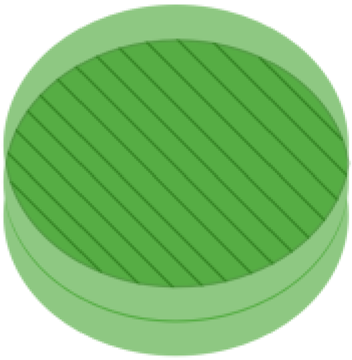
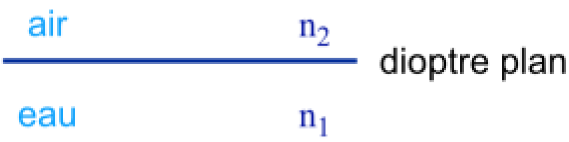
Dioptre plan

1. Définition



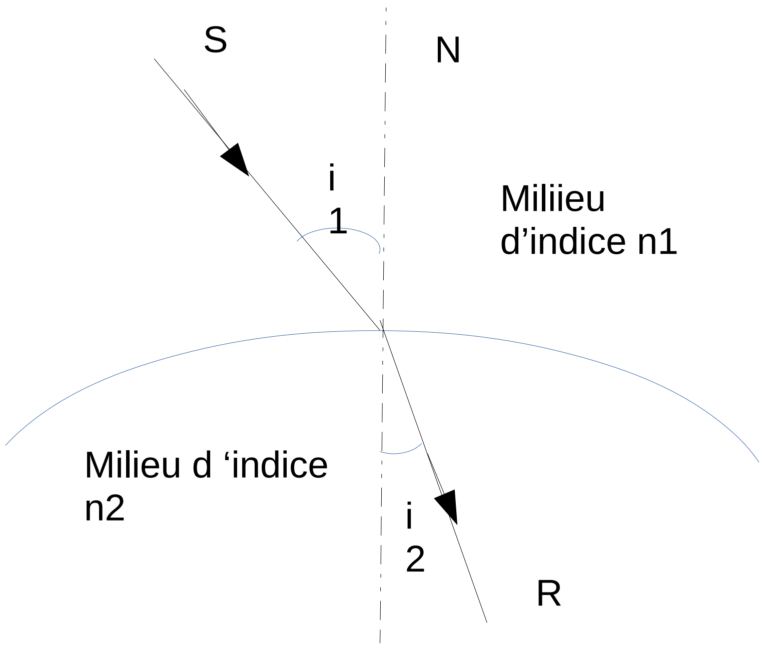


Un **dioptre plan** est la surface plane qui sépare deux milieux transparents, homogènes et isotropes, d'indices différents.

2. Loi de la réfraction

Considérons un rayon incident SI situé dans le plan d'incidence SIN. Soit i_1 l'angle d'incidence et i_2 l'angle de réfraction. Le rayon réfracté SR obéit alors aux deux lois suivantes :

Lois de Descartes



Le rayon réfracté est dans le plan d'incidence, le rayon incident et le rayon réfracté étant de part et d'autre de la normale au point d'incidence.

Pour chaque lumière monochromatique, il existe un rapport constant positif, entre les sinus des angles d'incidence et de réfraction:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2}=\frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}$$

Le rapport constant $n_{2,1}$ est l'indice de réfraction du milieu 2 par rapport au milieu 1 pour la radiation monochromatique considérée.

3. Définition : Loi de Kepler

Si l'incidence est presque normale, c'est-à-dire si les angles i et r sont suffisamment petits pour être confondus avec leurs sinus, la deuxième loi de Descartes prend alors la forme simplifiée:

$i = nr$ appelée **loi de Kepler**.

4. Définition : Principe du retour inverse

On généralisera le principe du retour inverse de la lumière déjà introduit lors de la réflexion en énonçant que:

Quel que soit le nombre de réflexions et de réfractions subies par un rayon lumineux lors de sa propagation, le trajet possible de la lumière dans un sens de propagation l'est également dans l'autre sens.

5. Indices de réfraction

L'indice relatif de réfraction d'un milieu par rapport à un autre est l'inverse du rapport des célérités de la lumière dans les deux milieux considérés.

Si $n_{2,1}$ est l'indice de réfraction du milieu 2 par rapport au milieu 1 et si c_1 et c_2 sont les célérités respectives de la lumière dans les milieux 1 et 2 alors :

$$n_{2,3}=\frac{c_3}{c_2}$$

L'indice absolu d'un milieu est son indice relatif par rapport au vide.

