

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,

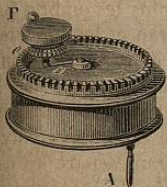


Fig. 292.



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 :



- 1° L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.  
 2° Le rayon incident et le rayon réfléchi sont dans un même plan perpendiculaire à la surface réfléchissante.

Les mots *rayon incident*, *rayon réfléchi*, *angle d'incidence*, *angle de réflexion*, étant pris ici dans le même sens qu'au paragraphe 378, nous n'avons pas à les définir de nouveau.

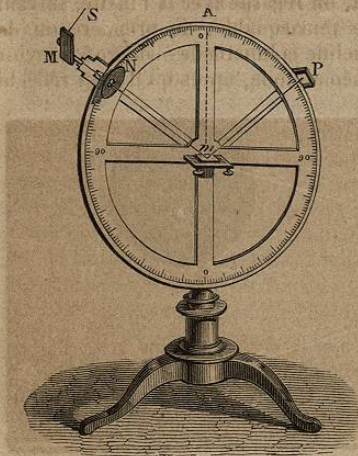


Fig. 294 (h = 48).

1<sup>re</sup> Démonstration. — Les deux lois ci-dessus se démontrent expérimentalement, dans les cours, au moyen de l'appareil représenté dans la figure 294. C'est un cercle gradué dont le plan est vertical. Deux règles de cuivre, mobiles autour du centre, portent, l'une un écran de verre dépoli P, l'autre un écran opaque N, percé, à son centre, d'une petite ouverture. A l'extrémité de cette dernière règle est un miroir M, qui peut

s'incliner plus ou moins, en restant toujours perpendiculaire au plan du cercle gradué. Enfin, au centre de ce dernier est un petit miroir plan *m*, de métal, qui est exactement horizontal. Pour expérimenter avec cet appareil, on reçoit un faisceau de lumière solaire S sur le miroir M, qu'on incline de manière que la lumière réfléchie passe à travers l'écran N et tombe au centre du miroir *m*. Là le faisceau lumineux éprouve une seconde réflexion et prend une direction *mP*, qu'on détermine en faisant avancer l'écran P jusqu'à ce que l'image de l'ouverture N vienne se former au centre. Lisant alors sur le limbe les nombres de degrés compris dans les arcs AN et AP, on observe que ces nombres sont égaux : ce qui démontre que l'angle de réflexion AmP est égal à l'angle d'incidence AmM.

La seconde loi se trouve démontrée par la disposition même de l'appareil, le plan des rayons Mm et mP étant parallèle au plan du cercle gradué, et par suite perpendiculaire au miroir *m*.

2<sup>e</sup> Démonstration. — On peut encore démontrer la loi de la réflexion de la lumière par l'expérience suivante, qui offre plus de précision que la précédente, mais qu'il est moins facile de répéter

dans un cours. On dispose verticalement un cercle gradué M (fig. 295), au centre duquel est une lunette mobile dans un plan parallèle au limbe; puis on place, à une distance convenable, un petit vase plein de mercure, destiné à présenter un miroir plan parfaitement horizontal. Cela fait, on regarde avec la lunette, suivant une direction AE, une étoile remarquable, de première ou de deuxième grandeur; puis on incline la lunette de manière à recevoir un rayon AD, venant de la même étoile, après qu'il s'est réfléchi

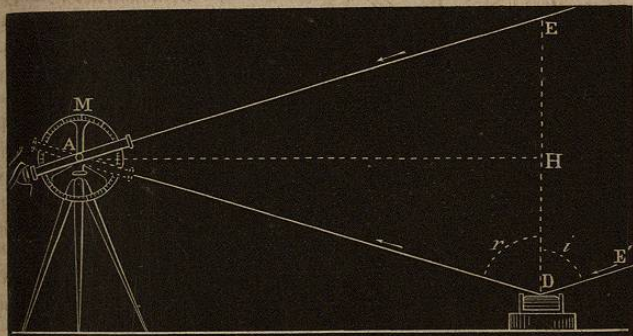


Fig. 295.

