

LIVRE VII

DE LA LUMIÈRE.

CHAPITRE PREMIER.

TRANSMISSION, VITESSE ET INTENSITÉ
DE LA LUMIÈRE.

429. **Lumière, hypothèses sur sa nature.** — La lumière est l'agent qui produit en nous, par son action sur la rétine, le phénomène de la vision. La partie de la physique qui fait connaître les propriétés de la lumière est désignée sous le nom d'*optique*.

Pour expliquer l'origine de la lumière, on a adopté les mêmes hypothèses que pour la chaleur : celle de l'*émission* et celle des *ondulations*. Dans la première, qui remonte aux philosophes de l'antiquité, et qui, dans les temps modernes, a été soutenue par Newton, on admet que les corps lumineux émettent dans toutes les directions, sous la forme de molécules d'une extrême ténuité, une substance impondérable qui se propage en ligne droite avec une vitesse presque infinie. Ces molécules, en pénétrant dans l'œil, réagissent sur la rétine et déterminent la sensation qui constitue la vision.

Dans l'hypothèse des ondulations, soutenue par Descartes, Grimaldi, Huyghens, Young, Malus et Fresnel, on admet que les molécules des corps lumineux sont animées d'un mouvement vibratoire infiniment rapide, qui se communique à un fluide éminemment subtil et élastique, qu'on nomme *éther*, et qui est répandu dans tout l'univers. Dans cette hypothèse, un ébranlement en un point quelconque de l'éther se propage dans tous les sens sous la forme d'ondes sphériques, lumineuses, de la même manière que le son est propagé dans l'air par les ondes sonores. Toutefois on admet que les vibrations de l'éther se produisent, non pas perpendiculairement à la surface de l'onde lumineuse,

comme dans la propagation du son, mais suivant cette surface même, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction que suit la lumière en se propageant; ce qu'on exprime en disant que les vibrations sont *transversales*. On peut se former une idée de ces vibrations en secouant une corde par l'un des bouts : le mouvement se propage en serpentant jusqu'à l'autre bout; la propagation se fait donc dans le sens de la corde, mais les vibrations se font en travers.

Dans le système des ondulations, Fresnel est parvenu à donner une explication complète de plusieurs phénomènes lumineux, tels que ceux de la *diffraction* et des *anneaux colorés*, qu'on ne pouvait expliquer dans le système de l'émission. Aussi la théorie des ondulations est-elle généralement la seule admise depuis les travaux de Fresnel.

430. **Corps lumineux, éclairés, diaphanes, translucides, opaques.** — On nomme *corps lumineux*, ceux qui émettent de la lumière, comme le soleil et les corps en ignition. Les corps lumineux ne sont pas les seuls visibles pour nous; les corps non lumineux le sont aussi, mais à la condition d'être *éclairés*, c'est-à-dire de recevoir de la lumière d'une source quelconque. Cette lumière étant ensuite renvoyée dans toutes les directions par ces corps, comme nous le verrons en traitant de la *réflexion* (440), c'est elle qui nous les fait voir. C'est ainsi que nous apparaissent tous les corps non lumineux situés au-dessus de notre horizon visuel; mais dans l'obscurité ils cessent d'être visibles, tandis que les corps lumineux par eux-mêmes le sont toujours.

Les corps *diaphanes* ou *transparentes* sont ceux qui laissent facilement passer la lumière, et au travers desquels on distingue les objets : tels sont l'eau, les gaz, le verre poli. Les *corps translucides* sont ceux au travers desquels on perçoit encore la lumière, mais sans pouvoir reconnaître la forme des objets : tels sont le verre dépoli, le papier huilé. Enfin, on appelle *corps opaques*, ceux au travers desquels il n'y a pas transmission de lumière, comme les bois, les métaux. Toutefois il n'y a pas de corps complètement opaques; tous sont plus ou moins translucides lorsqu'ils sont réduits en feuilles assez minces.

431. **Rayon et faisceau lumineux.** — On appelle *rayon lumineux*, la ligne que suit la lumière en se propageant, et *faisceau lumineux*, un ensemble de rayons émis d'une même source. Un faisceau lumineux est dit *parallèle* lorsqu'il est composé de rayons parallèles; il est *divergent* lorsque les rayons s'écartent les uns des autres, et *convergent* quand les rayons concourent vers un même point. Tout corps lumineux émet, de tous ses points et dans

toutes les directions, des rayons rectilignes divergents. Un faisceau très-délié se désigne sous le nom de *pinceau*.

432. **Propagation de la lumière dans un milieu homogène.** —

Un *milieu* est l'espace plein ou vide dans lequel se produit un phénomène. L'air, l'eau, le verre, sont des milieux dans lesquels se propage la lumière. Un milieu est dit *homogène* lorsqu'en toutes ses parties sa composition chimique et sa densité sont les mêmes.

