

miroirs concaves dont la surface est engendrée par la révolution d'un arc de parabole AM tournant autour de son axe AX (fig. 321):

On a vu ci-dessus (460) que, dans les miroirs sphériques, les rayons parallèles à l'axe ne viennent qu'approximativement concourir au foyer principal; il en résulte réciproquement qu'une source de lumière étant placée au foyer principal de ces miroirs, les rayons réfléchis ne forment pas rigoureusement un faisceau parallèle à l'axe. Or, ce défaut ne se rencontre pas dans les miroirs paraboliques, qui sont plus

difficiles à construire que les miroirs sphériques, mais dont l'usage est bien préférable pour réflecteurs. En effet, c'est une propriété connue de la parabole, qu'en un point quelconque M de cette courbe, le rayon vecteur FM et la droite ML, parallèle à l'axe, font avec la tangente TT' des angles égaux. Par suite, dans ces sortes de miroirs, tous les rayons parallèles à l'axe vont rigoureusement concourir, après la réflexion, au foyer F du miroir; et, réciproquement, une source de lumière étant placée en ce foyer, les rayons lumineux qui tombent sur le miroir se réfléchissent en donnant naissance à un faisceau rigoureusement parallèle à l'axe. Il suit de là que la lumière ainsi réfléchie tend à conserver la même intensité à une grande distance, car on a vu (438) que c'est surtout la divergence des rayons lumineux qui affaiblit l'intensité de la lumière.

C'est d'après la propriété ci-dessus des miroirs paraboliques, que les lampes qu'on place sur les voitures publiques, ainsi que celles qui sont à l'arrière et à l'avant des trains de chemins de fer, sont munies de réflecteurs paraboliques. Ces sortes de réflecteurs ont aussi été longtemps en usage pour les phares, mais nous verrons bientôt qu'on emploie de préférence aujourd'hui des verres lenticulaires.

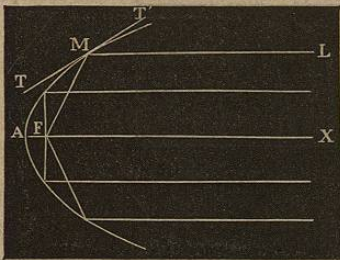


Fig. 321.

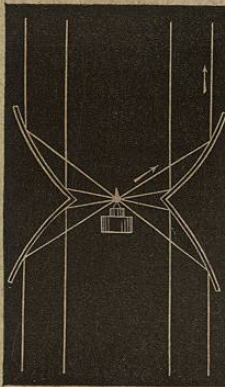


Fig. 322.

En coupant par un plan passant par le foyer et perpendiculaire à l'axe deux miroirs paraboliques égaux, et les réunissant suivant leurs intersections, comme le montre la figure 322, en sorte que leurs deux foyers coïncident, on obtient un système de réflecteurs avec lequel une seule lampe éclaire à la fois dans deux directions opposées. C'est ce système qu'on adopte pour les escaliers, afin de les éclairer en même temps dans toute leur étendue.

CHAPITRE III.

RÉFRACTION SIMPLE, LENTILLES.

463. **Phénomène de la réfraction.** — La réfraction est une déviation qu'éprouvent les rayons lumineux lorsqu'ils passent obliquement d'un milieu dans un autre : par exemple, de l'air dans l'eau ou dans tout autre milieu transparent. Nous disons *obliquement*, car si le rayon lumineux est perpendiculaire à la surface qui sépare les deux milieux, il n'est pas dévié et continue à se propager en ligne droite.

Le rayon incident étant représenté par SO (fig. 323), on nomme *rayon réfracté*, la direction OH que prend la lumière dans le second milieu, et les angles SOA et HOB que forment ces rayons avec la droite AB, normale à la surface qui sépare les deux milieux, sont nommés, l'un, *angle d'incidence*, et l'autre, *angle de réfraction*.

Suivant que le rayon réfracté s'approche ou s'écarte de la normale, on dit que le second milieu est plus ou moins *réfringent* que le premier.

Le calcul montre que le sens de la réfraction dépend de la vitesse relative de la lumière dans les deux milieux. Dans le système des ondulations, le milieu le plus réfringent est celui dans lequel la vitesse de propagation est moindre.

La lumière incidente qui se présente pour passer d'un milieu dans un autre ne pénètre jamais complètement dans celui-ci : une partie se réfléchit à la surface qui sépare les deux milieux, et l'autre partie pénètre seule dans le second.

