



I La propagation de la lumière

1) Le modèle du rayon lumineux

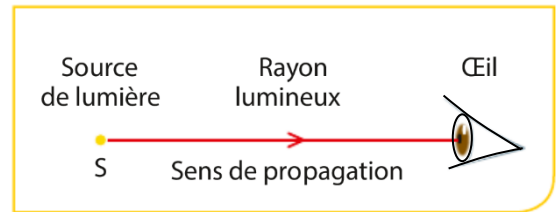
La lumière se propage dans les milieux matériels transparents, comme le verre, l'eau ou l'air, mais également dans le vide, contrairement aux ondes sonores.

Dans un milieu transparent, la lumière se propage en ligne droite. Le trajet de la lumière peut être modélisé par un rayon lumineux.

Le rayon lumineux n'est pas visible. Il peut le devenir s'il rencontre un milieu diffusant comme de la poussière, du brouillard ou de la fumée.



Un rayon lumineux est représenté par une **droite** avec une **flèche** sur la droite, indiquant le sens de propagation. Il ne faut pas oublier de dessiner cette flèche !!



2) La vitesse de la lumière

La lumière semble se propager instantanément. Pourtant, elle a une vitesse finie, de valeur très grande. La lumière se propage dans le vide à la vitesse notée c (**célérité**, synonyme de vitesse), de valeur exacte : $c = 299\,792,458 \text{ km.s}^{-1} = 2,997\,924\,58 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. On ne retiendra qu'une valeur approchée.

Dans le vide ou dans l'air, la vitesse de propagation de la lumière, appelée **célérité**, est :

$$\underline{c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} = 300\,000 \text{ km.s}^{-1}}$$

La lumière parcourt en une seconde 300 fois la France du nord au sud ou 7,5 fois de tour de la Terre ! La vitesse de la lumière est environ un million de fois plus grande que la vitesse du son (340 m.s^{-1}).

La vitesse de la lumière dépend de l'endroit où elle se propage (du milieu de propagation). Dans l'eau, elle vaut environ $225\,000 \text{ km.s}^{-1}$. Dans le diamant, elle vaut $124\,000 \text{ km.s}^{-1}$.

Rappel : La formule reliant vitesse, distance et durée s'applique encore, la seule différence est que la vitesse de la lumière dans le vide se note « c » au lieu de « v ».

On a donc :

$$\boxed{c = \frac{d}{\Delta t}}$$

ou

$$\boxed{d = c \times \Delta t}$$

ou

$$\boxed{\Delta t = \frac{d}{c}}$$

Exercices :

- 1) Le Soleil est situé à 108 millions de km de la planète Vénus. Calculer le temps que met la lumière du Soleil pour parvenir sur Vénus.

$$d = 108\,000\,000 \text{ km} = 108\,000\,000\,000 \text{ m} = 1,08 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$\Delta t = \frac{d}{c} = \frac{1,08 \times 10^{11}}{3,00 \times 10^8} = 360 \text{ s} = \underline{6 \text{ min}}$$

2) La lumière met 4 h 12 min pour aller du Soleil à Neptune, planète la plus éloignée du Système Solaire.

Calculer la distance Soleil-Neptune en km.

$$\Delta t = 4 \text{ h } 12 \text{ min} = 4 \times 3\,600 + 12 \times 60 = 15\,120 \text{ s}$$

$$d = c \times \Delta t = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} \times 15\,120 \text{ s} = \underline{4,54 \times 10^{12} \text{ m}}$$

3) La lumière met $0,50 \mu\text{s}$ pour traverser une épaisseur de verre de 100 m. Calculer la vitesse de la lumière dans le verre, notée v .

$$\Delta t = 0,50 \mu\text{s} = 0,50 \times 10^{-6} \text{ s}$$

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{100 \text{ m}}{0,50 \times 10^{-6} \text{ s}} = \underline{200\,000\,000 \text{ m.s}^{-1}} = \underline{200\,000 \text{ km.s}^{-1}}$$