Or, dans tout milieu homogène, la lumière se propage en ligne droite. En effet, si l'on interpose un corps opaque sur la ligne droite qui joint l'œil à un corps lumineux, la lumière est interceptée. On peut remarquer encore que la lumière qui pénètre dans une chambre noire, par une petite ouverture, trace dans l'air un trait lumineux rectiligne, qui devient visible en éclairant les poussières légères qui sont en suspension dans l'atmosphère.

Toutefois la lumière change de direction lorsqu'elle rencontre un obstacle qu'elle ne peut pénétrer, ou lorsqu'elle passe d'un milieu dans un autre; ces phénomènes seront décrits bientôt sous les noms de *réflexion* et de *réfraction*.

433. **Ombre, pénombre, reflet.** — L'ombre d'un corps est le lieu de l'espace où il empêche la lumière de pénétrer. Lorsqu'il

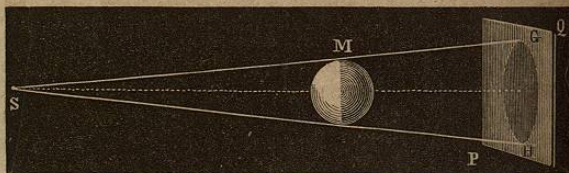


Fig. 282.

s'agit de déterminer l'étendue et la forme de l'ombre projetée par un corps, on peut distinguer deux cas : celui où la source lumineuse est un point unique, et celui où elle est un corps d'une étendue quelconque.

Dans le premier cas, soient S (fig. 282) le point lumineux, et M le corps qui porte ombre et que nous supposons sphérique. Si l'on conçoit qu'une droite indéfinie SG se meuve autour de la sphère M, en lui restant tangente et en passant constamment par le point S, cette droite engendre une surface conique qui, au delà de la sphère, sépare la portion de l'espace qui est dans l'ombre de celle qui est éclairée. Dans le cas que nous considérons, en plaçant au delà du corps opaque un écran PQ, le passage de l'om-

bre à la lumière sur cet écran aurait lieu brusquement; mais ce n'est pas ce qui a lieu dans les cas ordinaires, où les corps lumineux ont toujours une certaine étendue.

Supposons, en effet, pour simplifier la démonstration, que le corps éclairant et le corps éclairé soient deux sphères SL et MN (fig. 283). Si l'on conçoit qu'une droite indéfinie AG se meuve tangentiellement à ces sphères, en coupant constamment la ligne des centres au point A, elle engendre une surface conique qui a pour sommet ce point, et qui limite, derrière la sphère MN, un espace MGHN complètement privé de lumière. Si, actuellement, une seconde droite LD, coupant la ligne des centres en B, tourne encore tangentiellement aux deux sphères de manière à engendrer une nouvelle surface conique BDC, on reconnaît, à l'inspection de la figure, que tout l'espace extérieur à cette surface est totalement éclairé, mais que la partie comprise entre les deux surfaces coniques n'est ni entièrement privée de lumière, ni entièrement éclairée. En sorte que, si l'on place un écran PQ derrière le corps opaque, la portion cGDH de cet écran est complètement dans l'ombre; quant à la partie annulaire ab, il est facile de voir qu'elle reçoit de la lumière de certains points du corps lumineux, mais n'en reçoit pas

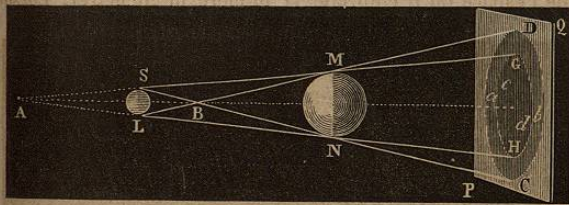


Fig. 283.

de tous. Cette portion de l'écran est donc plus éclairée que l'ombre proprement dite, mais moins que le reste de l'écran; c'est pourquoi on lui donne le nom de *pénombre*.

Les ombres telles qu'on vient de les construire sont les *ombres géométriques*; mais les *ombres physiques*, c'est-à-dire celles qu'on observe réellement, ne sont pas aussi rigoureusement limitées. On remarque, en effet, qu'une certaine quantité de lumière passe dans l'ombre, et que, réciproquement, de l'ombre se trouve dans la partie éclairée. Ce phénomène, qui sera décrit plus tard, est connu sous le nom de *diffraction* (562).