en D sur la surface brillante du mercure. Or on trouve ainsi que les deux angles formés par les rayons EA et DA, avec l'horizontale AH, sont égaux, d'où il est facile de conclure que l'angle d'incidence E'DE est égal à l'angle de réflexion EDA. En effet, soit DE la normale à la surface du mercure; cette droite étant perpendiculaire à AH, le triangle AED est isocèle, et les angles ADE et AED sont égaux; mais les deux rayons lumineux AE et DE' étant parallèles à cause de la grande distance de l'étoile, les angles AED et EDE' sont égaux comme alternes-internes; donc EDE' = EDA, ce qu'on voulait démontrer.

#### RÉFLEXION DE LA LUMIÈRE SUR LES SURFACES PLANES.

441. **Miroirs, images.** — On nomme *miroir*, tout corps dont la surface parfaitement polie réfléchit régulièrement la lumière en reproduisant l'image des objets qu'on lui présente. Suivant leur forme, on divise les miroirs en *miroirs plans*, *concaves*, *convexes*, *sphériques*, *paraboliques*, *coniques*, etc.



442. **Formation des images dans les miroirs plans.** — La détermination de la position et de la grandeur des images se réduisant toujours à la recherche des images d'une suite de points, soit d'abord un point unique A, lumineux ou éclairé, placé devant un miroir plan MN (fig. 296). Un rayon quelconque AB, parti de ce point et rencontrant le miroir, se réfléchit suivant la direction BO, en faisant l'angle de réflexion DBO égal à l'angle d'incidence ABD.

Or, si l'on abaisse du point A une perpendiculaire AN sur le miroir, et si l'on prolonge le rayon OB au-dessous du miroir, jusqu'à ce qu'il rencontre cette perpendiculaire en un point *a*, on

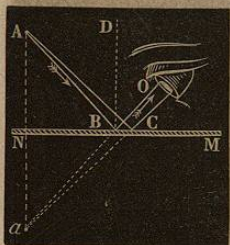


Fig. 296.

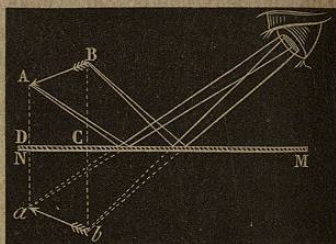


Fig. 297.

forme deux triangles ABN et BNa, qui sont égaux, comme ayant un côté commun BN compris entre deux angles égaux, savoir : les angles ANB et BNa, qui sont droits, et les angles ABN et NBA, qui sont égaux entre eux, comme l'étant tous les deux à l'angle OBM. De l'égalité de ces triangles il résulte que *a*N est égal à AN, c'est-à-dire qu'un rayon quelconque AB prend, après la réflexion, une direction telle, que son prolongement au-dessous du miroir vient couper la perpendiculaire Aa en un point *a* situé précisément à la même distance du miroir que le point A lui-même. Cette propriété, n'étant pas particulière au rayon AB, s'applique à tout autre rayon AC parti du point A. On tire de là cette conséquence importante, que tous les rayons émis par le point A, et réfléchis sur le miroir, *suivent, après la réflexion, la même direction que s'ils étaient tous partis du point a*. Or, l'œil voyant toujours les objets dans la direction des rayons lumineux qu'il perçoit, l'image du point A lui apparaît en *a*, comme si ce point y était réellement. Donc, dans les miroirs plans, l'image d'un point se fait derrière le miroir, à une distance égale à celle du point donné, et sur la perpendiculaire abaissée de ce point sur le miroir.

Il est évident qu'on obtiendra l'image d'un objet quelconque

en construisant, d'après la règle ci-dessus, l'image de chacun de ses points, ou du moins de ceux qui suffisent pour en déterminer la position et la forme. La figure 297 montre comment se produit, d'après le même principe, l'image *ab* d'un objet quelconque AB.

