

**586. Grossissement du télescope.** — Dans le télescope, le grossissement est défini, comme dans la lunette astronomique, par le rapport du diamètre apparent d'une dimension déterminée de l'image, vue dans l'instrument, au diamètre apparent de la dimension correspondante de l'objet, vu sans instrument. — Pour évaluer le diamètre apparent de la dimension  $A'B'$  de l'image virtuelle, on supposera, ici encore, le centre optique de l'œil placé au foyer principal de la lentille oculaire : en raisonnant comme plus haut (577), on trouvera que le diamètre apparent de  $A'B'$  peut être exprimé par  $\frac{A_2B_2}{f}$ , en désignant par  $f$  la distance focale de l'oculaire. — Pour évaluer le diamètre apparent de la dimension homologue  $AB$  de l'objet, on pourra, eu égard à la grande distance de l'objet, supposer l'œil placé au centre de courbure  $C$  du miroir : le diamètre apparent de  $AB$  pourra alors être exprimé par  $\frac{A_1B_1}{F}$ , en désignant par  $F$  la distance focale du miroir. — Dès lors, le grossissement sera exprimé par le rapport de  $\frac{A_2B_2}{f}$  à  $\frac{A_1B_1}{F}$  ou, en remarquant que  $A_2B_2$  est égal à  $A_1B_1$ ,

$$G = \frac{F}{f};$$

c'est-à-dire que le grossissement sera exprimé par le rapport des distances focales principales du miroir et de l'oculaire, résultat analogue à celui que nous avons obtenu pour la lunette astronomique.

**587. Télescope de Foucault.** — Le télescope de Newton a été perfectionné, dans sa construction, par Foucault. — Les miroirs sphériques de bronze, qu'on employait depuis Newton, offrent cet inconvénient que, s'ils viennent à s'oxyder, il faut recommencer un travail de polissage très long et très dispendieux. A ces miroirs de bronze, Foucault a substitué des miroirs de verre, dont la surface *concave* est couverte d'une couche mince d'argent, déposée chimiquement. — Avant d'effectuer l'argenture, on donne à la surface du verre la forme convenable, par une série d'essais et de retouches permettant d'apprécier les progrès que fait l'opération : cette surface de verre, ainsi travaillée, présente déjà des qualités supérieures à celles des miroirs qu'on avait construits jusque-là. L'opération de l'argenture chimique, en augmentant le pouvoir réflecteur, donne au miroir des qualités plus remarquables encore. — Lorsque la couche d'argent vient à se ternir, on peut l'enlever au moyen d'un liquide qui la dissout, et déposer sur le verre une nouvelle couche d'argent, qui rend au miroir son éclat primitif.

Enfin, dans le télescope de Foucault (fig. 405), la lentille oculaire est

remplacée par un véritable microscope composé  $D$ , donnant un grossissement beaucoup plus considérable qu'une loupe (\*).

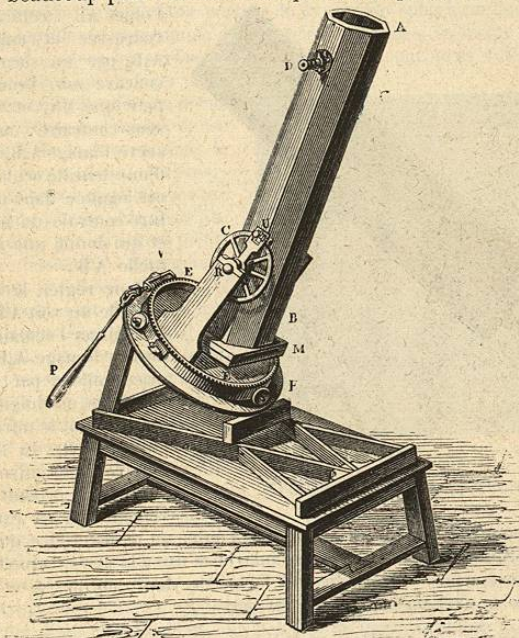


Fig. 405. — Télescope de Foucault.

**588. Télescope de Grégory.** — Le télescope imaginé par Grégory en

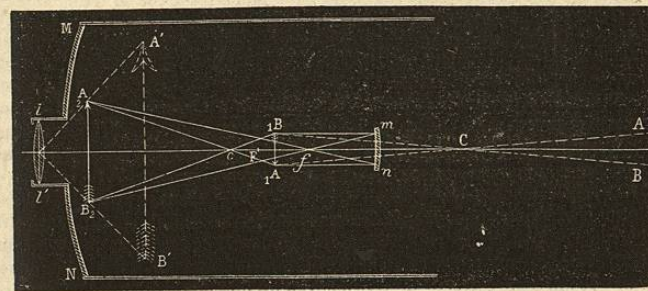


Fig. 404. — Formation des images dans le télescope de Grégory.