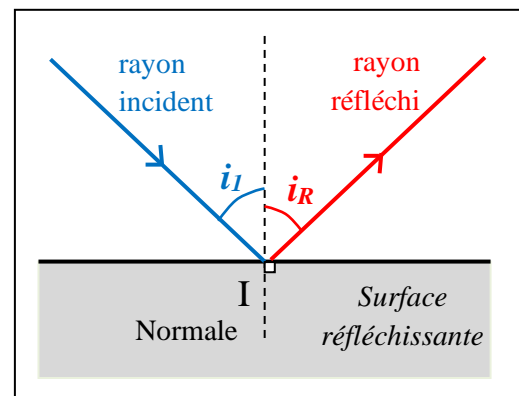
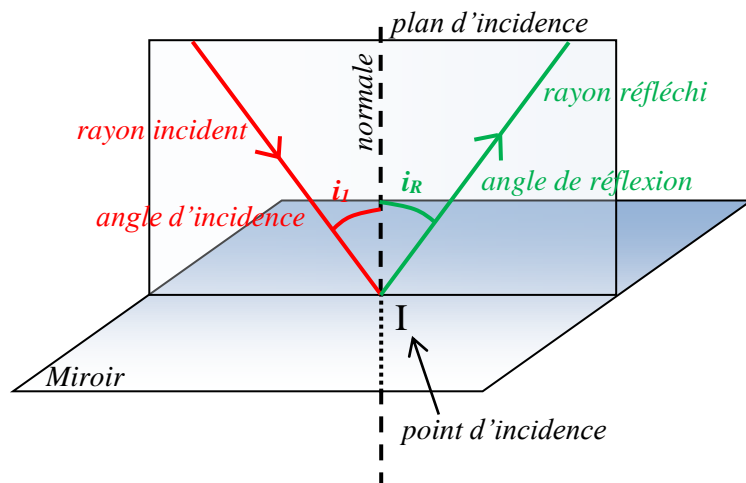
II Le phénomène de réflexion

1) Description

Le phénomène de réflexion se produit quand un rayon lumineux est renvoyé par une surface réfléchissante, comme un **miroir** ou une surface d'eau calme, et reste dans le **même milieu de propagation**.



2) Les lois de Snell-Descartes pour la réflexion



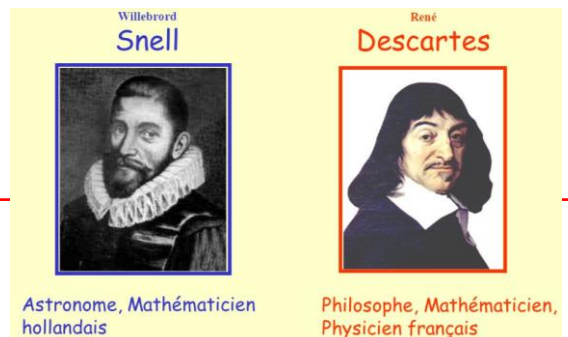
Première loi :

Le rayon incident et le rayon réfléchi sont dans le même plan : le plan d'incidence (contenant la normale).

Deuxième loi :

Les angles d'incidence i_I et de réflexion i_R sont égaux :

$$i_I = i_R$$



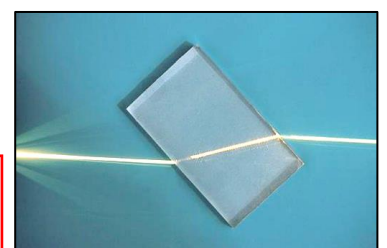
III Le phénomène de réfraction

1) Définition

Quand un rayon lumineux traverse la surface séparant deux milieux transparents différents, elle subit un changement de direction.

On dit que la lumière subit une **réfraction**, ou qu'elle est **réfractée**.

La **réfraction** est le changement de direction de propagation que subit un rayon lumineux quand il passe d'un milieu de propagation à un autre.



Remarque : Un rayon réfracté s'accompagne toujours d'un rayon réfléchi, qui ne passe pas dans le second milieu de propagation mais reste dans le premier milieu.

Chaque milieu transparent est caractérisé par son indice de réfraction noté n , sans unité. Cet indice de réfraction est relié à la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu.