De cette construction on déduit immédiatement que, dans les miroirs plans, l'image est de même grandeur que l'objet; car, si l'on rabat le trapèze ABCD sur le trapèze DCab, on voit facilement qu'ils coïncident et que l'objet AB se confond avec son image.

Il découle encore de la construction ci-dessus que, dans les miroirs plans, l'image est symétrique de l'objet, et non renversée, en attachant au mot symétrique le même sens qu'en géométrie, où l'on dit que deux points sont symétriques par rapport à un plan, lorsqu'ils sont situés sur une même perpendiculaire à ce plan et à une distance égale, l'un d'un côté du plan, l'autre de l'autre côté: conditions auxquelles satisfont successivement tous les points de l'objet AB et de son image *ab* dans la figure 297.

443. **Images virtuelles et images réelles.** — Il y a à distinguer deux cas relativement à la direction des rayons réfléchis par les miroirs, selon qu'après la réflexion ces rayons sont divergents ou convergents. Dans le premier cas, les rayons réfléchis ne se rencontrent pas; mais si on les conçoit prolongés de l'autre côté du miroir, leurs prolongements concourent en un même point, ainsi que le montrent les figures 296 et 297. L'œil, étant affecté alors comme si les rayons étaient partis de ce point, y voit une image. Or celle-ci n'existe pas réellement, puisque les rayons lumineux ne passent pas de l'autre côté du miroir; elle n'est donc qu'une illusion de l'œil: c'est pourquoi on lui donne le nom d'*image virtuelle*, c'est-à-dire qui tend à se produire, mais qui en réalité ne se produit pas. Telles sont toujours les images données par les miroirs plans.

Dans le second cas, où les rayons réfléchis sont convergents, comme on en verra bientôt un exemple dans les miroirs concaves, ces rayons vont concourir vers un point situé en avant du miroir et du même côté que l'objet. Là ils forment une image à laquelle on donne le nom d'*image réelle*, pour exprimer qu'elle existe réellement; car elle peut être reçue sur un écran et agir chimiquement sur certaines substances. En résumé, on peut donc dire que les images réelles sont celles qui sont formées par les rayons réfléchis eux-mêmes, et les images virtuelles, celles qui sont formées par leurs prolongements.

444. **Images multiples dans les miroirs de verre.** — Les miroirs métalliques, qui n'ont qu'une seule surface réfléchissante, ne produisent qu'une seule image; mais il n'en est plus ainsi des miroirs



de verre. Ces miroirs donnent naissance à plusieurs images, qu'on observe facilement lorsqu'on regarde obliquement dans une glace l'image d'une bougie. On voit une première image peu intense, puis une deuxième très-apparante, et derrière celle-ci plusieurs autres dont l'intensité décroît successivement jusqu'à devenir nulle.

Ce phénomène s'explique par les deux surfaces réfléchissantes que présentent les miroirs de verre. Lorsque les rayons partis du point A (fig. 298) rencontrent la première surface, une partie est réfléchié et donne du point A une première image  $a$ , formée par le prolongement des rayons  $bE$  réfléchis par cette surface; l'autre partie pénètre dans le verre, se réfléchit en  $c$  sur la couche de tain qui recouvre la face postérieure du miroir, et revient à l'œil suivant le rayon  $dH$ , en donnant l'image  $a'$ .

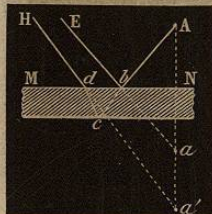


Fig. 298.

Celle-ci, distante de la première du double de l'épaisseur du miroir, est plus intense qu'elle, la couche métallique qui recouvre la seconde face du miroir réfléchissant mieux que le verre.