L'indice relatif de deux milieux transparents est égal au rapport des indices respectifs de ces deux milieux par rapport à un même troisième. On en déduit que l'indice relatif de deux milieux transparents est égal au rapport de leurs indices absolus :

$$n_{2,3}=\frac{c_3}{c_2} \quad , \quad n_{1,3}=\frac{c_3}{c_1}$$

d'où $$n_{2,1}=\frac{c_1}{c_2}=\frac{c_3}{c_2}\times\frac{c_1}{c_3}=\frac{n_{2,3}}{n_{1,3}}$$

si le milieu 3 est le vide, alors :

$$n_{2,1}=\frac{n_2}{n_1}$$

ce qui permet d'écrire la **deuxième loi de Descartes** sous la forme :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

Lorsqu' aucune indication n'est donnée quant au milieu de comparaison c'est de l'indice absolu dont il s'agit. Comme la célérité de la lumière dans le vide (300.000 km/s) est plus grande que dans tout autre milieu, l'indice absolu d'un milieu est toujours supérieur à 1. En général les indices sont donnés pour la lumière jaune qui constitue une valeur moyenne pour la lumière blanche.

On dira qu'un milieu est plus ou moins réfringent selon que son indice absolu sera plus grand ou plus petit que celui du deuxième milieu.

6. Angle de réfraction limite

Supposons que la lumière se propage d'un milieu moins réfringent vers un milieu plus réfringent (soit n2 > n1) . En appliquant la formule de Descartes :

$$\sin i_2=\frac{n_1}{n_2}\sin i_1 \quad \text{alors} \quad \sin i_2<\sin i_1 \quad \text{et donc} \quad i_2<i_1$$

à tout rayon incident correspond donc un rayon réfracté qui se rapproche de la normale en pénétrant dans le milieu plus réfringent.

On retiendra comme règle générale :

Lorsque un rayon lumineux passe d'un milieu moins réfringent vers un milieu plus réfringent, il se rapproche de la normale au point d'incidence.

Si l'incidence est rasante, c'est-à-dire i_1 = 90°, l'angle de réfraction i2 prend une valeur particulière λ appelée **angle de réfraction limite** défini par :

$$\sin\lambda=\frac{n_1}{n_2}$$

7. Réflexion totale

Supposons maintenant que la lumière passe d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent. Si l'on fait croître l'angle d'incidence i_1 depuis la valeur 0 (correspondant à l'incidence normale), l'angle de réfraction i_2 croît plus vite:

$$\sin i_2=\frac{n_1}{n_2}\sin i_1 \quad \text{alors} \quad \sin i_2>\sin i_1$$

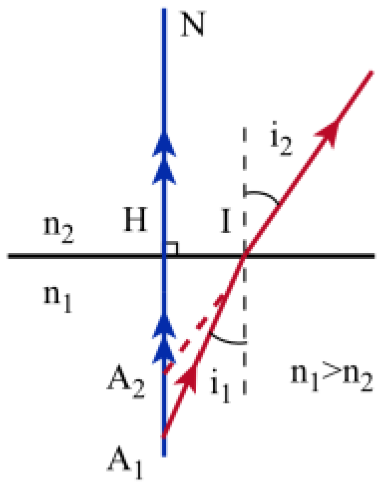
et donc $i_2>i_1$

i2 prend la valeur extrême égale à 90° lorsque: $\sin\lambda = \frac{n_2}{n_1}$ où λ n'est autre que l'angle de réfraction limite.

Lorsque les rayons incidents arrivent sur le dioptre avec un angle d'incidence supérieur à l'angle limite, ils subissent une réflexion totale alors que pour une valeur inférieure à l'angle limite ils ne subissent qu'une réflexion partielle. La surface de séparation des deux milieux se comporte alors comme un miroir parfait.