Dans les milieux non cristallisés, comme l'air, les liquides, le

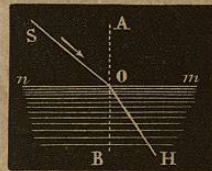


Fig. 323.

verre ordinaire, le rayon lumineux, simple à l'incidence, reste encore simple après la réfraction; mais dans certains corps cristallisés, comme le spath d'Islande, le sulfate de chaux cristallisé ou gypse, le rayon incident donne naissance à deux rayons réfractés. Le premier phénomène constitue la *réfraction simple*; le second se désigne sous le nom de *double réfraction*. Il ne sera question ici que de la réfraction simple; la théorie de la double réfraction sera donnée plus tard (549).

464. Lois de la réfraction simple. — Lorsqu'un rayon lumineux se réfracte en passant d'un milieu dans un autre plus ou moins réfringent, on observe les deux lois suivantes :

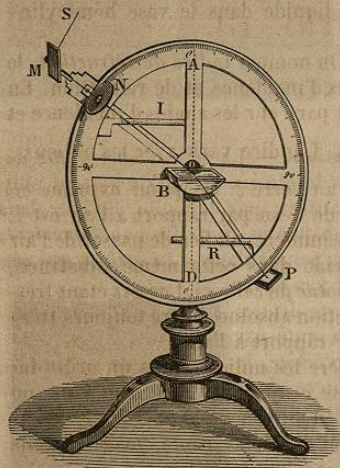


Fig. 324 (h = 48).

1^o *Quelle que soit l'obliquité du rayon incident, le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction sont dans un rapport constant pour deux mêmes milieux, mais variable si les milieux changent.*
 2^o *Le rayon incident et le rayon réfracté sont dans un même plan perpendiculaire à la surface qui sépare les deux milieux.*
 Ces lois sont connues sous le nom de *lois de Descartes*, qui, le premier, les a formulées. Pour les démontrer, on emploie le même appareil que pour les lois de la réflexion (440). A cet effet, on remplace le miroir

mobiles autour d'un axe, divisées en millimètres et équilibrées de manière à rester constamment horizontales, c'est-à-dire perpendiculaires au diamètre AD.

Cela posé, en lisant, sur les règles I et R, les longueurs des sinus des angles MOA et DOP, on trouve des nombres qui varient avec la position des écrans, mais dont le rapport est constant; c'est-à-dire que le sinus d'incidence devenant deux, trois fois plus grand, il en est de même du sinus de réfraction, ce qui démontre la première loi. Quant à la seconde, elle se trouve démontrée par la disposition même de l'appareil, puisque le plan du limbe gradué est perpendiculaire à la surface du liquide dans le vase hémicylindrique.

465. Indice de réfraction. — On nomme *indice de réfraction*, le rapport entre les sinus des angles d'incidence et de réfraction. En représentant par n cet indice, et par i et r les angles d'incidence et de réfraction, on a donc $\frac{\sin i}{\sin r} = n$. L'indice varie avec les milieux :

de l'air à l'eau, il est $\frac{4}{3}$, de l'air au verre $\frac{3}{2}$. Ce qu'on exprime en disant que l'indice de réfraction de l'eau par rapport à l'air est $\frac{4}{3}$, et que celui du verre est $\frac{3}{2}$. Si la lumière, au lieu de passer de l'air dans une substance, passait du vide dans cette même substance, on aurait l'indice de *réfraction absolue* de celle-ci. Les gaz étant très-peu réfringents, l'indice de réfraction absolue diffère toujours très-peu de l'indice de réfraction par rapport à l'air.

Réciproquement, si l'on considère les milieux dans un ordre inverse, c'est-à-dire si la lumière se propage de l'eau dans l'air, ou du verre dans l'air, on constate, au moyen de l'appareil ci-dessus (fig. 324), que les rayons suivent la même route, mais en sens contraire, PO devenant le rayon incident, et OM le rayon réfracté.

L'indice de réfraction, qui était d'abord n , est donc actuellement $\frac{1}{n}$:

par exemple, de l'eau à l'air il est $\frac{3}{4}$, et du verre à l'air $\frac{2}{3}$.

466. Effets produits par la réfraction. — Par l'effet de la réfraction, les corps plongés dans un milieu plus réfringent que l'air paraissent rapprochés de la surface de ce milieu; ils en paraîtraient, au contraire, écartés, s'ils étaient dans un milieu moins réfringent. Soit, par exemple, un objet L plongé dans une masse d'eau (fig. 325). En passant de ce liquide dans l'air, les rayons LA, LB, ..., s'écartent de la normale au point d'incidence et prennent les directions AC, BD, ..., dont les prolongements concourent sensiblement en un point L' situé sur la perpendiculaire LK. L'œil qui reçoit ces rayons voit donc l'objet L en L'. Plus les rayons LA, LB, ..., sont obliques, plus l'objet paraît relevé.