Quant aux autres images qui se produisent, elles résultent de ce fait général, que toutes les fois qu'un faisceau de lumière se présente pour passer d'un milieu dans un autre, par exemple de l'air dans le verre ou du verre dans l'air, jamais tout le faisceau ne passe, mais seulement une partie, l'autre étant réfléchi par la surface qui sépare les deux milieux. Par suite, lorsque le faisceau  $cd$ , réfléchi sur la couche de tain, se présente pour sortir du verre en  $d$ , une partie se réfléchit intérieurement sur la surface MN, et revient vers la couche de tain, qui la renvoie de nouveau vers la face supérieure. Là une portion sort et donne une troisième image, tandis que l'autre portion, revenant vers la couche de tain, s'y réfléchit, et sortant en partie du verre par la face MN, donne une quatrième image; et ainsi de suite jusqu'à ce que, la lumière s'affaiblissant graduellement, les images cessent d'être visibles.

Comme cette multiplicité d'images nuirait à l'observation, on n'emploie dans les instruments d'optique que des miroirs métalliques.

\*445. **Images multiples sur deux miroirs plans inclinés.** — Lorsqu'un objet est placé entre deux miroirs formant entre eux un angle droit ou aigu, il se produit de cet objet des images dont le nombre augmente avec l'inclinaison des miroirs. S'ils sont d'abord perpendiculaires l'un à l'autre, on aperçoit trois images disposées

comme le montre la figure 299. Les rayons OC et OD, partis du point O, donnent, après une seule réflexion, l'un l'image O', l'autre l'image O'', et le rayon OA, qui a subi deux réflexions en A et en B, donne la troisième image O'''.

Quand l'angle des miroirs est de 60 degrés, il se forme cinq images; s'il est de 45 degrés, il s'en produit sept. Le nombre des images continue ainsi à croître à mesure que l'angle des miroirs diminue, ce qui provient de ce que les rayons lumineux subissent successivement d'un miroir à l'autre un nombre de réflexions croissant.

C'est sur la propriété des miroirs inclinés qu'est fondé le *kaléidoscope*, appareil formé d'un tube de carton dans lequel sont deux miroirs inclinés de 45 degrés, ou trois miroirs inclinés de 60 degrés. Des objets très-irréguliers, comme de la mousse, du clinquant, de la dentelle, étant placés à une extrémité, entre deux disques de verre, dont l'extérieur est dépoli, lorsqu'on regarde par l'autre extrémité, on aperçoit ces objets et leurs images symétriquement disposés, ce qui donne un ensemble très-varié et souvent très-agréable.

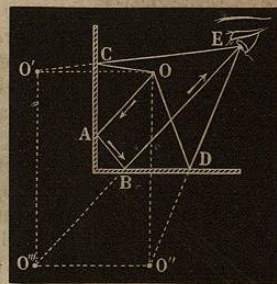


Fig. 299.

\* 446. **Images multiples sur deux miroirs parallèles.** — Dans le cas de deux miroirs parallèles, le nombre des images qui se produisent des objets placés entre eux est théoriquement infini. Physiquement, ce nombre est limité, parce que la lumière incidente ne se réfléchissant jamais en totalité, les images perdent de plus en plus de leur éclat, et finissent par s'éteindre tout à fait.

La figure 300 montre comment le faisceau  $La$ , réfléchi une seule fois sur le miroir M, donne en I l'image de l'objet L, à une distance  $mI = mL$ ; puis le faisceau  $Lb$  réfléchi une fois sur le miroir M, et une fois sur le miroir N, fournit l'image I' à une distance  $nI' = nL$ ; de même le faisceau  $Lc$ , après deux réflexions sur M et une sur N, forme l'image I'' à une distance  $mI'' = mL$ ; et ainsi de suite jusqu'à l'infini. Quant aux images  $i, i', i''$ , elles sont formées de la même manière par les rayons de lumière qui, partis de l'objet L, tombent d'abord sur le miroir N.