On notera que quelle que soit la valeur de l'angle d'incidence sur un dioptre séparant deux milieux d'indices différents il existe toujours un rayon refléchi

8. Formule de conjugaison du dioptre plan

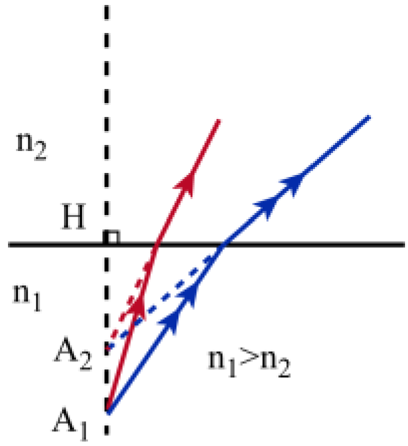


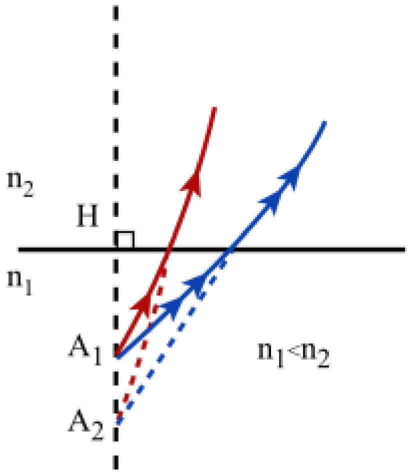
Nous avons précédemment noté que l'image à travers un dioptre plan d'un objet situé à l'infini est un point également situé à l'infini. De même, lorsqu'un point objet appartient à la surface du dioptre, son image ponctuelle est parfaitement positionnée puisque les deux points sont confondus.
Dans le cas plus général où le point source A_1 est situé à distance finie et satisfait à la condition de stigmatisme approché, on a établi que : $\overline{HA_2} = \frac{n_2}{n_1}\overline{HA_1}$

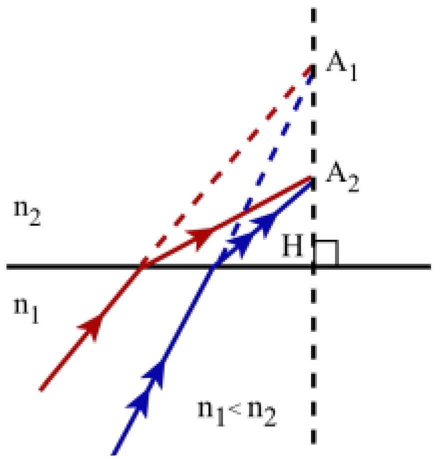
à condition que les angles i1 et i2 soient suffisamment petits.

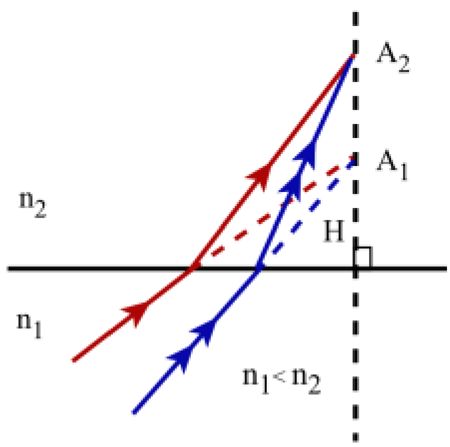
Généralement exprimée sous la forme : $\frac{n_1}{\overline{HA_1}} = \frac{n_2}{\overline{HA_2}}$

cette relation constitue la **formule de conjugaison du dioptre plan**.


n2
H
n1
A2
n1>n2
A1


n2
H
n1
A1
n1<n2
A2


A1
A2
n2
H
n1
n1< n2


A2
A1
n2
H
n1
n1< n2

Outre son intérêt pour déterminer mathématiquement les positions relatives de l'objet et de son image par rapport au dioptre, cette formule permet de préciser certaines données qualitatives. En effet on sait que les indices n1et n2 sont des grandeurs positives; par conséquent $\overline{HA_1}$ et $\overline{HA_2}$ ne peuvent être que de même signe.

Ceci signifie que :

pour un couple de points conjugués A_1 et A_2 appartenant, optiquement parlant aux milieux d'indices respectifs n_1 et n_2

- - A_1 et son image A_2 sont toujours situés sur la même normale au dioptre
- - A_1 et son image A_2 sont toujours situés du même côté du dioptre
- - A_1 et son image A_2 sont toujours de nature différente: si l'un est réel, l'autre est virtuel et réciproquement
- - si $n_1 > n_2$, A_1 est toujours plus éloigné de la surface du dioptre que A_2 ; inversement si $n_1 < n_2$, A_1 est toujours plus proche de cette surface que A_2.