Par définition, l'indice de réfraction du vide vaut : $n = 1$. Les autres milieux ont un indice de réfraction supérieur à 1.

Etant très proche de celui du vide, on considère souvent que l'indice de réfraction de l'air vaut $n_{\text{air}} = 1,00$.

Remarque : plus l'indice d'un milieu est grand, plus la vitesse de la lumière dans ce milieu est « petite ».

Exemples d'indice selon le milieu :

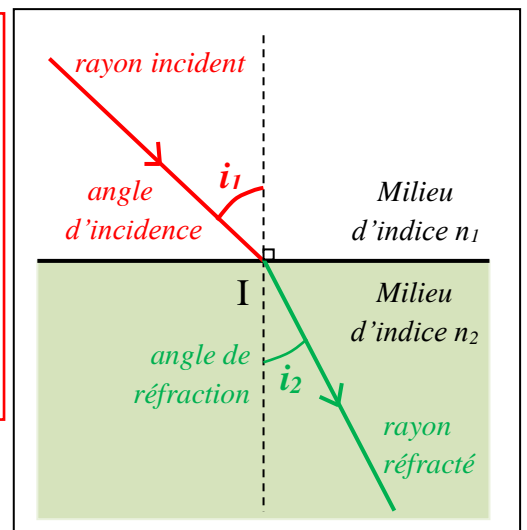
Milieu	Indice
Vide	1
Air	$1,00028 \approx 1,00$
Eau	1,33
Verre, plexiglas	1,50
Diamant	2,42

2) Les lois de Snell-Descartes pour la réfraction

Première loi :
Le rayon incident et le rayon réfracté sont dans le même plan : le plan d'incidence. (contenant la normale).

Deuxième loi :
L'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 sont liés par la relation suivante :

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



Avec :

n_1 : indice de réfraction du premier milieu

n_2 : indice de réfraction du deuxième milieu

Attention : Pour utiliser la fonction « sinus » sur la calculatrice, elle doit être réglée en « degré » et non en « radian ». Une manière facile de vérifier est de taper : « sin(30) ». Si la calculatrice est bien en degré, elle doit afficher : « 0,5 ».

Pour retrouver l'angle quand on a le résultat du sinus, on utilise la fonction inverse du sinus, notée « \sin^{-1} ». On a donc : $\sin^{-1}(0,5) = 30^\circ$.

Exercices :

1) $i_1 = 30,3^\circ$; $i_2 = 19,6^\circ$. Le milieu 1 est de l'air ($n_1 = 1,00$). Calculer la valeur de l'indice de réfraction n_2 :

Deuxième loi de la réfraction : $n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2$ Cela donne : $n_2 \times \sin i_2 = n_1 \times \sin i_1$

On divise chaque côté de l'égalité par « $\sin i_2$ » : $\frac{n_2 \times \sin i_2}{\sin i_2} = \frac{n_1 \times \sin i_1}{\sin i_2}$

On obtient : $n_2 = \frac{n_1 \times \sin i_1}{\sin i_2} = \frac{1,00 \times \sin 30,3}{\sin 19,6} = 1,50$.

2) Un rayon lumineux se propage dans l'air ($n_1 = 1,00$) et arrive à la surface de l'eau ($n_2 = 1,33$) avec un angle d'incidence $i_1 = 34,0^\circ$. Calculer la valeur de l'angle de réfraction i_2 :

Deuxième loi de la réfraction : $n_1 \times \sin i_1 = n_2 \times \sin i_2$ Cela donne : $n_2 \times \sin i_2 = n_1 \times \sin i_1$

On divise chaque côté de l'égalité par « n_2 » : $\frac{n_2 \times \sin i_2}{n_2} = \frac{n_1 \times \sin i_1}{n_2}$

On calcule d'abord « $\sin i_2$ » avant de calculer « i_2 ».

On obtient : $\sin i_2 = \frac{n_1 \times \sin i_1}{n_2} = \frac{1,00 \times \sin 34,0}{1,33} = 0,420$. $i_2 = \sin^{-1}(0,420) = 24,8^\circ$