Lorsqu'un corps opaque intercepte la lumière par une de ses faces, la face opposée n'est jamais complètement obscure; elle est

toujours plus ou moins éclairée par la lumière que réfléchissent les corps voisins. C'est l'effet de cette réverbération qu'on nomme *reflet*. Or, la lumière réfléchiée par un corps coloré participant, en général, de la couleur propre de ce corps, il en résulte que les reflets prennent eux-mêmes la teinte des objets environnants. Les peintres dans leurs tableaux, les décorateurs dans le choix des draperies, les femmes dans celui de leurs parures, utilisent avec art les effets de lumière que produisent les reflets.

434. **Images produites par les petites ouvertures.** — Lorsqu'on reçoit, sur un écran blanc, les rayons lumineux qui pénètrent dans une chambre noire *par une petite ouverture*, on obtient, des objets

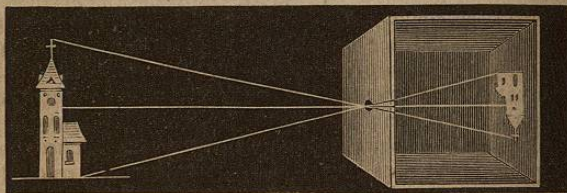


Fig. 284.

extérieurs, des images qui présentent les phénomènes suivants : 1^o elles sont renversées ; 2^o leur forme, qui est toujours celle des objets extérieurs, est indépendante de la forme de l'ouverture.

Le renversement des images résulte de ce que les rayons lumineux qui proviennent des objets extérieurs et pénètrent dans la chambre noire, se croisent en passant dans l'ouverture, comme le montre la figure 284. Continuant à se propager en ligne droite, les rayons partis des points les plus élevés rencontrent l'écran aux points les plus bas, et, réciproquement, ceux qui viennent des points inférieurs rencontrent l'écran aux points les plus hauts. De là le renversement de l'image. A l'article *Chambre obscure* (512), on verra comment on augmente l'éclat et la netteté des images au moyen de verres convergents, et par quels procédés on les redresse.

Pour montrer comment la forme de l'image est indépendante de celle de l'ouverture, lorsque celle-ci est suffisamment petite et que l'écran est assez éloigné, soit une ouverture triangulaire O (fig. 285), pratiquée dans le volet d'une chambre obscure, et soit un écran *ab* sur lequel on reçoit l'image d'une flamme AB placée à l'extérieur. De chaque point de la flamme pénètre, dans la chambre noire, un faisceau divergent qui vient former, sur l'écran, une image trian-

gulaire semblable à l'ouverture, comme le montre le dessin. Or, c'est la réunion de toutes ces images partielles qui produit une image totale de même forme que l'objet éclairant. En effet, si l'on conçoit qu'une droite indéfinie se meuve dans l'ouverture du volet, supposée très-petite, avec la condition que cette droite reste toujours tangente à l'objet lumineux AB, on peut admettre que, dans son mouvement, la droite décrit deux surfaces coniques ayant pour sommet commun l'ouverture même de la chambre noire, et pour base, l'une le corps lumineux, l'autre la partie éclairée de l'écran, c'est-à-dire l'image. Par conséquent, si l'écran est perpendiculaire à la droite qui joint le centre de l'ouverture au centre du corps lu-

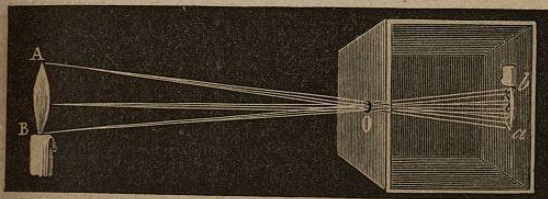


Fig. 285.

mineux, l'image est semblable à ce corps ; mais si l'écran est oblique, l'image est allongée dans le sens de l'obliquité. C'est ce qu'on observe, par exemple, dans l'ombre portée par le feuillage des arbres : les faisceaux lumineux qui passent à travers les feuilles donnent des images du soleil, qui sont rondes ou elliptiques, suivant que le sol sur lequel elles se projettent est perpendiculaire ou oblique aux rayons solaires, et cela, quelle que soit, entre les feuilles, la forme des intervalles à travers lesquels passe la lumière.

435. **Vitesse de la lumière.** — La lumière se propage avec une vitesse telle, qu'on ne peut, à la surface de la terre, constater aucun intervalle appréciable, quelle que soit la distance, entre l'instant où un phénomène lumineux se produit et celui où l'œil le perçoit : aussi est-ce au moyen d'observations astronomiques que cette vitesse a d'abord été déterminée. C'est Rømer, astronome danois, qui, le premier, en 1675, déduisit la vitesse de la lumière de l'observation des éclipses du premier satellite de Jupiter.

