

846. **Principe du télescope de Newton.** — On comprend généralement, sous le nom de *télescopes*, des instruments où la lentille objective, qui, dans les lunettes, recevait la lumière des objets, est remplacée par un miroir concave.

Dans le télescope de Newton, un miroir sphérique concave MN (fig. 665) est fixé au fond d'un tube, de manière que son centre C soit sur l'axe du tube. — L'axe du tube étant dirigé vers un objet, le miroir tendrait

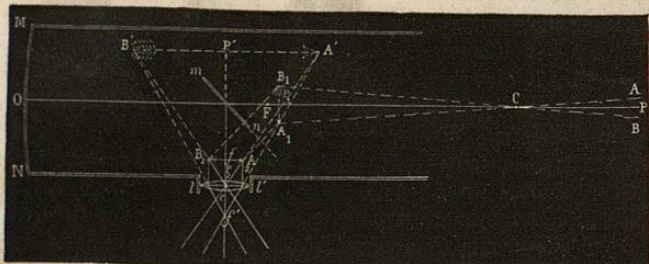


Fig. 665. — Télescope de Newton.

à produire, un peu au delà de son foyer principal F, une image A_1B_1 réelle et renversée (*); mais les faisceaux lumineux réfléchis, avant d'atteindre leurs points de concours respectifs, sont reçus sur un petit miroir plan mn , incliné à 45 degrés sur l'axe du tube; ils sont réfléchis par ce miroir, en sorte que l'image se trouve rejetée dans une position A_2B_2 symétrique de A_1B_1 par rapport à mn . C'est cette image réelle A_2B_2 qu'on observe à travers l'oculaire W , fonctionnant comme loupe, et fixé dans un tube à tirage: en réglant le tirage, on amène l'image virtuelle $A'B'$ à apparaître nettement, pour la vue de l'observateur.

847. **Grossissement du télescope.** — Dans le télescope, le grossissement est défini, comme dans la lunette astronomique, par le rapport des angles $A'cB'$ et ACB , sous lesquels on voit une dimension $A'B'$ de l'image virtuelle et la dimension homologue AB de l'objet. — Ces deux angles étant très petits, on peut substituer à leur rapport celui de leurs tangentes, ou des tangentes de leurs moitiés, c'est-à-dire le rapport $\frac{\text{tg } A'cP'}{\text{tg } ACP}$; or, $A'cP'$ a pour tangente $\frac{A'P'}{P'c}$ ou $\frac{A_2P_2}{P_2c}$; ACP ou son égal A_1CP_1 a pour tangente $\frac{A_1P_1}{P_1C}$; et comme $A_2P_2 = A_1P_1$, on a :

$$G = \frac{P_1C}{P_2c}$$

(*) Ici encore, pour ne pas rendre la figure invraisemblable, on n'a pas indiqué les constructions à l'aide desquelles on détermine la position de l'image A_1B_1 : on s'est contenté de tracer les axes secondaires des points A et B, sur lesquels se trouvent les points correspondants A_1 et B_1 de l'image.

Mais P_1C est sensiblement égal à FC ou à OF , c'est-à-dire à la distance focale principale F du miroir sphérique: P_2c diffère peu de la distance focale principale f de l'oculaire; le grossissement s'exprime donc, d'une manière approximative, par

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

c'est-à-dire par le rapport des distances focales principales du miroir et de l'oculaire, résultat analogue à celui que nous avons obtenu pour les différentes espèces de lunettes.

On peut déterminer le grossissement par une expérience directe, au moyen d'une chambre claire convenablement disposée: on opérera comme il a été indiqué pour la lunette astronomique (859).

848. **Télescope de Foucault.** — Le télescope de Newton a été

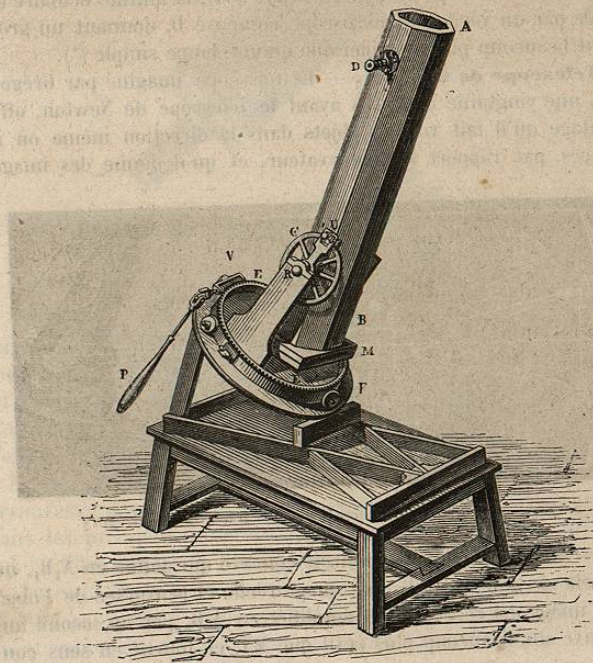


Fig. 664. — Télescope de Foucault.