C'est par le même effet qu'un bâton plongé obliquement dans l'eau semble brisé (fig. 326), la partie immergée paraissant relevée. C'est encore par un effet de réfraction que les astres nous pa-

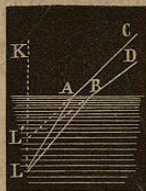


Fig. 325.

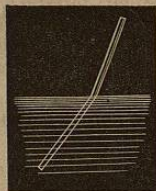


Fig. 326.

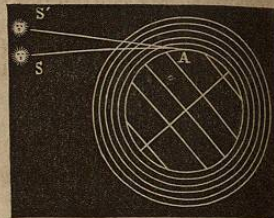


Fig. 327.

raissent relevés au-dessus de l'horizon. En effet, les couches de l'atmosphère augmentant de densité en se rapprochant du sol, et pour un même gaz la puissance réfractive croissant avec la densité (476), il en résulte qu'en entrant dans l'atmosphère et en s'y propageant, les rayons lumineux se brisent, comme le montre la figure 327, en décrivant une courbe qui arrive jusqu'à l'œil; c'est donc suivant la tangente à cette courbe que nous voyons l'astre en S' au lieu de le voir en S. Dans nos climats, la réfraction atmosphérique ne relève pas les astres de plus d'un demi-degré.

467. **Angle limite, réflexion totale.** — Quand un rayon lumineux passe d'un milieu dans un autre moins réfringent, comme de l'eau

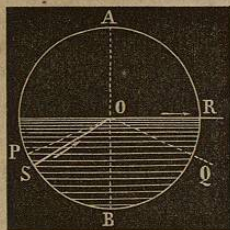


Fig. 328.

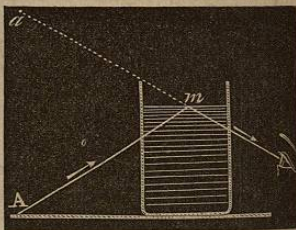


Fig. 329.

dans l'air, on a vu (465) que l'angle de réfraction est alors plus grand que l'angle d'incidence. Il suit de là que quand la lumière se propage dans une masse d'eau, de S en O (fig. 328), il y a toujours une valeur de l'angle d'incidence SOB pour laquelle l'angle de réfraction AOR est droit, ou pour laquelle le rayon réfracté OR sort parallèle à la surface de l'eau.

Cet angle SOB se nomme *angle limite*, parce que, pour tout angle d'incidence plus grand, tel que POB, le rayon incident PO ne peut donner naissance à aucun rayon réfracté. En effet, l'angle AOR augmentant avec l'angle SOB, le rayon OR se trouve porté en OQ, c'est-à-dire qu'il n'y a plus réfraction au point O, mais une réflexion intérieure qu'on désigne sous le nom de *réflexion totale*, parce que la lumière incidente est alors réfléchiée en totalité. De l'eau à l'air, l'angle limite est de $48^{\circ} 35'$; du verre à l'air, il est de $41^{\circ} 48'$.

On constate la réflexion intérieure par l'expérience suivante : devant un vase de verre rempli d'eau (fig. 329), on place un objet A; puis, regardant de l'autre côté du vase la surface du liquide de bas en haut, comme le montre la figure, on aperçoit en *a*. au-dessus du liquide, l'image de l'objet A, laquelle est formée par les rayons réfléchis en *m*.

468. **Mirage.** — Le *mirage* est une illusion d'optique qui fait apercevoir, au-dessous du sol ou dans l'atmosphère, l'image renversée des objets éloignés. Ce phénomène s'observe fréquemment dans les pays chauds, et particulièrement dans les plaines sablonneuses de l'Égypte. Là, le sol présente souvent l'aspect d'un lac tranquille, sur lequel se réfléchissent les arbres et les villages en-



Fig. 330

vironnants. Ce phénomène a été observé dès la plus haute antiquité; mais c'est Monge, le premier, qui en a donné l'explication, lorsqu'il faisait partie de l'expédition d'Égypte.