1665, une vingtaine d'années avant le télescope de Newton, offre cet avantage qu'il fait voir les objets dans la direction même où ils sont placés par rap-

(\*) Le plus grand télescope qu'ait achevé Foucault lui-même est un instrument dont



port à l'observateur, et qu'il donne des images droites. — MN (fig. 404) est un miroir concave, qui donne en  $A_1B_1$ , un peu

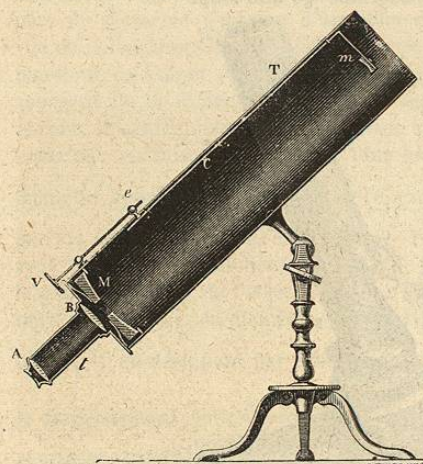


Fig. 404. — Télioscope de Grégory.

peut faire mouvoir dans un sens ou dans l'autre un petit écrou  $e$ , qui traverse une fente pratiquée dans la paroi du tube et se fixe à la tige  $c$ , laquelle porte le miroir antérieur  $m$ . — L'oculaire est formé de deux lentilles  $A$  et  $B$ , fixées dans le tube  $t$ :  $c$  est un oculaire positif (581).

**589. Phares. — Lentilles annulaires, ou à échelons.** — Les phares placés sur les côtes sont destinés à produire des signaux lumineux, visibles à une grande distance, pour la sûreté de la navigation en mer.

Or, une source lumineuse émet toujours des rayons *divergents*; dès lors, si l'on n'employait aucun artifice particulier, il résulterait de ce que nous avons vu (466) que, quelle que fût l'intensité propre de la source, l'intensité de la lumière reçue à une distance un peu considérable deviendrait à peu près insensible. — En plaçant un point lumineux au foyer principal d'une lentille convergente, on peut obtenir, à la sortie de la lentille, un faisceau de rayons *parallèles*, la lumière suivant alors une marche inverse de celle qui est indiquée dans la figure 557. L'éclaircissement produit par un pareil faisceau, sur une surface constante, comme l'œil de l'observateur, deviendra alors *indépendant de la distance*. — Mais, pour que ce parallélisme des rayons émergents soit réalisé, il faut toujours que les faces courbes de la lentille ne comprennent qu'une *petite portion* de la surface sphérique dont elles font partie. Si l'on employait une simple lentille, on ne pourrait donc lui donner qu'une surface peu étendue: par suite, le faisceau réfracté ne contiendrait qu'une petite quantité de lumière.

le miroir a 80 centimètres de diamètre. Il est installé aujourd'hui à l'observatoire de Marseille. — L'observatoire de Paris en possède un autre, qui avait été seulement commencé par Foucault, et dont le miroir a un diamètre de 1<sup>m</sup>,20. Le tube de cet énorme instrument a plus de 7 mètres de longueur.

au delà de son foyer  $F$ , une image réelle et renversée de l'objet  $AB$ : cette image est redressée et amplifiée en  $A_2B_2$  par un second miroir concave  $mn$ , beaucoup plus petit que  $MN$ , et tourné en sens contraire; enfin on observe l'image  $A_2B_2$  au moyen d'une lentille oculaire  $l'$ , qui est adaptée dans une ouverture centrale du miroir  $MN$ , et qui donne une image virtuelle  $A'B'$ .