447. **Réflexion irrégulière.** — La réflexion qui s'opère à la surface des corps polis, suivant les deux lois énoncées précédemment (440), se désigne sous le nom de *réflexion régulière* ou de *réflexion spéculaire*; mais la quantité de lumière ainsi réfléchié est loin de



représenter toute la lumière incidente. Celle-ci, lorsque le corps réfléchissant est opaque, se partage réellement en trois parties : l'une qui est réfléchi régulièrement, l'autre *irrégulièrement*, c'est-à-dire dans toutes les directions, et la troisième qui est éteinte, absorbée par le corps réfléchissant, à la manière du calorique qui devient latent dans les changements d'état. Si le corps qui reçoit les rayons incidents est transparent, il y a de plus une quatrième portion de lumière qui est transmise au travers.

La lumière réfléchi irrégulièrement se désigne sous le nom de *lumière diffuse*; c'est elle qui nous fait voir les corps. En effet, la

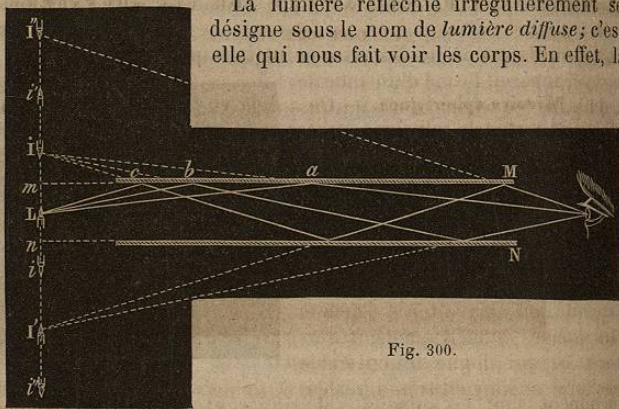


Fig. 300.

lumière réfléchi régulièrement ne donne pas l'image du corps qui la réfléchit, mais bien celle du corps qui l'émet. Par exemple, si l'on reçoit dans une chambre obscure un faisceau de lumière solaire sur un miroir bien poli, plus celui-ci réfléchit régulièrement la lumière, moins il est visible des diverses parties de l'enceinte. L'œil qui reçoit alors le faisceau réfléchi ne voit pas le miroir, mais seulement l'image du soleil. Qu'on affaiblisse le pouvoir réflecteur du miroir en projetant dessus une poussière légère, la quantité de lumière diffuse augmente, l'image solaire s'affaiblit, et le miroir devient visible de toutes les parties de l'enceinte.

**448. Intensité de la lumière réfléchi.** — Pour des corps de même substance, l'intensité de la lumière réfléchi régulièrement augmente avec le degré de poli et avec l'angle que les rayons incidents font avec la normale à la surface réfléchissante. Par exemple, si l'on regarde très-obliquement une feuille de papier blanc placée devant une bougie, on aperçoit, par réflexion, une image de la flamme; ce qui n'a pas lieu quand l'œil reçoit des rayons moins obliques.

Pour des corps de nature différente, polis avec le même soin, l'angle d'incidence étant le même, l'intensité varie avec la substance; elle varie encore avec le milieu dans lequel est plongé le corps réfléchissant. Par exemple, le verre poli, plongé dans l'eau, perd une grande partie de son pouvoir réfléchissant.

#### RÉFLEXION DE LA LUMIÈRE SUR LES SURFACES COURBES.

**449. Miroirs sphériques.** — On a déjà vu (441) qu'on distingue plusieurs sortes de miroirs courbes; ceux qu'on utilise le plus fré-

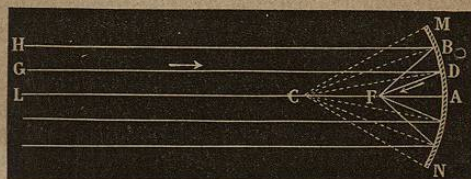


Fig. 301.

quemment sont les miroirs sphériques et les miroirs paraboliques.