perfectionné, dans sa construction, par Foucault. — Les miroirs sphériques de bronze, qu'on employait depuis Newton, sont très pesants; ils sont difficiles à travailler; enfin ils offrent surtout cet inconvénient

que, si l'air humide vient à en oxyder la surface, 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, 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. 664*), la lentille oculaire est remplacée par un véritable microscope composé D, donnant un grossissement beaucoup plus considérable qu'une loupe simple (*).

¶ 849. **Télescope de Grégory.** — Le télescope imaginé par Grégory en 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 rapport à l'observateur, et qu'il donne des images

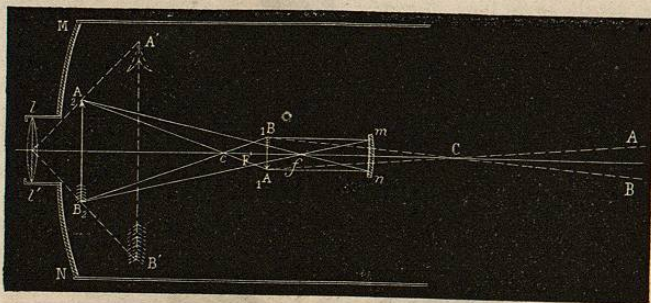


Fig. 665. — Formation des images dans le télescope de Grégory.

droites. — MN (*fig. 665*) est un miroir-concave qui donne en A_1B_1 , un peu 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 con-

(*) Le plus grand télescope qu'ait achevé Foucault lui-même est un instrument dont 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^m.20. — Le tube de ce puissant instrument a plus de 7 mètres de longueur.

traire; enfin, on observe l'image A_2B_2 au moyen d'une lentille oculaire W , qui est adaptée à une ouverture centrale du miroir MN, et qui donne une image virtuelle $A'B'$ à la distance de la vision distincte.

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 666 montre le mécanisme à l'aide duquel on produit ce mou-

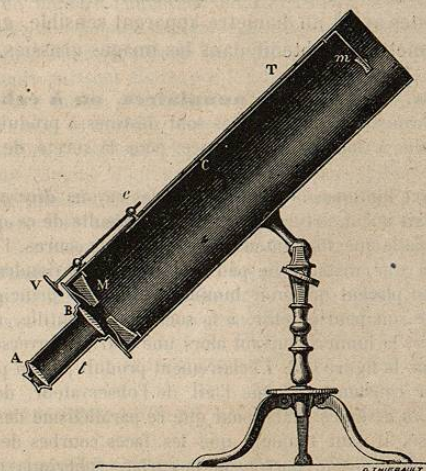


Fig. 666. — Télescope de Grégory.

vement; la vis extérieure V 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 (842).

850. **Avantages relatifs des lunettes et des télescopes.** — La découverte des lunettes est antérieure à celle des télescopes; mais, dans les premières lunettes employées, l'aberration de réfrangibilité des lentilles employées comme objectifs nuisait à la netteté des images. — Après la découverte des télescopes, ces instruments, perfectionnés d'abord par Grégory, puis modifiés par Newton, furent préférés pour l'observation des astres offrant des dimensions sensibles.

Depuis cette époque, la réalisation de l'achromatisme des lentilles a permis d'obtenir, avec les lunettes, des images d'une netteté dont les premiers observateurs n'avaient pas l'idée; cependant, la difficulté d'obtenir de grands objectifs parfaitement purs continue à restreindre les dimensions que l'on peut donner à ces instruments. — D'autre part,

les perfectionnements apportés par Foucault à la construction des grands télescopes ont permis d'obtenir, avec ces instruments, des images dont la grandeur et la netteté surpassent ce que peuvent fournir les lunettes.

