Chapitre 2

Réflexion et réfraction

2.1 Réflexion

2.1.1 Définitions

- Le premier milieu est le milieu incident,
- Si la lumière ne peut rentrer dans le deuxième milieu, il est hachuré
- Direction de référence : normale au 2e milieu au point d'arrivée du rayon incident sur la surface. La lumière arrive en faisant un ange défini par rapport à la normale. ($0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$)
- Plan d'incidence : Plan contenant la normale et le rayon incident, perpendiculaire à la surface.

2.1.2 Loi de la réflexion

le rayon est réflchi :

- dans le même pan d'incidence
- repart avec le même angle par rapport à la normale à l'angle d'incidence.

2.2 Réfraction

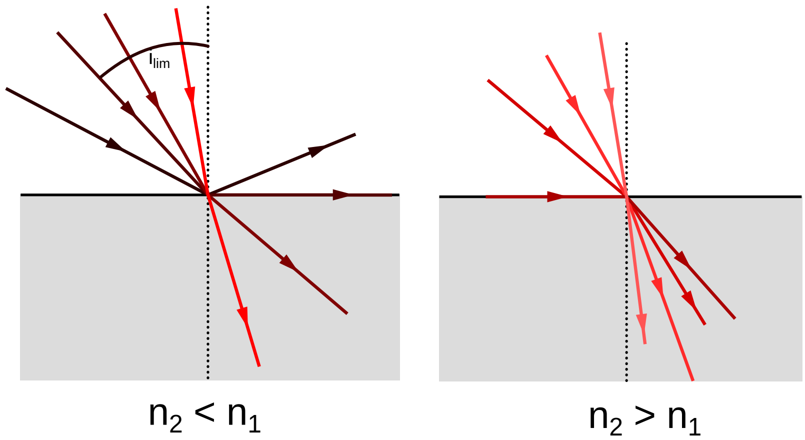
On considère un dioptre séparant 2 milieux transparents (incidnets et réfractant). .

> Propriétés

- Le rayon réfracté reste dans le plan d'incidence.
- On a $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$

On remarque donc que si n_i augmente, i_n diminue.

2.2.1 Analyse



Si $n_2 > n_1$

Si $n_2 > n_1$, on dit que le milieu 2 est plus réfreingent et le rayon réfracté se rapproche de la normale.

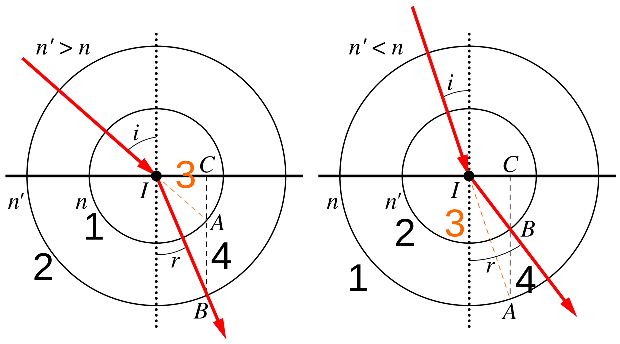
Cas extrèmes : $i_1 = 0 \Rightarrow i_2 = 0$ et $i_1 = \pi/2 \Rightarrow i_2 = \arcsin(\frac{n_1}{n_2})$.

Si $n_2 < n_1$

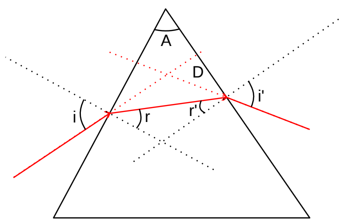
Si $n_2 < n_1$, on dit que le milieu 2 est moins réfreingent et le rayon réfracté s'éloigne de la normale.

On peut calculer l'angle i_1 limite pour lequel le rayon sera réfracté. Au-delà, la réflexion sera totale. Si $i_2 = \pi/2$, $i_{1,lim} = \arcsin(\frac{n_2}{n_1})$ Si $i_1 > i_{1,lim}$: réflexion totale.

2.2.2 Construction de rayon réfracté par les surfaces d'indice



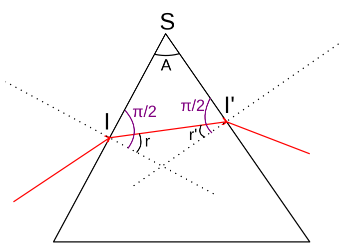
2.2.3 Étude du prisme



Les 4 relations fondamentales

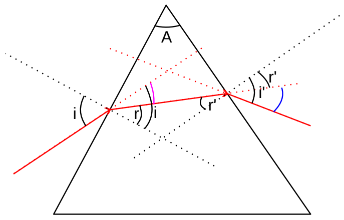
On utilise les lois de Snell-Descartes pour trouver les 2 premières :

1. $\sin(i) = n\sin(r)$
2. $\sin(i') = n\sin(r')$



On se place dans le triangle SII' en appliquant la propriété de somme des angles d'un triangle. On a : $\pi = A + (\frac{\pi}{2} - r) + (\frac{\pi}{2} - r')$, soit :

3. $A = r + r'$



On calcule la déviation totale pour trouver la dernière relation. $D = i - r + i' - r'$, soit en replaçant les angles r par A :

4. $D = i + i' - A$

Calcul de l'angle limite

On cherche l'angle limite i_{lim} pour observer un rayon en sortie du prisme. Pour pouvoir le voir, l'angle de sortie doit être inférieur à $\frac{\pi}{2}$. Pour trouver i_{lim}, on prendra donc $i' = \frac{\pi}{2}$.

