

Interactions

Définition : Absorption

L'*absorption* correspond au transfert d'une partie de l'énergie lumineuse vers le milieu dans lequel la lumière se propage.

Définition : Diffusion

La *diffusion* correspond à la redirection, par le milieu, d'une partie de l'énergie d'un rayon lumineux hors de sa direction principale.

Milieu d'étude

Définition : Milieu transparent, homogène et isotrope

Un milieu est dit *transparent* si l'*intensité lumineuse*, ie l'énergie transportée par la lumière, est *constante au cours de la propagation*.

Il est dit *homogène* si ses propriétés optiques y sont *uniformes*, ie ne dépendent pas de la position dans le milieu.

Il est dit *isotrope* si ses propriétés optiques ne dépendent pas de la direction de propagation de la lumière.

Modèle du rayon lumineux

Modèle du rayon lumineux

On établit le *modèle* du rayon lumineux, sans dimensions, vérifiant trois propriétés fondamentales :

Propagation rectiligne La lumière se propage *en ligne droite* dans un *transparent et homogène*.

Retour inverse Dans un milieu *transparent et isotrope*, le trajet de la lumière est *indépendant du sens de parcours*. Si un certain chemin reliant un point A à un point B peut être parcouru par un rayon, un rayon pourra suivre le même chemin pour aller de B à A.

Indépendance des rayons lumineux Le chemin suivi par un rayon lumineux *ne dépend pas du chemin d'autres rayons lumineux*.

Nature ondulatoire de la lumière

Modèle: nature ondulatoire de la lumière

On peut décrire la lumière comme une onde électromagnétique associée à la propagation d'un champ électrique (noté \vec{E}) et d'un champ magnétique (noté \vec{B}).

Sa vitesse de propagation vaut, pour une propagation dans le vide, $c = 299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ par définition.

Fréquence et longueur d'onde

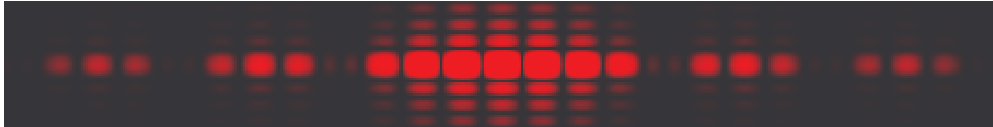
domaine	γ (m)	X (m)	UV (nm)	Visible (nm)			IR (nm)	μ -onde/radio(m)
λ	$\leq 1 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-12} \rightarrow 1e-8$	≤ 400	500	590	630	≥ 750	$\geq 1e-3$
				bleu	jaune	rouge		

Dimension transversale non nulle : diffraction



Diffraction

Le modèle du rayon lumineux n'est pertinent que quand sa plus petite dimension transversale a vérifie $a \gg \lambda$.

Non indépendance des rayons : interférences**Interférences**

Les faisceaux formés par *division d'un même faisceau* ne sont pas indépendants : le modèle des rayons indépendants n'est pas valable en présence d'*interférences*.

Quantification de l'énergie : le photon**Quantification de l'énergie**

L'énergie d'un rayonnement lumineux ne peut pas prendre toutes les valeurs réelles : elle varie par *sauts discrets*, nommés *quanta*. On peut décrire un rayonnement monochromatique de fréquence ν comme formé de *particules* nommées *photons*, d'énergie $E = h\nu$, avec h la *constante de Planck* $h = 6,626\,068\,96(33) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

Retour inverse non vérifié : effet Faraday**Effet Faraday**

En présence d'un *champ magnétique extérieur*, on peut créer des dispositifs dans lesquels la lumière emprunte des chemins différents suivant son sens de parcours.

Dioptre et miroir**Définition : Dioptre et miroir**

On nomme *dioptre* l'interface entre deux milieux optiques aux propriétés optiques différentes.

On nomme *miroir* une surface recouverte d'un mince dépôt métallique réfléchissant.

Coplanarité**1^{re} loi: Coplanarité**

Les rayons I, R et T sont *coplanaires* dans le plan d'incidence \mathcal{P}_1 .

Réflexion**2^e loi: Réflexion**

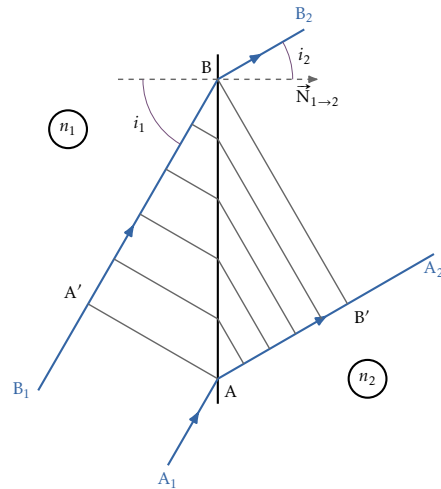
La trajectoire du rayon réfléchi est *symétrique* de celle du rayon incident par rapport au vecteur normal $\vec{N}_{1 \rightarrow 2}$ au dioptre au point d'incidence.

Réfraction**3^e loi: Réfraction et indice**

Un milieu optique transparent homogène et isotrope est caractérisé par un *indice de réfraction* n . Lors de la traversée d'un dioptre séparant un milieu 1 d'indice n_1 d'un milieu 2 d'indice n_2 , les angles *orientés* d'incidence i (rayon I) et de réfraction t (rayon T) vérifient :

$$n_1 \sin i = n_2 \sin t.$$

Retour sur les ondes (HP)



Indice du vide et indice absolu

Définition : Indice absolu

On *définit* l'indice *absolu* d'un milieu par :

- $n = 1$ pour le vide,
- $n_X = \frac{\sin i}{\sin t}$ lors de la réfraction du vide vers un milieu X.

