

Chapitre 2 : Notions de base de l'optique géométrique

Le principe de Fermat conduit aux lois de la réflexion et de la réfraction. Ces lois sont les bases de l'optique géométrique et vont nous permettre d'établir les relations relatives aux systèmes optiques.

I - Définitions

Miroir : surface totalement réfléchissante.

Dioptre : surface de séparation entre deux milieux d'indice différents

Rayons incident - réfléchi et réfracté (voir figure)

Normale au miroir ou au dioptre NN'.

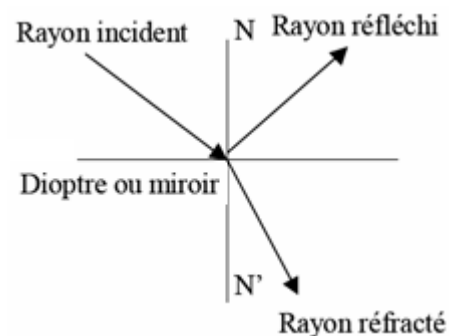
Plan d'incidence : plan formé par l'incident et la normale au dioptre

Point d'incidence : point de contact entre l'incident et le dioptre

Angle d'incidence : angle entre la normale et le rayon incident.

Angle de réflexion : angle entre la normale et le rayon réfléchi.

Angle de réfraction : angle entre la normale et le rayon réfracté



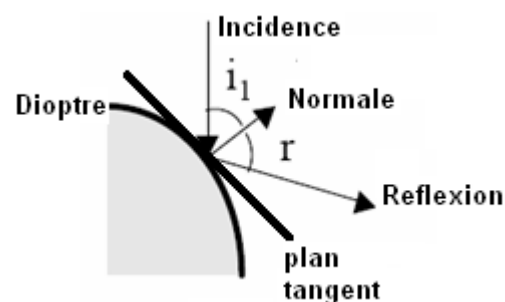
II - Lois de Snell Descartes.

1. Pour la réflexion

1^{ère} loi : Le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence.

2^{ème} loi : L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion $i_1 = r$.

La surface de séparation n'est pas nécessairement une surface plane ; on utilise donc la tangente au dioptre au point d'incidence et la normale est déterminée par rapport à ce plan tangent.



2. Pour la réfraction

Le dioptre a une forme quelconque

1^{ère} loi : Le rayon réfracté est dans le plan d'incidence

2^{ème} loi : A la surface de séparation de deux milieux, les rayons lumineux obéissent aux lois de Snell-Descartes :

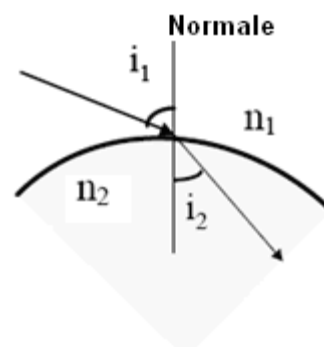
$$n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$$

Conséquence : De la symétrie de la relation précédente on déduit le principe du retour inverse de la lumière.

Construction du rayon réfléchi et du rayon réfracté :

- Pour le rayon réfléchi, il suffit de construire le rayon symétrique du rayon incident par rapport à la normale au point d'incidence
- Pour le rayon réfracté d'un milieu d'indice n_1 vers un milieu d'indice n_2 nous devons envisager deux cas.

a) Cas où $n_2 > n_1$ (angle de réfraction limite)