Le mirage est un phénomène de réfraction, qui résulte de l'inégale densité des couches de l'atmosphère lorsqu'elles sont dilatées par leur contact avec le sol fortement échauffé. Les couches les

moins denses étant alors les plus inférieures, un rayon lumineux qui se dirige d'un objet élevé A (fig. 330) vers le sol, traverse des couches de moins en moins réfringentes; car on verra bientôt (476) qu'un même gaz est d'autant moins réfringent qu'il est moins dense. Il résulte de là que l'angle d'incidence croît d'une couche à la suivante, et finit par atteindre l'angle limite au delà duquel, à la réfraction, succède la réflexion intérieure (467). Le rayon se relève alors comme le montre la figure, et subit une suite de réfractions successives en sens contraire des premières, car il passe maintenant dans des couches de plus en plus réfringentes. Le rayon lumineux arrive donc à l'œil de l'observateur avec la même direction que s'il était parti d'un point situé au-dessous du sol, et c'est pour cela qu'il donne une image renversée de l'objet qui l'a émis, comme s'il s'était réfléchi, au point O, sur la surface d'une eau tranquille.

Quelquefois les navigateurs observent, dans l'atmosphère, l'image renversée des côtes ou des navires éloignés: c'est encore là un effet de mirage, mais qui se produit en sens contraire du premier, et seulement lorsque la température de la mer est inférieure à celle de l'air, car ce sont alors les couches inférieures de l'atmosphère qui sont les plus denses à cause de leur contact avec la surface des eaux.

TRANSMISSION DE LA LUMIÈRE A TRAVERS
LES MILIEUX DIAPHANES.

469. **Milieux à faces parallèles.** — Lorsque la lumière traverse un milieu à faces parallèles, les rayons émergents, c'est-à-dire ceux qui sortent, sont parallèles aux rayons incidents.

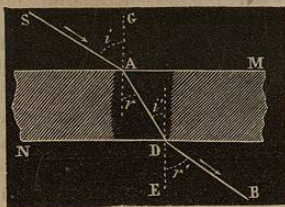


Fig. 331.

Pour le démontrer, soient MN (fig. 331) une glace de verre à faces parallèles, SA un rayon incident, DB le rayon émergent, A et r les angles d'incidence et de réfraction à l'entrée du rayon, et enfin i' et r' les mêmes angles à sa sortie. En A, la lumière éprouve une première réfraction dont l'indice est $\frac{\sin i}{\sin r}$ (465). En D, elle se réfracte une seconde fois, et l'indice est alors $\frac{\sin i'}{\sin r'}$. Or, on a vu (465) que l'indice de réfraction du verre à l'air est le même que celui de l'air au verre renversé; on a donc $\frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{\sin r}{\sin i}$.

Mais les deux normales AG et DE étant parallèles, les angles r et i' sont égaux comme alternes-internes. Par conséquent, les numérateurs des deux rapports ci-

dessus étant égaux, il en est de même des dénominateurs; d'où l'on conclut que les angles r' et i sont égaux, et, par suite, que DB est parallèle à SA.

470. **Prismes.** — On nomme *prisme*, en optique, tout milieu transparent compris entre deux faces planes inclinées l'une sur l'autre. L'intersection de ces deux faces est une ligne droite qui est l'*arête* du prisme, et l'angle qu'elles comprennent est son *angle réfringent*. Toute section perpendiculaire à l'arête est dite *section principale*. Les prismes qu'on emploie pour les expériences étant ordinairement des prismes triangulaires droits, de verre, comme celui que montre la figure 332, leur section principale est un triangle (fig. 333). Dans cette section, le point A prend le nom de

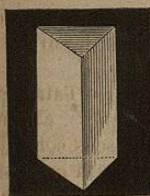


Fig. 332.

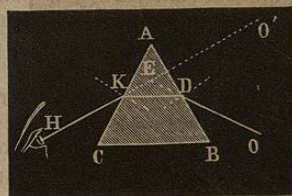


Fig. 333.

sommet du prisme, et la droite BC est dite sa *base*, expressions qui, géométriquement, ne conviennent qu'au triangle ABC, et non au prisme.

471. **Marche des rayons dans les prismes.** — Quand on connaît les lois de la réfraction, il est facile de déterminer la marche de la lumière dans les prismes. Soit, en effet, un point lumineux O (fig. 333), contenu dans le plan de la section principale ABC d'un prisme, et soit OD un rayon incident. Ce rayon se réfracte en D, en se rapprochant de la normale, puisqu'il entre dans un milieu plus réfringent, et prend une direction DK déterminée par l'égalité $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{3}{2}$,

qui fait trouver l'angle r quand on connaît l'angle i . En K, le rayon subit une seconde réfraction; mais alors passant dans l'air, qui est moins réfringent que le verre, il s'écarte de la normale, et prend

une direction KH, donnée par l'égalité $\frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{2}{3}$ (465). La lumière

se réfracte donc deux fois dans le même sens, et l'œil qui reçoit le rayon émergent KH voit l'objet O en O'; c'est-à-dire que *les objets vus à travers un prisme paraissent déviés vers son sommet*. La déviation que le prisme imprime ainsi à la lumière est mesurée par l'angle OEO' que forment entre eux le rayon incident et le rayon émergent; cet angle se nomme *angle de déviation*. Il augmente

avec l'indice de réfraction du prisme, car les rayons se brisent alors davantage à leur entrée dans le prisme et à leur sortie. On verra ci-après (472 et 473) que la déviation dépend encore de l'angle réfringent du prisme et de la grandeur de l'angle d'incidence des rayons.