On appelle *miroirs sphériques*, ceux dont la courbure est celle d'une sphère; on peut supposer leur surface engendrée par la révolution d'un arc MN (fig. 301), tournant autour du rayon CA qui joint le milieu de l'arc à son centre. Suivant que la réflexion s'opère sur la face interne ou externe du miroir, celui-ci est dit *concave* ou *convexe*. Le centre C de la sphère creuse dont le miroir fait partie est dit le *centre de courbure*, ou le *centre géométrique*; le point A est le *centre de figure*. La droite indéfinie AL, menée par les centres A et C, est l'*axe principal* du miroir; toute droite qui passe par le centre C seulement, sans passer par le point A, est un *axe secondaire*. L'angle MCN, formé en joignant le centre aux bords du miroir, en est l'*ouverture*. Enfin, on nomme *section principale* ou *section méridienne* d'un miroir, celle qu'on obtient en le coupant par un plan qui passe par l'axe principal. Dans tout ce que nous avons à dire sur les miroirs, il ne sera question que de lignes situées dans une même section principale.

La théorie de la réflexion de la lumière sur les miroirs courbes



se déduit très-simplement des lois de la réflexion sur les miroirs plans, en considérant la surface des premiers comme formée d'une infinité de surfaces planes extrêmement petites qui en sont les *éléments*. La normale à la surface courbe, en un point donné, est alors la perpendiculaire à l'élément correspondant, ou, ce qui est la même chose, au plan tangent qui le contient. Or, on démontre, en géométrie, que, dans la sphère, la perpendiculaire au plan tangent menée par le point de contact passe par le centre; d'où la normale à tout miroir sphérique, en un point quelconque, s'obtient en joignant ce point au centre de courbure par une droite.

450. **Foyers des miroirs sphériques concaves.** — Dans les miroirs courbes, on nomme *foyers*, des points où vont concourir les rayons réfléchis ou leurs prolongements; de là deux sortes de foyers, les *foyers réels* et les *foyers virtuels* (443). Dans les miroirs concaves, que nous allons d'abord étudier, on rencontre ces deux sortes de foyers; de plus, les foyers réels se subdivisent en *foyer principal* et en *foyer conjugué*.

1° *Foyer principal.* — Le caractère distinctif du foyer principal est d'être à position fixe, tandis que celle du foyer conjugué est variable. Pour obtenir d'abord le foyer principal, considérons un faisceau de rayons lumineux parallèles à l'axe principal, ce qui suppose le corps éclairant placé à une distance infinie, et soit GD un de ces rayons (fig. 301). D'après l'hypothèse admise ci-dessus, que les miroirs courbes sont formés d'une suite d'éléments plans infiniment petits, ce rayon se réfléchit, sur l'élément correspondant au point D, selon les lois de la réflexion sur les miroirs plans (440); c'est-à-dire que, CD étant la normale au point d'incidence D, l'angle de réflexion CDF est égal à l'angle d'incidence GDC et dans la même section méridienne. De là il est facile de conclure que le point F, où le rayon réfléchi vient rencontrer l'axe principal, divise très-approximativement le rayon de courbure AC en deux parties égales. En effet, dans le triangle DFC, les côtés DF et CF sont égaux, comme opposés à des angles égaux, car les angles DCF et FDC sont tous deux égaux à l'angle CDG, le premier comme alterne-interne, le second d'après les lois de la réflexion. D'ailleurs, FD approche d'autant plus d'égaliser FA, que l'arc AD est plus petit. On peut donc, lorsque cet arc n'est que d'un petit nombre de degrés, regarder les droites AF et FC comme sensiblement égales, et le point F comme le milieu de AC. Tant que l'ouverture MCN du miroir ne dépasse pas 8 à 10 degrés, tout autre rayon HB, parallèle à l'axe, vient ainsi, après la réflexion, passer très-approximativement par le point F. On voit donc que lorsqu'un faisceau de rayons parallèles à l'axe tombe sur un miroir concave, *tous les*

rayons, après la réflexion, vont sensiblement concourir en un même point situé à égale distance du centre de courbure et du miroir. C'est ce point remarquable qui est le *foyer principal* du miroir, et la distance FA de ce point au miroir est la *distance focale principale*.