En résumé, les *lunettes* paraissent devoir surtout servir à l'étude des mouvements des astres, en raison de la précision avec laquelle elles donnent les directions dans lesquelles les astres sont placés. — Les *télescopes* semblent être appelés principalement à révéler la constitution des corps célestes ayant un diamètre apparent sensible, grâce à la netteté qu'ils permettent d'obtenir dans les images grossies.

851. Phares. — Lentilles annulaires, ou à échelons. — Les phares que l'on construit 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 (751) 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 618. 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.

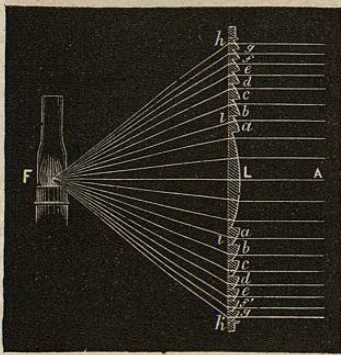


Fig. 667.

Lentilles à échelons, pour les phares

— Toute la lumière émise par le point F de la source,

Fresnel a imaginé la disposition indiquée par la figure 667. — 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*..., dont les surfaces convexes ont des

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 semblables, 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 qu'une faible diminution d'intensité avec la distance; mais il est cependant assez divergent pour que sa section puisse présenter, vers les limites de l'horizon, des dimensions assez considérables.

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'alternance des feux sont réglementés pour chaque phare et connus des marins.

III. — DÉTERMINATION DE LA VITESSE DE LA LUMIÈRE.

852. 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 sortira 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

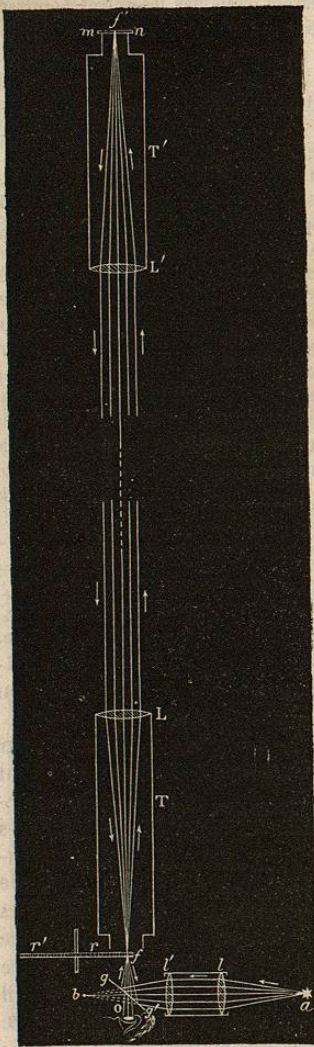


Fig. 668.
Appareil de M. Fizeau, pour la mesure
de la vitesse de la lumière.

dans le prolongement de celui de l'autre; soit f le foyer principal de cet

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 508 000 kilomètres, par seconde. — En admettant ce résultat, la lumière mettrait environ 8 minutes 13 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.

§ 855. 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. 668), 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' et l'objectif L , revenaient 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, donc, 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 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 $\frac{c}{l}$ représente l'espace parcouru par la lumière en une seconde, c'est-à-dire *la vitesse de la lumière* (*).

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 (852). — 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 300 330 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

854. 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 peindre des images persistantes, soit sur le bitume de Judée, soit sur l'iodure d'argent. Daguerre, après s'être associé à ses travaux, découvrit 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 depuis tant de transformations diverses, que nous devons nous contenter de quelques indications générales, suffisantes pour faire concevoir les principes des méthodes les plus usitées.

L'appareil qui sert à produire l'image est une *chambre noire*, plus ou moins semblable à celle que représente la figure 669 : c'est une caisse rectangulaire formée de deux parties B, E, qui peuvent glisser l'une dans l'autre. A la face antérieure est fixé le tube T qui porte l'objectif; dans la face postérieure EE' est enchâssée une glace dépolie sur laquelle viennent se peindre les images renversées des objets placés en face de l'objectif (794, 1^o). Pour amener la glace au foyer conjugué de l'objet par rapport à la lentille, le photographe se place derrière cette glace, et la fait avancer ou reculer jusqu'à ce que l'image paraisse nette; il achève de *mettre au point*, en imprimant, au tube qui porte l'objectif T, de petits déplacements à l'aide de la vis Y.

La marche des rayons lumineux est indiquée dans la figure 670, qui représente la coupe d'une chambre noire : l'objet lumineux AB est placé à une distance supérieure au double de la distance focale princi-