations à faire. La première consiste à faire coïncider deux rayons d'un cercle gradué avec les deux côtés de l'angle, ce qui s'effectue en visant successivement dans la direction de chacun de ses côtés. La seconde a pour objet d'évaluer le nombre de degrés, minutes et secondes contenus dans l'arc de cercle compris entre ces deux rayons. Nous allons donc nous occuper d'étudier: 1° les moyens de visée; 2° la lecture de l'angle.

§ 31. **Moyens de visée.** — Les premiers moyens de visée dont on s'est servi dans les observations astronomiques consistent dans

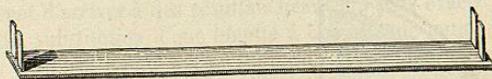


Fig. 64.

l'emploi des *alidades à pinnules*. Les figures 64 et 65 représentent deux de ces alidades. Ce sont des règles munies à leurs extrémités d'appendices, ou pinnules, destinés à faire voir si leur direction est bien celle de la ligne droite aboutissant à l'objet que l'on vise. A cet effet, on place son œil près de la fente d'une des pinnules



Fig. 65.

(fig. 64), et l'on dirige l'alidade de manière que l'objet visé puisse être vu à travers la fente de l'autre pinnule.

Pour que la direction ainsi donnée à l'alidade ne comporte pas trop d'incertitude, il est nécessaire de faire les fentes des pinnules extrêmement étroites; car sans cela on pourrait déplacer l'alidade d'une quantité notable, sans que l'objet visé cessât d'être aperçu à travers les fentes des deux pinnules. Mais le peu de largeur de la fente qui traverse la pinnule la plus éloignée de l'œil fait qu'on aperçoit difficilement l'objet qu'on observe, et qu'on n'est pas bien sûr de viser précisément le point de cet objet que l'on doit viser;