Tous les rayons parallèles à l'axe allant concourir sensiblement en un même point F, il importe de remarquer que, réciproquement, si l'on place en F un corps lumineux, les rayons émis par ce corps prennent, après la réflexion, des directions DG, BH, ... parallèles à l'axe principal: en effet, les angles de réflexion sont alors changés en angles d'incidence, et ceux d'incidence en angles de réflexion, mais ces angles restent toujours égaux.

2° *Foyer conjugué.* — Soit maintenant le cas où les rayons lumineux qui tombent sur le miroir sont émis d'un point L (fig. 302) situé sur l'axe, au delà du foyer principal, et à une distance telle,

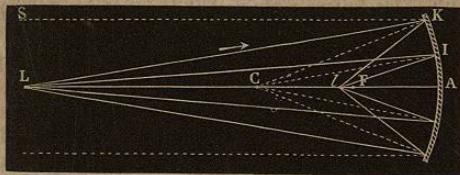


Fig. 302.

que les rayons incidents ne soient plus parallèles, mais divergents. Le rayon incident LK, faisant alors avec la normale CK un angle d'incidence LKC, plus petit que l'angle SKC que fait avec la même normale le rayon SK parallèle à l'axe, l'angle de réflexion correspondant au rayon LK devra aussi être plus petit que l'angle CKF correspondant au rayon SK. Le rayon LK devra donc, après la réflexion, rencontrer l'axe en un point I situé entre le centre C et le foyer principal F. Tant que l'ouverture du miroir ne dépasse pas un petit nombre de degrés, tous les rayons émis du point L viennent, après la réflexion, concourir sensiblement au même point I. Ce point est appelé *foyer conjugué* du point L, pour indiquer la liaison qui existe entre les points L et I, liaison telle, qu'ils sont réciproques l'un de l'autre; c'est-à-dire que, si le point lumineux était transporté en I, son foyer conjugué le serait en L, IK devenant le rayon incident, et KL le rayon réfléchi.

Pour démontrer que les rayons partis du point L et réfléchis sur le miroir vont très-approximativement concourir en I, observons que dans le triangle LKI, la droite CK étant la bissectrice de l'angle K, on a, d'après un théorème connu de géométrie,  $\frac{LK}{KI} = \frac{LC}{CI}$  [1]. D'ailleurs, l'ouverture du miroir étant supposée d'un petit



nombre de degrés,  $LK$  est sensiblement égal à  $LA$ , et  $IK$  à  $IA$ . L'égalité [1] peut donc être remplacée par  $\frac{LA}{LC} = \frac{LC}{CI}$ , et cette dernière peut se mettre sous la forme  $\frac{LA}{LC} = \frac{IA}{CI}$  [2]. Or, l'égalité [2] subsiste pour tous les rayons partis du point  $L$ , et le rapport  $\frac{LA}{LC}$  est constant tant que la distance  $LA$  est la même. Donc le rapport  $\frac{IA}{CI}$  est lui-même constant; ce qui ne peut se réaliser qu'à la condition que tous les rayons réfléchis aillent concourir en  $I$ . En effet, pour tout rayon qui rencontrerait l'axe plus loin ou plus près du centre que le point  $I$ , les deux termes  $IA$  et  $CI$  variant en sens contraire, le rapport  $\frac{IA}{CI}$  ne serait pas constant.

A l'inspection de la figure 302, on reconnaît facilement que lorsque l'objet  $L$  s'approche ou s'éloigne du centre  $C$ , son foyer conjugué s'en approche ou s'en éloigne avec lui, car les angles d'incidence et de réflexion croissent ou décroissent ensemble.

Si l'objet  $L$  vient à coïncider avec le centre  $C$ , l'angle d'incidence est nul, et comme il en doit être de même de l'angle de réflexion, le rayon réfléchi revient sur lui-même, et le foyer coïncide avec l'objet. Lorsque l'objet lumineux passe au delà du centre  $C$ , entre ce point et le foyer principal, le foyer conjugué à son tour passe de l'autre côté du centre, et il s'en éloigne à mesure que le point lumineux s'approche du foyer principal. Si le point lumineux coïncide avec le foyer principal, les rayons réfléchis étant parallèles à l'axe, ils ne se rencontrent plus, et, par conséquent, il n'y a pas de foyer, ou, ce qui revient au même, il se fait à l'infini.