On remarque, en outre, que les objets vus à travers les prismes paraissent doués des couleurs éclatantes de l'arc-en-ciel; ce phénomène sera décrit bientôt sous le nom de *dispersion* (487).

* 472. **Condition d'émergence dans les prismes.** — Les rayons lumineux qui se sont réfractés à la première face d'un prisme ne peuvent émerger à la deuxième qu'autant que l'angle réfringent du prisme est moindre que le double de l'angle limite de la substance dont le prisme est formé.

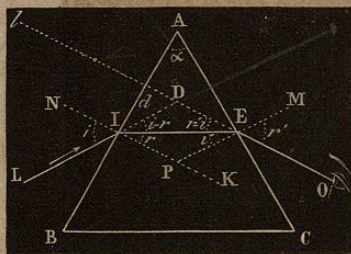


Fig. 334.

d'être parallèle à la face AB, plus ce rayon tend à donner un rayon émergent à la seconde face.

Soit donc le cas où LI serait parallèle à AB, l'angle r est alors égal à l'angle limite l du prisme, puisqu'il a sa valeur maximum. D'ailleurs l'angle EPK, extérieur au triangle IPE, égale $r + i'$; mais les angles EPK et A sont égaux comme ayant leurs côtés perpendiculaires; donc $A = r + i'$; donc aussi $A = l + i'$ puisque, dans le cas que nous considérons, $r = l$. Par conséquent, si $A = 2l$, ou est $> 2l$, on aura $i' = l$, ou $> l$; il ne saurait donc y avoir émergence sur la seconde face, mais réflexion intérieure et émergence seulement à la troisième face BC. A plus forte raison, il en sera de même encore pour les rayons dont l'angle d'incidence est moindre que BIN, puisqu'on a vu ci-dessus que l'angle i' va alors en croissant. Ainsi, dans le cas où l'angle réfringent du prisme est égal à $2l$ ou plus grand, aucun rayon lumineux ne peut passer à travers les faces de cet angle.

L'angle limite du verre étant $41^{\circ} 48'$, le double de cet angle est plus petit que 90 degrés, d'où l'on conclut qu'on ne peut voir les objets à travers un prisme de verre dont l'angle réfringent est droit. L'angle limite de l'eau étant $48^{\circ} 33'$, la lumière peut encore traverser l'angle droit d'un prisme rectangle creux qui serait formé par trois glaces et rempli d'eau.

Dans le cas où l'angle A est plus petit que $2l$, il y a toujours émergence, à la seconde face, d'une partie de la lumière qui tombe sur la première, et la quantité de lumière qui passe alors dépend de l'incidence des rayons directs LI. L'angle A étant compris entre l et $2l$, une partie des rayons incidents compris dans l'angle NIB peuvent émerger; mais tous ceux compris dans l'angle NIA éprouvent la réflexion totale sur la face AC. Pour $A > 0$ et $< l$, tous les rayons compris dans l'angle NIB et une partie de ceux contenus dans l'angle NIA peuvent passer.

* 473. **Déviati on minimum.** — Lorsqu'on reçoit un faisceau de lumière solaire à travers une ouverture A pratiquée dans le volet d'une chambre obscure (fig. 335), on remarque que le faisceau va se projeter suivant une droite AC sur un écran éloigné. Mais si l'on interpose un prisme vertical entre l'ouverture du volet et l'écran, le faisceau est dévié vers la base du prisme et vient se projeter en D, loin du point C. Or, si l'on tourne alors le support qui porte le prisme, de manière que l'angle d'incidence décroisse, on voit le disque lumineux D se rapprocher du point C jusqu'à une certaine position E, à partir de laquelle il revient sur lui-même, lorsqu'on continue à tourner le prisme dans le même sens. Il y a donc une déviation EBC plus petite que toutes les autres. On démontre par le calcul que cette *déviati on minimum* a lieu lorsque les angles d'incidence et d'émergence sont égaux.

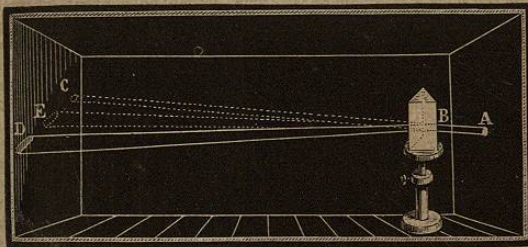


Fig. 335.