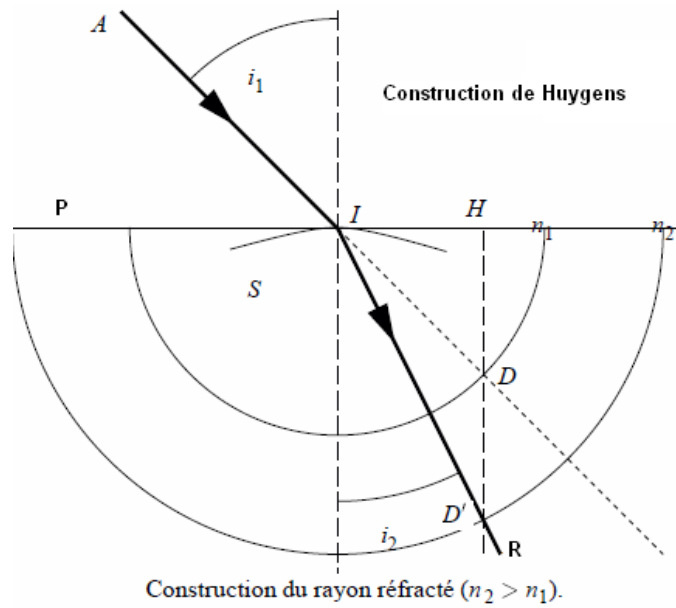
Soit $0 \leq i_1 \leq \frac{\pi}{2}$. Du point I , traçons le plan P tangent à la surface S . Deux cercles de rayons respectifs n_1 et n_2 sont tracés dans le plan contenant la normale IN à P et le rayon incident AI . On a alors : $IH = ID \sin(i_1) = ID' \sin(i_2) \Rightarrow n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$, c'est à dire la relation de Snell-Descartes.

Remarque.1 : Quelque soit $0 \leq i_1 \leq \frac{\pi}{2}$, le rayon réfracté *existe toujours* et se rapproche de la normale.

Remarque.2 : Lorsque i_1 devient pratiquement égal à $\pi/2$, la relation de Snell-Descartes montre que $1 = \sin(\frac{\pi}{2}) = \frac{n_2}{n_1} \sin(i_{2\max})$ où l'angle $i_{2\max}$ tel que

$\sin(i_{2\max}) = \frac{n_1}{n_2}$ est l'angle **maximum** que peut faire le rayon réfracté IR avec la normale à la surface S ; le

rayon incident AI est alors tangent en I à S . on a : $i_{2\max} = \arcsin(\frac{n_1}{n_2})$



b) **Cas où $n_2 < n_1$ (Angle limite de réflexion totale)**

On réitère la construction précédente qui *ne donne un rayon réfracté que pour $i_1 < i_L$* , où i_L correspond à $i_2 = \pi/2$, ce qui correspond à un rayon réfracté tangent en I à S . On aura donc :

$n_1 \sin(i_L) = n_2 \sin(\frac{\pi}{2}) = n_2$, d'où la définition de

l'angle limite i_L que peut faire le rayon incident avec la normale à S :

$$\sin(i_L) = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow i_L = \arcsin(\frac{n_2}{n_1}).$$

Remarque 1 : Lorsque le rayon réfracté existe : il s'écarte de la normale ; on a toujours $0 \leq i_2 \leq \frac{\pi}{2}$

Remarque 2 : Pour un angle d'incidence $i_1 > i_L$, il n'y a pas de rayon réfracté, seul subsiste le rayon réfléchi: il y a *réflexion totale* de la lumière à la surface de séparation des deux milieux. On a constitué ainsi un miroir parfait.

Conditions : La réflexion totale n'est possible que lors du passage de la lumière d'un milieu plus réfringent d'indice n_1 vers un milieu moins réfringent d'indice n_2 .

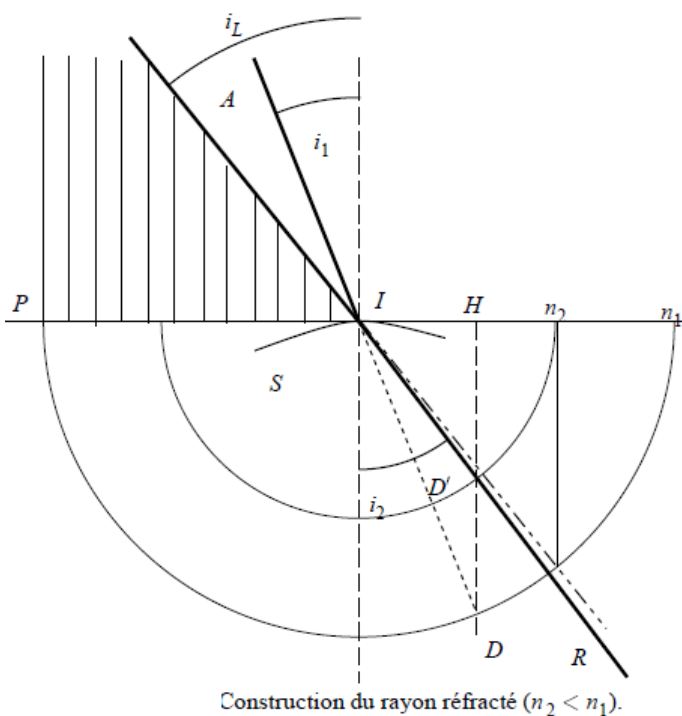
c) **Déviat**

C'est l'angle entre les directions d'incidence et de réfraction.