On sait que Jupiter est une planète autour de laquelle tournent avec rapidité quatre satellites, de la même manière que la lune tourne autour de la terre. Son premier satellite E (fig. 286) fait ses immersions, c'est-à-dire entre dans l'ombre projetée par Jupiter J, à des intervalles de temps égaux qui sont de 42^h 28^m 36^s. Il y a donc périodiquement éclipse du satellite à chacun de ces inter-

valles. Or, avant Rømer, Dominique Cassini avait construit des tables qui, basées sur un très-grand nombre d'observations, devaient servir à prédire les éclipses des satellites de Jupiter. Mais, en faisant usage de ces tables, Rømer observa que leurs indications étaient, tantôt en avance, tantôt en retard sur ces éclipses. Quand Jupiter était en opposition, c'est-à-dire lorsque la terre était entre cette planète et le soleil, il y avait avance; et au contraire, au moment des conjonctions, c'est-à-dire quand le soleil était entre la terre et Jupiter, il y avait retard. C'est cette observation qui conduisit Rømer à la découverte de la vitesse de la lumière.

En effet, à l'opposition et dans les positions voisines, le soleil étant en *s*, la terre en *T*, et Jupiter en *J*, la distance de la terre à

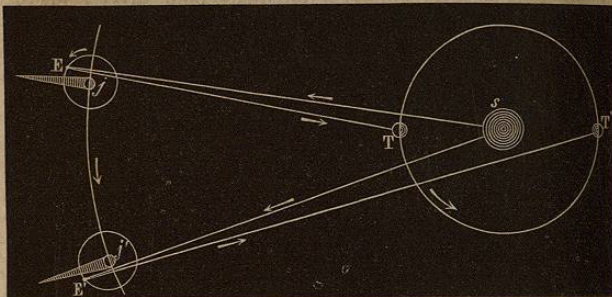


Fig. 286.

Jupiter, et, par suite, à son satellite *E*, est sensiblement $sJ - Ts$, c'est-à-dire la différence entre la distance du soleil à Jupiter et celle de la terre au soleil; tandis qu'aux conjonctions, par exemple quand la terre est en *T'* et Jupiter en *J'*, la distance de la terre à Jupiter est $sJ' + T's$. D'où l'on voit que la distance TJ' surpassant TJ de deux fois la distance de la terre au soleil, la lumière solaire réfléchiée par le satellite *E* vers la terre a à parcourir dans le second cas un chemin plus grand que dans le premier de deux fois sT ; de là, la cause du retard observé par Rømer.

Pour évaluer ce retard, concevons qu'on observe une éclipse du satellite *E*, c'est-à-dire l'instant de son immersion dans le cône d'ombre projeté par Jupiter, lorsque cette planète est en *J* et la terre en *T*; puis une seconde éclipse quand ces deux astres sont en *J'* et en *T'*, c'est-à-dire lorsque la distance de la terre à Jupiter est augmentée de tout le diamètre de l'orbite terrestre. Or, au lieu de trouver que le temps écoulé entre ces deux observations soit un multiple de $42^h 28^m 36^s$ par le nombre d'éclipses qui s'est pro-

duit pendant le passage de la terre de *T* en *T'*, on trouve un intervalle plus grand de 16 minutes 26 secondes. C'est donc pour parcourir la distance TT' , c'est-à-dire deux fois celle de la terre au soleil, qu'il a fallu à la lumière 16 minutes 26 secondes. D'où l'on conclut que pour parcourir la distance de la terre au soleil, la lumière emploie 8 minutes 43 secondes; ce qui, d'après cette distance, représente une vitesse, par seconde, de 77 000 lieues de 4 000 mètres.

Cette vitesse de 77 000 lieues est celle trouvée par M. Struve par l'observation de l'aberration des étoiles fixes; la vitesse trouvée par Rømer était un peu plus grande.

Les étoiles les plus rapprochées de la terre sont au moins 206 265 fois plus éloignées que le soleil. La lumière qu'elles nous envoient met donc plus de trois années et un quart pour arriver jusqu'à nous. Quant aux étoiles qui ne sont visibles qu'à l'aide du télescope, elles sont à une distance telle de la terre, qu'il faut des milliers d'années pour que leur lumière arrive jusqu'à nous. Ces astres seraient donc éteints depuis des siècles, que nous continuerions à les contempler et à étudier leur mouvement.

* 136. Expérience de M. Foucault pour mesurer la vitesse de la lumière.

— Malgré la prodigieuse vitesse de la lumière, M. Foucault est parvenu à la déterminer expérimentalement à l'aide d'un ingénieux appareil fondé sur l'emploi du miroir tournant, déjà adopté par M. Wheatstone pour mesurer la vitesse de l'électricité.