L'angle de déviation minimum peut se déterminer par le calcul quand on connaît l'angle d'incidence et l'angle réfringent du prisme. En effet, lorsqu'il y a déviation minimum, l'angle d'émergence r' étant égal à l'angle d'incidence i (fig. 334), il faut que $r = i'$. Or, on a vu ci-dessus (472) que $A = r + i'$; donc $A = 2r$ [1]. Cela posé, si l'on représente par d l'angle de déviation minimum $\angle DL$, cet angle étant extérieur au triangle DIE, on trouvera facilement l'égalité

$$d = i - r + r' - i' = 2i - 2r, \text{ ou } d = 2i - A \text{ [2],}$$

laquelle fait connaître l'angle d quand les angles i et A sont donnés.

Des formules [1] et [2] on en tire une troisième qui sert à calculer l'indice de réfraction d'un prisme, quand on connaît son angle réfringent et la déviation minimum. En effet, si dans l'égalité $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ (463) on remplace i et r par leurs valeurs tirées des formules [1] et [2] ci-dessus, il vient

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A+d}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}} \text{ [3].}$$

* 474. **Mesure de l'indice de réfraction des solides.** — Au moyen de la formule [3] ci-dessus, on calcule facilement l'indice de réfraction quand les angles A et d sont connus.

Pour déterminer d'abord l'angle A, on taille sous la forme de prisme triangulaire la substance transparente dont on veut avoir l'indice de réfraction; puis on mesure l'angle A du prisme au moyen d'un *goniomètre* (461).

Quant à l'angle d , on le mesure de la manière suivante. On reçoit sur le prisme un rayon LI émis par un objet éloigné (fig. 336), et l'on tourne le prisme de manière à obtenir la déviation minimum ED. Mesurant alors avec un cercle à pinnette l'angle EDL' que fait le rayon réfracté DE avec le rayon DL' qui vient

directement de l'objet, cet angle n'est autre que l'angle de déviation minimum, en admettant que l'objet est assez éloigné pour que les deux rayons LI et LI' soient parallèles. Il ne reste plus qu'à substituer les valeurs de A et de d dans la formule [3] pour en déduire la valeur de l'indice n.

Ce procédé, qui est dû à Newton, ne peut s'appliquer qu'aux corps transparents;

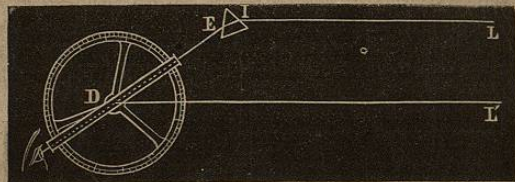


Fig. 336.

mais Wollaston a fait connaître une autre méthode au moyen de laquelle on peut calculer l'indice de réfraction d'un corps opaque par la détermination de son angle limite.

* 475. **Mesure de l'indice de réfraction des liquides.** — Biot a appliqué la méthode de Newton, c'est-à-dire celle du minimum de déviation à la recherche de l'indice de réfraction des liquides. Pour cela, dans un prisme de verre PQ (fig. 337), on perce une cavité cylindrique O d'environ 2 centimètres de diamètre

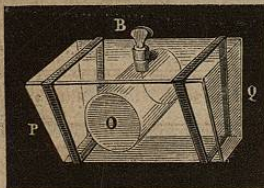


Fig. 337.

et allant de la face d'incidence à la face d'émergence. Cette cavité se ferme au moyen de deux plaques de verre à faces bien parallèles, qui s'appliquent sur les faces du prisme. Une petite ouverture B, qui se ferme avec un bouchon à l'émeri, sert à introduire les liquides. Ayant déterminé l'angle réfringent et la déviation minimum du prisme liquide compris dans la cavité O, on introduit la valeur de ces angles dans la formule [3] du paragraphe 473, ce qui donne l'indice.