d) **Approximation aux petits angles.**

Si les angles sont petits ($< 10^\circ$ environ) $\sin i \approx i$ exprimé en **radians**, ce qui donne :

$$n_1 i_1 = n_2 i_2$$

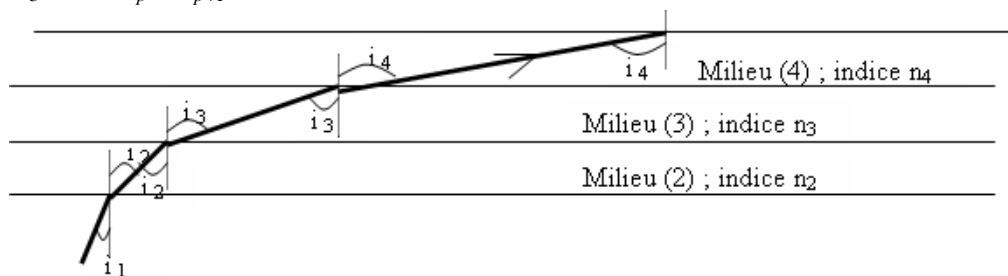


III- Milieux d'indice variable

On a vu que dans un milieu homogène, la lumière se propage en ligne droite. Que se passe-t-il lorsque le milieu présente un indice qui varie avec la position à l'intérieur du milieu ? On peut l'étudier en opérant une stratification infinitésimale du milieu : on découpe par la pensée le milieu en une succession de couches homogènes, infiniment proches les unes des autres.

Considérons par exemple un indice qui diminue avec l'altitude : si z augmente, n diminue donc $\frac{dn}{dz} < 0$.

On stratifie par la pensée le milieu et on applique de proche en proche la loi de Descartes sur la réfraction : $n_1 > n_2 > n_3 > \dots > n_p > n_{p+1}$ et comme, $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 = \dots = n_p \sin i_p$ alors : $i_1 < i_2 < i_3 < \dots < i_p < i_{p+1}$.

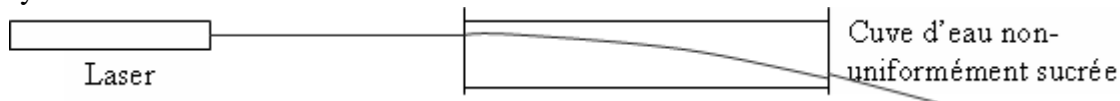


On voit donc que :

Dans un milieu d'indice variable :

- la concavité du rayon est tournée dans la direction des indices croissants.
- la quantité $(n \sin i)$ se conserve le long de la trajectoire du rayon lumineux.

(i) cuve d'eau sucrée non homogène : dans la cuve, si le sucre n'est pas réparti de façon homogène, il y en a plus au fond qu'en haut ; l'indice est plus grand en bas qu'en haut (car plus l'eau est sucrée, plus son indice est grand). Le gradient d'indice est donc vers le bas, et le rayon lumineux est courbé vers le bas.



(ii) mirages : notons qu'à pression constante, si la température augmente, le gaz est moins dense, donc n diminue. Considérons l'atmosphère au-dessus du sol en un jour de grand soleil. L'air est surchauffé au niveau du sol (50°C au sol, 35°C à 2 mètres du sol) : $T(z)$ est décroissante, donc $n(z)$ est croissante : le gradient est vers le haut. Les rayons sont courbés vers le haut. Un rayon venant du ciel frappe l'œil en semblant venir du sol, comme quand de l'eau réfléchit la lumière du ciel. De plus, les légers courants d'air font légèrement fluctuer l'indice, donc les rayons lumineux (c-à-d l'image du ciel), de même que les petites vagues sur une flaque d'eau, donnent une image du ciel légèrement tremblante. L'illusion est alors parfaite et l'on croit voir une flaque d'eau qui reflète le ciel.