Pour régler la distance à laquelle on voit  $A'B'$ , au lieu de déplacer l'oculaire par rapport à l'image  $A_2B_2$ , on déplace celle-ci par rapport à l'oculaire, en éloignant ou en rapprochant le miroir  $mn$  de l'image  $A_1B_1$ . La figure 405 montre le mécanisme à l'aide duquel on produit ce mouvement; la vis extérieure  $V$

Fresnel a imaginé la disposition indiquée par la figure 406. — Une source lumineuse très intense est placée au foyer principal  $F$  d'une lentille convergente  $L$ :  $c$  est une lentille plan-convexe, dont la face courbe remplit la condition de ne comprendre qu'une petite portion de la surface sphérique dont elle fait partie. Cette lentille est environnée d'une série de lentilles, en forme d'anneaux  $aa, bb, cc, dd, \dots$ , dont les surfaces convexes ont des courbures différentes, et calculées de façon que le foyer principal de chacune d'elles soit *au même point*  $F$ . — Toute la lumière émise par le point  $F$  de la source, dans le cône  $hFh'$ , forme donc, à l'émergence, un faisceau parallèle à l'axe principal du système des lentilles. Les rayons émis par les autres points de la source forment, à l'émergence, des faisceaux parallèles à des axes secondaires qui sont toujours très peu inclinés sur l'axe principal. Le faisceau total est donc très lumineux: il est assez peu divergent pour n'éprouver, à une grande distance, qu'une faible diminution d'intensité: mais il est cependant assez divergent pour que sa section présente, vers les limites de l'horizon, des dimensions assez considérables.

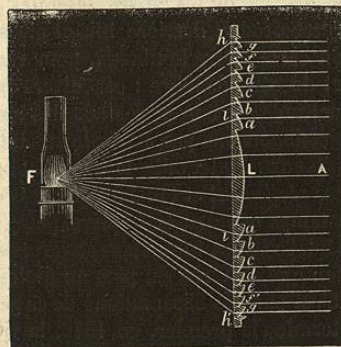


Fig. 406.

Lentilles à échelons, pour les phares.

Les sources de lumière employées ont été d'abord des lampes à huile, à plusieurs mèches, et à flamme très intense. On leur substitue aujourd'hui la lumière électrique, du moins pour les phares les plus importants. — Afin que les navigateurs puissent distinguer les divers phares les uns des autres, on détermine, dans chacun d'eux, des *éclipses* de lumière, d'une durée déterminée. Pour cela, on dispose, autour de la source lumineuse, plusieurs systèmes de lentilles à échelons: la lanterne qui les porte tourne, d'un mouvement uniforme, autour d'un axe vertical. Chaque système de lentilles ne projette alors la lumière, dans une direction déterminée, que pendant un temps assez court: le navigateur, placé dans cette direction, cesse donc d'apercevoir le feu, jusqu'au moment où le système suivant vient prendre la position du premier. — Parfois aussi, on place, devant un ou plusieurs de ces systèmes de lentilles, des verres colorés. — Les colorations et les intervalles d'intermittence des feux sont réglementés, pour chaque phare, et connus des marins.

### III. — DÉTERMINATION DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE.

**590. Déterminations anciennes de la vitesse de la lumière.** — La lumière se propage avec une vitesse considérable. Aussi, est-ce en opérant d'abord sur des distances énormes, comme celles qui nous séparent des astres, qu'on a cherché à mesurer cette vitesse.

On sait, par exemple, que les planètes ne sont pas lumineuses par elles-mêmes: elles ne sont visibles que par la lumière qu'elles reçoivent



du Soleil, et qu'elles nous renvoient. On sait, d'autre part, que certaines planètes, et en particulier la planète Jupiter, sont accompagnées de planètes plus petites, ou *satellites*, qui tournent autour d'elles, pendant qu'elles tournent elles-mêmes autour du Soleil. — Or, pendant le mouvement de Jupiter autour du Soleil, il arrive que, à certaines époques, tel ou tel de ses satellites entre dans le cône d'ombre que Jupiter produit derrière lui, et alors ce satellite *s'éclipse*, c'est-à-dire qu'il cesse d'être lumineux, pour redevenir lumineux à l'instant où il sort du cône d'ombre : ces divers instants peuvent être calculés avec exactitude, au moyen des lois des mouvements des astres. — Mais nous ne commençons pas à voir le satellite à l'instant même où il redevient lumineux : l'intervalle de temps qui s'écoule, entre l'instant où *l'éclipse cesse réellement* et l'instant où *nous voyons l'astre reparaitre*, correspond au temps que met la lumière pour parcourir l'espace qui nous sépare de lui. Ce temps lui-même est variable aux diverses époques de l'année, selon que la Terre est plus ou moins éloignée de l'astre.

C'est par des observations de ce genre que l'astronome danois Rømer détermina le premier, en 1672, la vitesse de propagation de la lumière. Il lui assigna une valeur de 77 000 lieues, ou 308 000 kilomètres, par seconde. — En admettant ce résultat, la lumière mettrait environ 8 minutes 15 secondes pour franchir la distance du Soleil à la Terre.

