

O11 : lois de l'optique géométrique

L'essentiel

Nature de la lumière

La lumière n'est ni une onde, ni un ensemble de particules mais une onde-particule (l'ornithorynque n'est ni un canard, ni un castor mais un ornithorynque).

Fréquence, période, longueur d'onde

Une lumière monochromatique (d'une seule couleur) peut être caractérisé par trois nombres :

— Sa fréquence ν exprimée en Hertz (Hz), qui est la fréquence de variation du champ électrique ;

— Sa période T exprimée en seconde (s), on a : $T = \frac{1}{\nu}$;

— Sa longueur d'onde λ exprimée en mètre (m), on a $\lambda = \frac{c}{\nu}$
où c est la célérité de la lumière dans le vide.

La lumière telle qu'on l'entend, c'est à dire visible, s'étend sur des longueurs d'ondes allant de 380 (violet) à 780 (rouge) nanomètres (nm) environ.

Dans le spectre électromagnétique, elle ne représente qu'une toute petite gamme de fréquence.

Attention, la grandeur physique qui caractérise une onde lumineuse (une couleur) est la fréquence.

Vitesse de la lumière

L'onde électromagnétique, donc la lumière, se propage **dans le vide** à la vitesse $c = 3,00 \exp 8 \text{m.s}^{-1}$.

Dans les autres milieux, elle se propage moins vite. Ceci est caractérisé par l'indice de réfraction d'un milieu.

Indice de réfraction d'un milieu

$$n = \frac{c}{v}$$

avec v exprimé en m.s^{-1} .

Ainsi l'indice le plus petit qui existe est 1 et $n > 1$.

Attention, cet indice de réfraction dépend de la couleur de la lumière, on prend généralement comme référence la couleur jaune du doublet du sodium.

Milieu dispersif

L'indice optique d'un milieu dépend de la fréquence de la vibration qui s'y propage, un tel milieu est appelé milieu dispersif. La longueur d'onde d'une radiation dans un tel milieu s'exprime donc par :

$$\lambda_{\text{milieu}} = v \times T = \frac{c}{n} \times T = \frac{\lambda_{\text{vide}}}{n}$$

La loi de Cauchy donne l'évolution de l'indice d'un verre en fonction de la longueur d'onde :

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

avec A et B des constantes positives qui dépendent du milieu.

Approximation de l'optique géométrique

L'approximation de l'optique géométrique et le modèle du rayon lumineux sont valables lorsque la longueur d'onde de la lumière est petite devant les dimensions des obstacles et ouvertures qu'elle rencontre (sinon, il y a diffraction donc étalement de la lumière).

Principe de Fermat

La lumière se propage d'un point à un autre sur une trajectoire de façon à ce que la durée de parcours soit minimale.

Les lois qui suivent sont des conséquences du principe de Fermat.

Propagation rectiligne

Dans un milieu homogène et isotrope, les rayons lumineux sont des droites.

Retour inverse de la lumière

Que la lumière se propage de A vers B ou de B vers A, elle emprunte la même trajectoire (A et B sont sur le même rayon lumineux).

Indépendance des rayons lumineux

Il n'y a pas d'interaction entre deux rayons lumineux, un rayon ne peut pas en dévier un autre.

Lois de Snell-Descartes de la réflexion

1. Le rayon réfléchi appartient au plan d'incidence défini par la normale au dioptre et le rayon incident ;
2. Les angles d'incidence i_1 et de réflexion i'_1 vérifient :

$$i'_1 = -i_1$$

Lois de Snell-Descartes de la réfraction

Il y a réfraction quand il y a changement de direction de propagation de la lumière lorsque celle-ci traverse un dioptre et change donc de milieu transparent.

Lorsqu'un rayon passe d'un milieu moins réfringent à un milieu plus réfringent, il se rapproche de la normale.

Lorsqu'un rayon passe d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent, il s'éloigne de la normale.

1. Le rayon réfracté appartient au plan d'incidence.
2. Les angles d'incidence i_1 et de réflexion i_2 vérifient :

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

Réflexion totale

Dans le cas de la figure où un rayon passe d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent ($n_1 > n_2$), à partir d'une certaine valeur de i_1 , i_2 peut atteindre $\pi/2$. A ce moment là, le rayon réfracté n'existe plus, on parle de réflexion totale.

A partir de la deuxième loi de Descartes de la réfraction, on trouve l'angle $i_{1\ell}$ à partir duquel il y a réflexion totale :

$$i_{1\ell} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

Réfraction limite

Dans l'autre cas, quand le rayon passe d'un milieu moins réfringent à un milieu plus réfringent, l'angle que fait le rayon réfracté i_2 ne peut pas dépasser une certaine valeur correspondant à un angle i_1 de $\pi/2$. On a alors :

$$i_{2\max} = \arcsin \frac{n_1}{n_2}$$

Mirages

On appelle mirages des phénomènes optiques lors desquels la lumière ne semble pas se propager en ligne droite.

Souvent ceci se produit dans les milieux stratifiés, c'est à dire lorsqu'il existe des couches successives dans lesquelles l'indice du milieu varie.