Avant de décrire cet appareil, il importe d'observer que ce qui suit suppose connues les propriétés des miroirs et des lentilles, données plus loin aux paragraphes 432 et 431. La figure 287 représente, en plan horizontal, les principales dispositions de l'appareil de M. Foucault. Le volet *K* d'une chambre obscure est percé d'une ouverture carrée, derrière laquelle est tendu verticalement un fil de platine *o*. Un faisceau de lumière solaire, réfléchi extérieurement sur un miroir, pénètre dans la chambre obscure par l'ouverture carrée, rencontre le fil de platine, et de là se dirige sur une lentille achromatique *L*, à long foyer, placée à une distance du fil de platine moindre que le double de la distance focale principale. L'image du fil de platine tend alors à aller se former sur l'axe de la lentille, avec des dimensions plus ou moins amplifiées. Mais le faisceau lumineux, après avoir traversé la lentille, rencontre un miroir plan *m*, tournant avec une grande vitesse, sur lequel il se réfléchit et va former, dans l'espace, une image du fil de platine, qui se déplace avec une vitesse angulaire double de celle du miroir *m*. Cette image est réfléchiée par un miroir *M* concave et fixe, dont le centre de courbure coïncide avec l'axe de rotation du miroir tournant *m* et avec son centre de figure. Le faisceau réfléchi sur le miroir *M* revient sur lui-même, se réfléchit de nouveau sur le miroir *m*, traverse une seconde fois la lentille, et vient former une image du fil de platine qui paraît sur ce fil même tant que le miroir *m* tourne lentement.

Pour voir cette image sans masquer le faisceau qui entre par l'ouverture *K*, on

1. Pour le démontrer, soient *mm'* (fig. 288) le miroir tournant, *O* un objet fixe placé au devant et formant son image en *O'*. Quand le miroir arrive dans la position *m'n'*, l'image se fait en *O''*. Or, les deux angles $O'O'''$ et mcm' sont égaux, comme ayant les côtés perpendiculaires chacun à chacun; mais l'angle inscrit $O'O'''$ n'a pour mesure que la moitié de l'arc $O'O'$, tandis que l'angle au centre mcm' a pour mesure l'arc mm' tout entier. Donc l'arc $O'O'''$ est double de mm' , ce qui démontre que la vitesse angulaire de l'image est double de celle du miroir.

place une glace de verre V, à faces parallèles, entre la lentille et le fil de platine, et on l'incline de manière que les rayons réfléchis viennent tomber sur un puissant oculaire P.

Cela posé, si le miroir m est au repos, ou s'il tourne avec une petite vitesse, le rayon de retour Mm rencontre le miroir m dans la même position où il était lors de la première réflexion; il reprend donc la même direction qu'il a déjà suivie, rencontre en a la glace V, s'y réfléchit partiellement, et vient former en d , à une distance ad , égale à ao , l'image que regarde l'œil avec l'oculaire P. En tournant, le miroir m fait reparaître cette image à chaque révolution, et si sa vitesse de rotation est uniforme, l'image reste immobile dans l'espace. Pour des vitesses qui ne dépassent pas 30 tours par seconde, les apparitions successives sont distinctes;

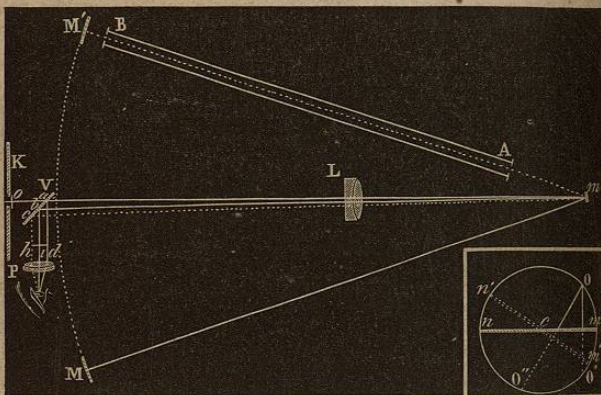


Fig. 287.

Fig. 288.

mais, au delà de 30 tours, il y a persistance des impressions dans l'œil, et l'image apparaît absolument calme.

Enfin, si le miroir m tourne suffisamment vite, il a changé sensiblement de position dans le temps que la lumière met à faire le double parcours de m en M et de M en m ; le rayon de retour, après sa réflexion sur le miroir m , prend alors la direction mb et vient former son image en i ; c'est-à-dire que l'image a éprouvé une déviation totale di . Rigoureusement parlant, il y a déviation aussitôt que le miroir tourne, même lentement, mais elle n'est appréciable que lorsqu'elle acquiert une certaine grandeur, ce qui exige une vitesse de rotation assez rapide ou une distance Mm suffisamment grande; car la déviation croît nécessairement comme le temps que la lumière met à revenir sur elle-même.