* 476. **Mesure de l'indice de réfraction des gaz.** — C'est encore par la méthode de Newton que l'indice de réfraction des gaz a été déterminé par Biot et Arago. L'appareil dont se sont servis ces physiciens se compose d'un tube de verre AB (fig. 438) taillé en biseau à ses extrémités, et fermé par deux plaques de verre à faces parallèles, inclinées entre elles de 143 degrés. Ce tube est en communication, d'une part avec une cloche H, dans laquelle est un baromètre à siphon; de l'autre avec un robinet à l'aide duquel on peut faire le vide dans l'appareil et y introduire ensuite différents gaz. Après avoir fait le vide dans le tube AB, on le fait traverser par un rayon de lumière SA, qui s'écarte de la normale d'une quantité $r-i$ à la première incidence, et s'en approche d'une quantité $i'-r'$ à la deuxième. Ces deux déviations s'ajoutant, la déviation totale d est $r-i+i'-r'$. Or, dans le cas de la déviation minimum, on a $i=r'$ et $r=i'$, d'où $d=A-2i$, puisque $r+i=A$ (472). L'indice du vide à l'air, qui est évidemment $\frac{\sin r}{\sin i}$, a donc pour valeur

$$\frac{\sin \frac{A}{2}}{\sin \left(\frac{A-d}{2} \right)} \quad [4].$$

Il suffit donc de connaître l'angle réfringent A et l'angle de déviation minimum

d, pour en déduire l'indice de réfraction du vide à l'air, genre d'indice qui, ainsi qu'on l'a déjà vu (465), se désigne sous le nom d'indice absolu, et aussi d'indice principal.

Pour obtenir l'indice absolu d'un gaz autre que l'air, après avoir fait le vide dans l'appareil, on y fait passer ce gaz; puis mesurant les angles A et d, la formule [4] ci-dessus fait connaître l'indice de réfraction du gaz à l'air. Connaissant déjà l'indice du vide à l'air, le rapport de ces deux indices donne l'indice de réfraction du vide au gaz donné, c'est-à-dire son indice absolu.

Au moyen de cet appareil, Biot et Arago ont constaté que les indices de réfraction des gaz sont toujours très-petits par rapport à ceux des solides et des liquides, et que, pour un même gaz, la puissance réfractive est proportionnelle à la densité, en appelant puissance réfractive d'une substance le carré de son indice de réfraction diminué d'une unité, c'est-à-dire l'expression n^2-1 . Le quotient de la puissance réfractive par la densité se nomme *puissance réfringente*.

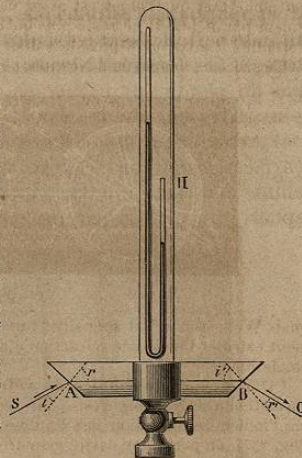


Fig. 338.

Indices de réfraction par rapport à l'air.

| SUBSTANCES. | INDICES. | SUBSTANCES. | INDICES. |
|----------------------------|-------------|-------------------------|----------|
| Chromate de plomb.... | 2,50 à 2,97 | Obsidienne..... | 1,488 |
| Diamant..... | 2,47 à 2,75 | Glace..... | 1,310 |
| Verre d'antimoine.... | 2,216 | Sulfure de carbone.... | 1,678 |
| Soufre natif..... | 2,215 | Huile essentielle d'a- | |
| Tourmaline..... | 1,668 | mandes amères..... | 1,603 |
| Spath d'Islande, réf. ord. | 1,654 | Huile de naphte..... | 1,475 |
| — réf. ext. | 1,483 | Essence de térébenthine | 1,470 |
| Béryl..... | 1,598 | Alcool rectifié..... | 1,374 |
| Flint-glass..... | 1,575 | Ether sulfurique..... | 1,358 |
| Cristal de roche..... | 1,547 | Albumine..... | 1,331 |
| Sel gemme..... | 1,545 | Cristallin..... | 1,384 |
| Sucre..... | 1,535 | Humeur vitrée..... | 1,339 |
| Baume de Canada..... | 1,532 | Humeur aqueuse..... | 1,337 |
| Crown-glass..... | 1,500 | Eau..... | 1,336 |

Ces indices ont été pris par rapport au faisceau jaune du spectre, excepté ceux du sucre et du crown, qui l'ont été par rapport au rouge extrême.

LENTILLES, LEURS EFFETS.

477. **Différentes espèces de lentilles.** — On nomme *lentilles*, des milieux transparents qui, vu la courbure de leurs surfaces, ont la propriété de faire converger ou diverger les rayons lumineux qui

n²-1 *puissance réfringente*

les traversent. Suivant le genre de cette courbure, les lentilles sont dites *sphériques, cylindriques, elliptiques, paraboliques*. Les lentilles sphériques sont les seules en usage dans les instruments d'optique. Elles sont généralement de *crown-glass*, verre qui ne contient pas de plomb, ou de *flint-glass*, verre qui en contient et qui est plus réfringent que le crown.