3<sup>o</sup> *Foyer virtuel.* — Soit enfin le cas où l'objet est placé en  $L$  (fig. 303), entre le foyer principal et le miroir. Un rayon quelconque  $LM$ , émis du point  $L$ , fait alors, avec la normale  $CM$ , un angle d'incidence  $LMC$  plus grand que  $FMC$ ; l'angle de réflexion doit donc être plus grand que l'angle  $CMS$ . Il suit de là que le rayon réfléchi  $ME$  est divergent par rapport à l'axe  $AK$ . La même chose ayant lieu pour tous les rayons émis du point  $L$ , ces rayons ne se rencontrent pas, et, par conséquent, ne forment pas de foyer conjugué; mais si on les conçoit prolongés de l'autre côté du miroir, leurs prolongements vont sensiblement concourir en un même point  $I$  situé sur l'axe; en sorte que l'œil qui les reçoit éprouve la même impression que si ces rayons étaient émis du point  $I$ . Il se produit donc, en ce point, un *foyer virtuel* tout à fait analogue à celui que présentent les miroirs plans (443).

Il est à remarquer, dans les différents cas qu'on vient de considérer, que tandis que la position du foyer principal est constante,

celles du foyer conjugué et du foyer virtuel sont variables. Enfin, le foyer principal et le foyer conjugué sont toujours placés du même côté que l'objet par rapport au miroir, tandis que le foyer virtuel est situé de l'autre côté.

4<sup>o</sup> *Foyer conjugué sur un axe secondaire.* — Jusqu'ici nous avons supposé le point lumineux placé sur l'axe principal même, et alors le foyer se forme sur cet axe; dans le cas où le point lumineux est situé sur un axe secondaire  $LB$  (fig. 304), en appliquant à cet axe les mêmes raisonnements qu'à l'axe principal, on reconnaît

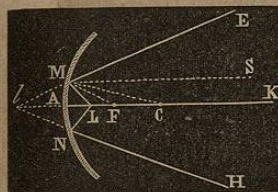


Fig. 303.

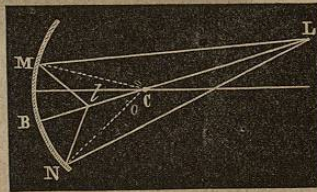


Fig. 304.

que le foyer du point  $L$  se fait en un point  $I$  situé sur l'axe secondaire, et que, selon la distance du point  $L$  au miroir, ce foyer peut être un foyer principal, conjugué ou virtuel.

451. **Détermination des foyers dans les miroirs concaves.** —

*Foyer principal.* — Pour trouver expérimentalement le foyer principal d'un miroir concave, on reçoit dessus un faisceau de lumière solaire, en ayant soin d'incliner le miroir de manière que son axe principal soit parallèle au faisceau; puis, en la recevant sur un petit écran de papier ou de verre dépoli, on cherche le lieu où l'image présente le plus d'éclat et de netteté; là est le foyer principal. Mesurant la distance de ce point au miroir et la doublant, on a le rayon de courbure du miroir.

Si c'est graphiquement qu'on veut déterminer la position du foyer principal d'un miroir concave dont la section méridienne est donnée, on détermine le centre de courbure de cette section par la construction qui sert en géométrie à trouver le centre d'un arc: puis joignant ce centre de courbure au centre de figure du miroir par une droite, le point milieu de celle-ci est le foyer principal (450, 1<sup>o</sup>).

*Foyer conjugué.* — Un point lumineux étant placé en avant d'un miroir concave, au delà du foyer principal, son foyer conjugué se détermine expérimentalement de la même manière qu'on a vu ci-dessus pour le foyer principal. Quant à la détermination graphique, on peut l'obtenir par les deux constructions suivantes :