Dans l'expérience de M. Foucault, la distance Mm était seulement de 4 mètres, et en donnant alors au miroir m une vitesse de 600 à 800 tours par seconde, on obtient des déviations de 2 à 3 dixièmes de millimètre.

En posant $Mm=l$, $Lm=l'$, $oL=r$, et en représentant par n le nombre de tours par seconde, par δ la déviation absolue di , et par V la vitesse de la lumière, M. Foucault est arrivé à la formule

$$V = \frac{8\pi l^2 nr}{\delta(l+l')}$$

La vitesse trouvée par M. Foucault est de 74 500 lieues de 4 000 mètres.

L'appareil de M. Foucault permet d'expérimenter sur des liquides. Pour cela,

un tube AB, long de 3 mètres et plein d'eau distillée, est interposé entre le miroir tournant m et un miroir concave M' identique avec le miroir M. Les rayons lumineux réfléchis par le miroir tournant, dans la direction mM' , traversent deux fois la colonne d'eau AB, avant de revenir sur le miroir V. Or, le rayon de retour vient alors se réfléchir en c et faire son image en h ; la déviation est donc plus grande pour les rayons qui ont traversé l'eau que pour ceux qui se sont propagés dans l'air seul, ce qui indique que la vitesse de la lumière est moindre dans l'eau que dans l'air.

Cette conséquence est la partie importante de l'expérience de M. Foucault. En effet, la théorie ayant fait connaître que, dans le système des ondulations, c'est dans le milieu le plus réfringent que la vitesse de la lumière est moindre, tandis que c'est le contraire, qui aurait lieu dans le système de l'émission, le résultat obtenu par M. Foucault montre que c'est le système des ondulations qui doit être exclusivement adopté.

Quant au mécanisme dont se sert M. Foucault pour imprimer une grande vitesse au miroir tournant, il consiste en une petite turbine à vapeur ayant quelque rapport avec la sirène, et rendant, comme elle, un son d'autant plus élevé, que la rotation est plus rapide; c'est même d'après la hauteur du son que rend l'appareil qu'on apprécie sa vitesse de rotation.

* 437. **Expérience de M. Fizeau.** — M. Fizeau, en 1849, a mesuré directement la vitesse de la lumière, en cherchant le temps qu'il lui fallait pour se propager de Suresnes à Montmartre, puis pour revenir de Montmartre à Suresnes. L'appareil employé par ce savant consistait en une roue dentée, tournant avec plus ou moins de vitesse, et dont l'intervalle entre les dents était rigoureusement égal à leur épaisseur. Cette roue et le mécanisme qui la faisait marcher étant à Suresnes, un faisceau de lumière parallèle passait entre deux dents, et allait se réfléchir sur un miroir placé à Montmartre. Là, le faisceau dirigé par un système de tubes et de lentilles revenait vers la roue. Tant que celle-ci était au repos, le faisceau repassait exactement entre les mêmes dents qu'à son départ; mais la roue tournant suffisamment vite, une dent prenait la place d'un intervalle, et le faisceau, que l'observateur recevait à travers un oculaire, était intercepté. En tournant plus vite, il reparaissait quand l'intervalle entre les deux dents suivantes avait pris la place du premier au moment du retour du faisceau.

D'après la dimension de la roue, sa vitesse de rotation, sa distance au miroir réfléchissant, distance qui était de 8 633 mètres, M. Fizeau a trouvé que la vitesse de la lumière est de 78 800 lieues de 4 000 mètres, nombre qui diffère très-peu de celui fourni par l'observation des phénomènes astronomiques.

438. **Lois de l'intensité de la lumière.** — En prenant pour intensité d'une lumière la quantité reçue sur l'unité de surface d'un corps éclairé, cette intensité est soumise aux deux lois suivantes :

1^o L'intensité de la lumière reçue normalement sur une surface donnée est en raison inverse du carré de la distance à la source lumineuse.

2^o L'intensité de la lumière reçue obliquement est proportionnelle au cosinus de l'angle que font les rayons lumineux avec la normale à la surface éclairée.