Une cinquantaine d'années après, Bradley parvint à un résultat sensiblement égal, par une méthode tout à fait différente, mais fondée toujours sur des observations astronomiques.

**594. Expériences modernes. — Méthode de M. Fizeau.** — La méthode employée par M. Fizeau a permis de mesurer la vitesse de la lumière en opérant sur des distances de quelques kilomètres seulement.

Les premières expériences de M. Fizeau, publiées en 1849, ont été effectuées entre Montmartre et Suresnes : la distance des deux stations était de 8655 mètres. Voici quelle était la disposition de l'appareil. — A Montmartre était placé un tube de lunette  $T'$  (fig. 407), dont l'objectif  $L'$  avait son axe principal dirigé vers la station de Suresnes : au foyer principal  $f'$  de cet objectif était un petit miroir plan  $mn$ , qui fermait le tube. D'autre part, à Suresnes était placé un tube semblable  $T$ , disposé de manière que l'axe principal de son objectif  $L$  fût dans le prolongement de celui de l'autre ; soit  $f$  le foyer principal de cet objectif. A droite du tube  $T$  était placée la flamme d'une lampe  $a$ , au foyer principal d'une lentille  $l$  qui transmettait les rayons parallèlement à son axe ; une seconde lentille  $l'$  tendait à faire converger les rayons vers son foyer  $b$ , mais ces rayons rencontraient alors une petite lame de verre inclinée  $gg'$ , qui les réfléchissait en partie, et amenait les rayons réfléchis à venir converger au point symétrique de  $b$  par rapport à la surface réfléchissante : la disposition était telle, que ce point de concours fût précisément le foyer principal  $f$  de la lentille objective  $L$ . Après s'être

croisés en ce point  $f$ , les rayons venaient tomber sur la lentille  $L$ , qui les transmettait, parallèlement à son axe, à la lentille  $L'$  de Montmartre : celle-ci les faisait converger en son foyer  $f'$ , sur le miroir  $mn$ , en sorte que chacun de ces rayons reprenait, en sens inverse, le chemin qu'avait suivi son symétrique. Les rayons, après avoir traversé l'objectif  $L$ , venaient donc se croiser en  $f$ , et rencontraient de nouveau la lame de verre  $gg'$  : celle-ci ne renvoyait qu'une partie de la lumière vers la lampe, et transmettait l'autre partie à l'œil de l'observateur, placé en  $O$ . — En résumé, l'observateur placé à Suresnes apercevait ainsi, dans la direction de Montmartre, la lumière de la lampe qui était placée à côté de lui. Mais l'appareil comprenait en outre, à Suresnes, une roue dentée verticale  $rr'$ , dont le bord correspondait précisément au point  $f$ . Cette roue étant mise en mouvement par un mécanisme d'horlogerie, la lumière ne pouvait franchir le point  $f$  qu'aux instants où la roue présentait, en ce point, l'espace *creux* compris entre deux dents : le passage de la lumière était intercepté, aux instants où la roue présentait, en ce même point, le *plein* de l'une de ses dents.

Il est facile, dès lors, de comprendre la marche de l'expérience. — Supposons que, la roue ayant reçu une certaine vitesse de rotation, un rayon venant de la lampe franchisse le point  $f$ , au moment où se présente un *creux* de la roue dentée. Si, pendant le temps que met ensuite ce rayon pour se propager de Suresnes à Montmartre et revenir à Suresnes, le *plein* de la dent suivante est venu prendre la place du creux, ce rayon sera intercepté au retour. Il en

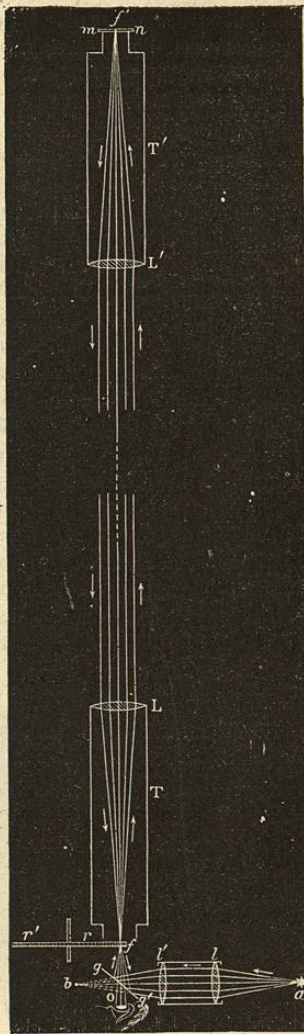


Fig. 407.  
Appareil de M. Fizeau, pour la mesure de la vitesse de la lumière.