Propriétés

	Bleu $\lambda_0 = 486,1 \text{ nm}$	Vert $\lambda_0 = 589,0 \text{ nm}$	Rouge $\lambda_0 = 656,3 \text{ nm}$
Verre Crown	1,523	1,517	1,514
Verre Flint	1,585	1,575	1,571
Diamant	2,435	2,417	2,410
Eau	1,338	1,333	1,331
Air (20°C 1 bar)	1,000293		

Dispersion

Définition : Dispersion

Un milieu optique est dit *dispersif* si son indice de réfraction *varie avec la longueur d'onde*.

Loi de Cauchy

La *loi de Cauchy* (1836) donne, pour le visible, les variations de l'indice d'un milieu transparent avec la longueur d'onde dans le vide notée λ_0 :

$$n = n_0 + \frac{A}{\lambda_0^2} \quad A > 0.$$

En optique physique

Indice et vitesse de la lumière

La vitesse, notée v_n , de la lumière dans un milieu d'indice n est différente de sa vitesse dans le vide c . L'indice absolu n d'un milieu représente le quotient $n = \frac{c}{v_n}$.

Déviation

Déviation à la réfraction

Lors de la réfraction d'un milieu 1 vers un milieu 2 plus (resp. moins) réfringent, le rayon réfracté se rapproche (resp. s'éloigne) de la normale au dioptre.

Réflexion totale

Définition : Réflexion totale

Lors de la réfraction vers un milieu *moins réfringent*, il n'y a pas de rayon réfracté si l'angle d'incidence est *supérieur* à l'*angle de réfraction limite* i_ℓ tel que :

$$\sin i_\ell = \frac{n_2}{n_1}.$$

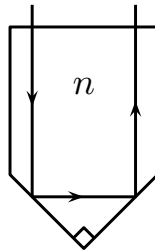
On dit qu'il y a *réflexion totale*.

Exercice : prisme à réflexion totale**Définition : Prisme optique**

Un prisme optique est un milieu réfringent transparent, homogène et isotrope délimité par deux dioptries formant un dièdre.

1. On considère le prisme de la figure ci-contre, d'indice n , dont la pointe forme un angle de 90° .

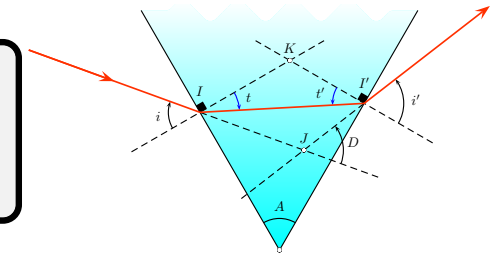
Le prisme est plongé dans l'air d'indice $n_0 \simeq 1,000$. On constate qu'un rayon lumineux arrivant sous incidence normale ressort du prisme parallèlement à lui-même après avoir subi deux réflexions totales sur les faces de la pointe. En déduire que l'indice du prisme doit être supérieur à une valeur n_{min} .



2. La pointe du prisme est maintenant plongée dans de l'eau, d'indice $n_1 = 1,33$.
- La direction du rayon émergent du prisme par la face supérieure est-elle modifiée ?
 - On constate qu'il n'y a maintenant plus réflexion totale : on observe des rayons émergents dans l'eau. En déduire que l'indice du prisme est inférieur à une autre valeur n_{max} .
 - Déterminer la direction des rayons émergents dans l'eau pour $n = 1,52$. Réaliser un schéma des différentes réflexions et réfractions.
 - Quelle caractéristique du rayon émergent par la face supérieure est-elle modifiée quand le prisme est plongé dans l'eau ? Proposer une utilisation de ce dispositif comme détecteur de niveau d'eau.

Propriété fondamentale**Déviation vers la base**

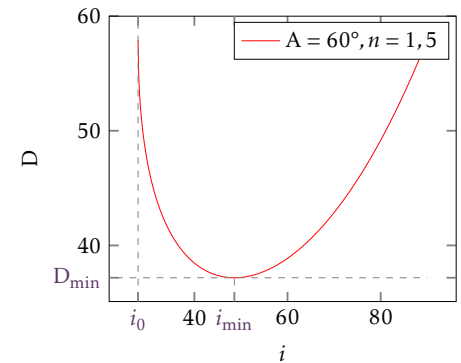
Un prisme plongé dans un milieu moins réfringent que le matériau dont il est constitué dévie les rayons lumineux *vers sa base*.

**Minimum de déviation**

La déviation D passe par un minimum en fonction de i (animation du prisme)

Minimum de déviation

Au minimum de déviation d'un prisme, on a $i = i' = i_m$ et $t = t' = t_m$.

**Illustration qualitative : mirages****Loi de Gladstone**

Soit un fluide de masse volumique ρ et d'indice de réfraction n . Le quotient :

$$\frac{n-1}{\rho},$$

est constant lors des variations de masse volumique.

Modélisation

Équation différentielle de la trajectoire

$$\frac{dx}{dz} = \frac{n_0 \sin i_0}{\sqrt{n^2(z) - n_0^2 \sin^2(i_0)}}$$

Indispensable

- les 3 lois de Snell-Descartes *avec les schémas*
- réfringence et éloignement/rapprochement de la normale
- réflexion totale
- calculs : formules du prisme et indice variable pas au programme, à s'entraîner
- interprétation ondulatoire pas au programme