Pour démontrer la première loi, soient deux écrans circulaires CD et AB (fig. 289), placés, l'un à une certaine distance d'une source lumineuse L, l'autre à une distance double; et soient s et S les surfaces de ces deux écrans. En représentant par a la quantité totale de lumière émise par la source, suivant le cône ALB, l'intensité

de la lumière sur l'écran CD, c'est-à-dire la quantité de lumière qui tombe sur l'unité de surface, est $\frac{a}{s}$; de même l'intensité sur l'écran AB est $\frac{a}{S}$. Or, à cause de la similitude des triangles ALB et CLD, le diamètre AB est double de CD; par suite, les surfaces des cercles étant entre elles comme les carrés des diamètres, la surface S est quatre fois plus grande que s. Donc l'intensité $\frac{a}{S}$ est quatre fois plus petite que $\frac{a}{s}$; ce qu'il fallait démontrer.

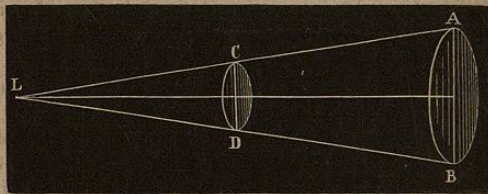


Fig. 289.

On peut encore démontrer la première loi par l'expérience, au moyen de l'appareil représenté dans la figure 291. Pour cela, on compare les ombres portées sur un verre dépoli par une tige opaque éclairée d'une part par une seule bougie, de l'autre par quatre, placées à une distance double de la première. On trouve ainsi que les deux ombres portées sont de même intensité, ce qui démontre la loi.

La figure 289 montre que c'est la divergence des rayons lumineux émis d'une même source qui fait que l'intensité de la lumière est en raison inverse du carré de la distance. Pour des rayons lumineux parallèles, l'intensité reste constante, dans le vide du moins; car dans l'air et dans les autres milieux transparents, l'intensité de la lumière décroît par un effet d'absorption (500), mais beaucoup plus lentement que le carré de la distance n'augmente.

Quant à la seconde loi de l'intensité, elle se démontre par le calcul. Soit en effet un faisceau de rayons parallèles DAEB (fig. 290), tombant obliquement sur une surface AB, et soit om la normale à cette surface. En représentant par S la section droite du faisceau, par a la quantité totale de lumière qui tombe sur la surface AB, et par I celle qui tombe sur l'unité de surface, c'est-à-dire l'intensité de la lumière, on a $I = \frac{a}{AB}$ [1]. Or, S n'étant autre que la projection de AB sur un plan perpendiculaire au faisceau, on sait, en trigonométrie, que $S = AB \cos \alpha$; d'où $AB = \frac{S}{\cos \alpha}$. Portant cette valeur de AB dans l'égalité [1].

il vient $I = \frac{a}{S} \cos \alpha$ [2], formule qui démontre la loi du cosinus, car a et S étant

des quantités constantes, I varie proportionnellement à $\cos \alpha$. La loi du cosinus s'applique aussi aux rayons émis obliquement par une surface lumineuse, c'est-à-dire que les rayons sont d'autant moins intenses, qu'ils sont plus inclinés sur la surface qui les émet; ce qui se rapporte à la troisième loi du calorique rayonnant (375).

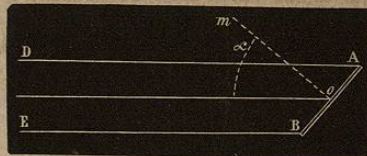


Fig. 290.

439. **Photomètres.** — On nomme *photomètres*, des appareils propres à comparer les intensités relatives de deux lumières. On en a imaginé un grand nombre; mais tous laissent beaucoup à désirer sous le rapport de la précision.

Photomètre de Rumford. — Le photomètre de Rumford se compose d'un écran de verre dépoli devant lequel est fixée une tige opaque m (fig. 291). A une certaine distance sont placées les lumières qu'on veut comparer, par exemple une lampe et une bougie, de manière que chacune projette sur l'écran une ombre de la

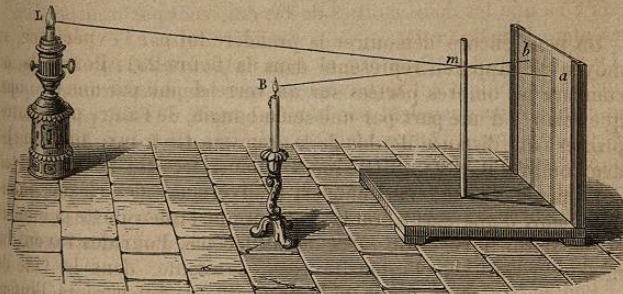


Fig. 291.

tige. Les ombres ainsi projetées sont d'abord d'inégale intensité; mais, en reculant la lampe, ou en l'approchant peu à peu, on obtient une position où l'intensité des deux ombres a et b est la même, ce qui indique que l'écran est également éclairé par les deux lumières. Alors les intensités de ces deux lumières sont directement proportionnelles aux carrés de leurs distances aux ombres projetées; c'est-à-dire que si la lampe est, par exemple, 3 fois plus éloignée que la bougie, cela indique qu'elle éclaire 9 fois plus.