On utilise la formule 3

$$\begin{aligned} \sin(i) &= n\sin(r) \\ &= n\sin(A - r') \end{aligned}$$

L'expression précédente comporte r'. On va donc exprimer r' en fonction de i'

$$\begin{aligned} \sin(i') &= n\sin(r') \\ 1 &= n\sin(r') \\ r' &= \sin^{-1}(\frac{1}{n}) \end{aligned}$$

En effet, $\sin(\frac{\pi}{2}) = 1$

On remplace r' par son expression

$$\begin{aligned} \sin(i) &= n\sin(A - \sin^{-1}(\frac{1}{n})) \\ i_{lim} &= \sin^{-1}(n\sin(A - \sin^{-1}(\frac{1}{n}))) \end{aligned}$$

Mesure de n avec l'angle de déviation total minium

On veut obtenir une valeur de n par des mesures expérimentales. On connaît l'angle A avec précision. On va utiliser D_m l'angle de déviation minimum, où l'on remarque que $i = i' = i_{min}$. On peut donc écrire $D_m = i + i' - A = 2i_{min} - A$, d'où $i_{min} = \frac{D_m + A}{2}$

On peut aussi simplifier l'expression 3 car si $i' = i, r' = r = r_{min}$. On obtient alors $r_{min} = \frac{A}{2}$.

En appliquant la loi de Snell-Descartes et replaçant r_{min} et i_{min} par leur expressions, on trouve : $\sin(\frac{D_m + A}{2}) = n\sin(\frac{A}{2})$ d'où l'on peut déduire n : $n = \frac{sin(\frac{D_m + A}{2})}{\sin(\frac{A}{2})}$.

Calcul de D_m

On souhaite déterminer la déviation D en fonction de n et de l'angle du rayon incident.

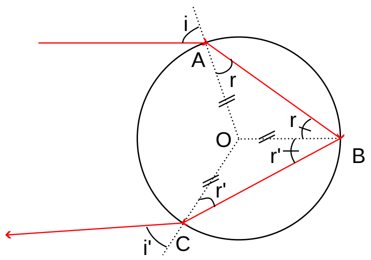
On utilise la 4e relation : $D = i + i' - A$. On ne connait pas i', il va donc falloir l'exprimer en fonction de A et i.

$$\begin{aligned}\sin(i') &= n \sin r' \\ &= n \sin(A - r) \\ &= n \sin(A - \sin^{-1}(\frac{\sin(i)}{n}))\end{aligned}$$

On a plus qu'à remplacer i' par son expression pour trouver D.

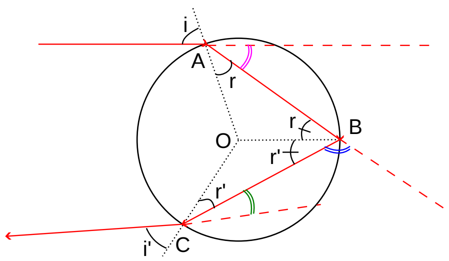
2.2.4 Étude de l'arc-en-ciel

Analyse



Les triangles ABO et OBC sont isocèles en O. On en déduit que les angles OAB et OBO sont égaux, tous commes les angles OBC et OCB. De plus, au point B la lumière est réflechie, donc d'après les propriétés de réflexion, OBC = OBO. On en déduit que r=r'.

Angles de déviation total



On cherche à exprimer l'angle de déviation total. On somme les angles des trois déviations : $D = (i - r) + (\pi - 2r) + (i' - r) = 2i + \pi - 4r$

Minimum de déviation

On cherche l'angle i pour lequel D est minium, c'est-à-dire de dérivée nulle. On a donc $D' = 0 = 2 - 4\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}i} = 1 - 2\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}i}$

Il faut savoir que $\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}i} = \frac{\cos(i)}{n\cos(r)} = \frac{\sqrt{1-\sin^2(i)}}{n\sqrt{1-\sin^2(r)}}$.

On obtient

$$
\begin{aligned}
1 = 2\frac{\sqrt{1-\sin^2(i)}}{n\sqrt{1-\sin^2(r)}} &= 2\frac{\sqrt{1-\sin^2(i)}}{\sqrt{n^2-\sin^2(i)}} \\
\iff \sqrt{n^2-\sin^2(i)} &= 2\sqrt{1-\sin^2(i)} \\
\iff n^2 - \sin^2(i) &= 4(1-\sin^2(i)) \\
\iff n^2 - \sin^2(i) &= 4 - 4\sin^2(i)) \\
\iff n^2 &= 4 - 3\sin^2(i)) \\
\iff n^2 - 4 &= -3\sin^2(i)) \\
\iff i &= \sin^{-1}(\sqrt{\frac{4-n^2}{3}})
\end{aligned}
$$

Indice optique et couleur réfléchie

Par la loi de Cauchy, on sait que si la longueur d'onde augmente, l'indice optique n diminue. Or, i_{lim} dépend de n, qui est soustrait. Ainsi, i_{lim} augmente, ce qui fait diminuer D_m.

Cela explique pourquoi le rouge, avec une longueur d'onde plus grande, est moins dévié que le bleu.