sera de même pour tous les autres rayons qui lui succéderont, les dimensions des intervalles creux étant égales à celles des parties pleines. Dès lors, l'œil placé en O ne recevra aucune lumière : il y aura *éclipse* complète. — On n'a donc, en commençant l'expérience, qu'à augmenter progressivement la vitesse de rotation : on observe d'abord un affaiblissement progressif de la lumière; puis, à un moment donné, l'éclipse devient complète. Le mécanisme est disposé de manière qu'il permet de connaître le nombre de tours effectués par la roue en une seconde; comme on connaît d'ailleurs le nombre des dents de la roue, on en déduit la valeur de la fraction de seconde qui représente, pour cette vitesse de rotation, le temps  $t$  nécessaire à la substitution d'un *plein*, au *creux* qui le précède. Ce temps est celui que met la lumière pour franchir l'espace  $e$  qui sépare les deux stations, aller et retour. Le quotient de  $e$  par  $t$  représente l'espace parcouru par la lumière en une seconde, c'est-à-dire *la vitesse de la lumière* (\*).

**592. Résultats.** — Les expériences de M. Fizeau ont donné, pour valeur de la vitesse de la lumière, environ 300 000 kilomètres par seconde : c'est un nombre très voisin de celui qui avait été obtenu par Rømer (590). — De nouvelles expériences, faites par M. A. Cornu au moyen de la même méthode, et avec quelques modifications destinées à en augmenter la précision, ont donné 300 350 kilomètres.

Des expériences toutes différentes, effectuées par Foucault, à l'aide d'un procédé qui permettait d'opérer sur une distance de quelques mètres seulement, avaient fourni, à peu près à la même époque que les expériences de M. Fizeau, un résultat très voisin du sien (\*\*).

(\*) Au moment où la roue dentée acquiert une vitesse double de la précédente, les rayons transmis, à l'aller, par les *creux*, viennent rencontrer au retour les *creux suivants*, et la lumière *reparaît*, avec toute son intensité, pour l'œil de l'observateur. — Au moment où la roue acquiert une vitesse triple de la première, il se produit une nouvelle *éclipse*; et ainsi de suite. — Chacune de ces observations permet de calculer la valeur de la vitesse de la lumière, en sorte qu'on peut, en prenant la moyenne des résultats, obtenir finalement cette valeur avec une grande précision.

(\*\*) Voir le principe de la méthode de Foucault, dans les problèmes qui sont à la fin du volume.

## CHAPITRE VI

## NOTIONS SOMMAIRES SUR LA PHOTOGRAPHIE.

**593. Photographie.** — **Production des images dans la chambre noire.** — On désigne sous le nom général de *photographie*, l'art de fixer les images lumineuses sur l'écran qui les reçoit.

Nicéphore Niepce est le premier qui soit parvenu à faire servir la lumière pour obtenir des images persistantes, soit sur le bitume de Judée, soit sur l'iodure d'argent. Daguerre, après s'être associé à ses travaux, découvre l'influence des vapeurs de mercure pour faire apparaître l'image, encore latente, que produit la lumière lorsqu'elle a frappé l'iodure d'argent pendant quelques secondes : il trouva, en outre, le moyen de fixer cette image. C'est seulement alors que la découverte de Niepce put entrer dans la pratique. — Les procédés ont subi tant de transformations diverses, que nous devons nous contenter de quelques indications générales, suffisantes pour faire concevoir les principes des procédés les plus usités.

L'appareil qui sert à produire l'image est une *chambre noire*, plus ou

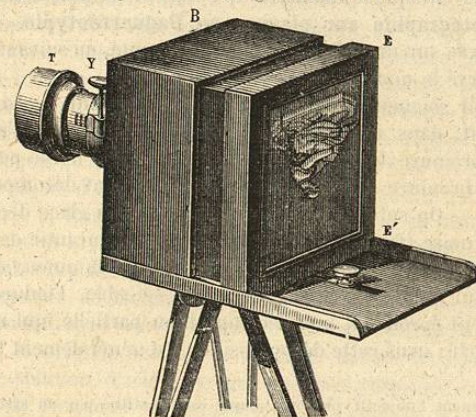


Fig. 408. — Chambre noire pour la photographie.

moins semblable à celle que représente la figure 408 : c'est une caisse