En effet, soient i et i' les intensités de la lampe et de la bougie à l'unité de distance, et d et d' leurs distances respectives aux ombres projetées. D'après la première loi de l'intensité de la lumière (438), l'intensité de la lampe à la distance d est $\frac{i}{d^2}$, et celle de la bougie $\frac{i'}{d'^2}$ à la distance d' . Or, sur l'écran, ces deux intensités sont égales; on a donc l'égalité $\frac{i}{d^2} = \frac{i'}{d'^2}$, d'où $\frac{i}{i'} = \frac{d^2}{d'^2}$; ce qu'il fallait démontrer.

* *Photomètre de M. Foucault.* — M. Foucault a perfectionné le photomètre de Rumford, en observant, non plus les ombres portées par un corps opaque interposé entre l'écran et les lumières à comparer, mais leur éclat direct sur un écran de papier amidonné, dont chaque moitié est éclairée respectivement par une des lumières. Pour cela, l'écran de papier formant la paroi antérieure d'une petite caisse de bois semblable à celle du daguerréotype, une cloison opaque, perpendiculaire à cet écran, sépare les deux faisceaux projetés par les lumières; de plus, la cloison étant mobile, un pignon qui engrène dans une crémaillère sert à la faire reculer ou avancer, jusqu'à ce que les deux éclats sur le papier amidonné deviennent tangents dans le sens vertical. Il ne reste plus alors qu'à éloigner ou à rapprocher une des deux lumières, jusqu'à ce que les deux moitiés de l'écran, vues par transparence, présentent le même éclat.

Le photomètre de Rumford et tous ceux fondés sur le même principe présentent cet inconvénient, que les deux lumières que l'on compare ne possèdent pas la même teinte : l'une, par exemple, étant jaune et l'autre bleuâtre, ce qui rend très-difficile la comparaison de leurs intensités. Toutefois lorsque la différence des teintes n'est pas trop tranchée, M. Foucault a remarqué que, si l'on regarde fixement l'écran quelques instants en clignant des yeux, il vient un moment où les deux moitiés de l'écran paraissent de même teinte.

* *Photomètre de M. Goni.* — Pour corriger la difficulté que nous venons de signaler, M. Goni, à Florence, a proposé récemment un nouveau photomètre auquel il donne le nom de *photomètre analyseur*, et dans lequel la comparaison n'a lieu qu'entre des rayons de même réfrangibilité. Pour cela, les faisceaux venant des deux lumières à comparer, avant de tomber sur une glace dépolie ou sur un écran de papier amidonné, traversent un prisme qui les décompose; en sorte que sur l'écran il se forme deux spectres d'égale longueur et tangents par leurs bords (487). Ce sont ensuite les parties de même teinte, dans ces spectres, que l'on compare entre elles.

* *Photomètre de M. Wheatstone.* — La pièce principale de ce photomètre est une perle d'acier P (fig. 292), montée sur le bord d'un disque de liège, porté lui-même sur un pignon o qui engrène intérieurement avec une roue plus grande. Celle-ci est fixée sur une petite boîte cylindrique de cuivre qu'on tient d'une main, tandis que de l'autre on fait tourner une manivelle A, qui transmet le mouvement à un axe central, au rayon a et au pignon o . Celui-ci tournant alors suivant le contour intérieur de la grande roue,

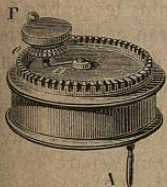


Fig. 292.



Fig. 293.

et en même temps sur lui-même, la perle participe à ce double mouvement, et décrit une courbe en forme de rosace (fig. 293).

Cela posé, soient deux lumières M et N dont on veut comparer les intensités. On place entre elles le photomètre, qu'on fait tourner rapidement. Les points brillants produits par la réflexion des deux lumières, sur deux points opposés de la perle, donnent alors naissance à deux bandes lumineuses disposées comme le montre la figure 293. Si l'une d'elles est plus intense que l'autre, celle qui provient de la lumière M, par exemple, on approche l'instrument de l'autre lumière jusqu'à ce que les deux bandes présentent le même éclat. Mesurant alors la distance du photomètre à chacune des deux lumières, leurs intensités sont proportionnelles aux carrés des distances.

CHAPITRE II.

RÉFLEXION DE LA LUMIÈRE, MIROIRS.

440. *Lois de la réflexion de la lumière.* — Lorsqu'un rayon lumineux rencontre une surface polie, il se réfléchit suivant les deux lois ci-après, qui sont les mêmes que pour la réflexion du calorique :