En combinant des surfaces sphériques entre elles ou avec des surfaces planes, on forme six espèces de lentilles, représentées en coupe dans la figure 339 : quatre sont formées par deux surfaces sphériques, et deux par une surface plane et une surface sphérique.

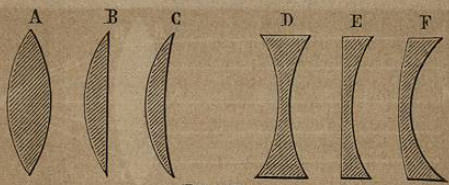


Fig. 339.

La première, A, est dite *biconvexe* ; la seconde, B, *plan-convexe* ; la troisième, C, *concave-convexe convergente* ; la quatrième, D, *biconcave* ; la cinquième, E, *plan-concave* ; et la dernière, F, *concave-convexe divergente*. La lentille C s'appelle aussi *ménisque convergent*, et la lentille F *ménisque divergent*.

Les trois premières, qui sont plus épaisses au centre que sur les bords, sont *convergentes* ; les dernières, qui sont plus minces au centre que sur les bords, sont *divergentes*. Dans le premier groupe, il suffit de considérer la lentille biconvexe, et dans le second, la lentille biconcave, les propriétés de chacune de ces lentilles s'appliquant à toutes celles du même groupe.

Dans les lentilles dont les deux surfaces sont sphériques, les centres de ces surfaces sont dits *centres de courbure* ; la droite indéfinie menée par ces deux centres est l'*axe principal*. Dans une lentille plan-concave ou plan-convexe, l'axe principal est la perpendiculaire abaissée du centre de la face sphérique sur la face plane.

Afin de pouvoir comparer la marche des rayons lumineux dans les lentilles à celle qui a lieu dans les prismes, on fait la même hypothèse que pour les miroirs courbes (449), c'est-à-dire qu'on suppose les surfaces des lentilles formées d'une infinité d'éléments plans infiniment petits. La *normale* en un point quelconque est alors la perpendiculaire au plan tangent qui contient l'élément correspondant. On sait, en géométrie, que toutes les normales à une même surface sphérique vont passer par son centre. Dans l'hypothèse ci-dessus, on peut toujours concevoir, aux points d'incidence et d'é-

mergence, deux surfaces planes plus ou moins inclinées entre elles et produisant ainsi l'effet du prisme. En continuant cette comparaison, il est permis d'assimiler les trois lentilles A, B, C, à une suite de prismes réunis par leurs bases, et les lentilles D, E, F, à une suite de prismes réunis par leurs sommets : ce qui montre comment les premières doivent rapprocher les rayons, et les dernières les écarter, puisqu'on a vu que lorsqu'un rayon lumineux traverse un prisme, il est dévié vers la base (471).

478. **Foyers dans les lentilles biconvexes.** — Dans les lentilles, de même que dans les miroirs, on nomme *foyers*, des points où vont

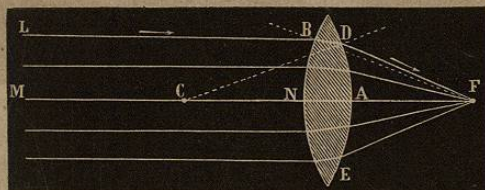


Fig. 340.

concourir les rayons réfractés ou leurs prolongements. Les lentilles biconvexes présentent les mêmes espèces de foyers que les miroirs concaves, savoir : des *foyers réels* et des *foyers virtuels*.

1° *Foyers réels.* — Considérons d'abord, ainsi que nous l'avons fait pour les miroirs, le cas où les rayons lumineux qui tombent sur la lentille sont parallèles à son axe principal, comme le représente la figure 340. Dans ce cas, tout rayon incident LB, en s'approchant de la normale au point d'incidence B, et en s'en écartant au point d'émergence D, se réfracte deux fois vers l'axe qu'il vient couper en F. Tous les rayons parallèles à l'axe se réfractant de la même manière, le calcul démontre qu'ils viennent très-sensiblement passer par le point F, tant que l'arc DE ne dépasse pas 10 à 12 degrés. Ce point est encore désigné sous le nom de *foyer principal*, et la distance FA est la *distance focale principale*. Elle est constante pour une même lentille, mais varie avec le rayon de courbure et l'indice de réfraction. Dans les lentilles ordinaires, qui sont de crown, le foyer principal coïncide très-approximativement avec le centre de courbure.

Soit actuellement le cas où l'objet lumineux étant au delà du foyer principal, il est assez rapproché pour que tous les rayons incidents forment un faisceau divergent, comme le représente la figure 341. Dans ce cas, le point lumineux étant en L, si l'on compare la marche du rayon divergent LB à celle du rayon SB paral-