

# Manipuler la lumière

## I – Manipuler la lumière pour seulement la dévier

La lumière est composée de *photons*, particules :

- de masse rigoureusement nulle
- de quantité de mouvement  $p = \frac{h\nu}{c}$
- d'énergie  $E = h\nu$   
où  $h$  est la constante de Planck :  $h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Pour une onde sinusoïdale, nous pouvons définir :

- la *fréquence* des oscillations, notée  $\nu$  en Hertz (Hz)
- la vitesse de propagation, appelée *célérité* notée  $v$  (m.s<sup>-1</sup>)
- la *longueur d'onde*, longueur parcourue durant une période :  $\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$  (m)

LOI La célérité de la lumière dépend du milieu traversé.

L'*indice optique*  $n$  d'un milieu est défini par  $n = \frac{c}{v}$  où :

- $c = 299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  est la célérité de la lumière dans le vide
- $v$  est la célérité de la lumière dans le milieu considéré

LOI L'indice optique caractérise la *réfringence* d'un milieu.

LOI Rien ne peut aller plus vite que la propagation de la lumière dans le vide.  
Tout indice optique  $n$  est tel que  $n \geq 1$ .

Quelques valeurs :

- $n_{\text{vide}} = 1$
- $n_{\text{air}} = 1 + 3 \cdot 10^{-4} \simeq n_{\text{vide}}$
- $n_{\text{eau}} = 1,33$
- $n_{\text{verre}} = 1,5$

Pour le domaine visible :

LOI

$$400 \text{ nm} \lesssim \lambda_0 \lesssim 800 \text{ nm}$$

LOI

Longueur d'onde du laser Helium – Néon de TP : 632,8 nm.  
Longueur d'onde du doublet du sodium : 589 nm

LOI

La lumière est allée au plus vite.

DÉF

Un milieu *homogène* est un milieu qui est en chaque point le même : même température, même indice optique, même masse volumique, ...

DÉF

Un milieu *isotrope* est un milieu qui a les mêmes propriétés quel que soit la direction.

LOI

Dans un milieu homogène, la lumière se propage en ligne droite.

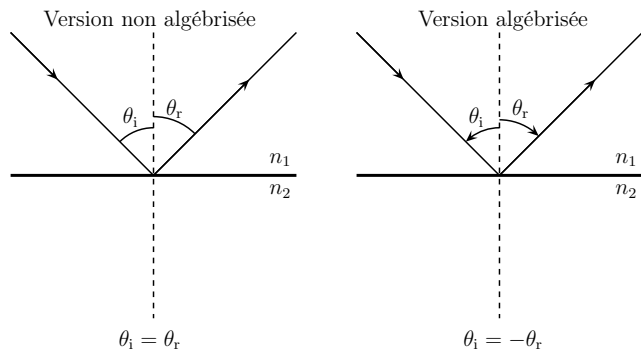
DÉF

Le plan défini par le rayon incident et la normale au plan de séparation au point où le rayon incident arrive est appelé *plan d'incidence*.

LOI

Le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence.

Le rayon réfléchi et le rayon incident sont situés de part et d'autre de la normale dans le plan d'incidence et forment avec la normale des angles égaux.



LOI

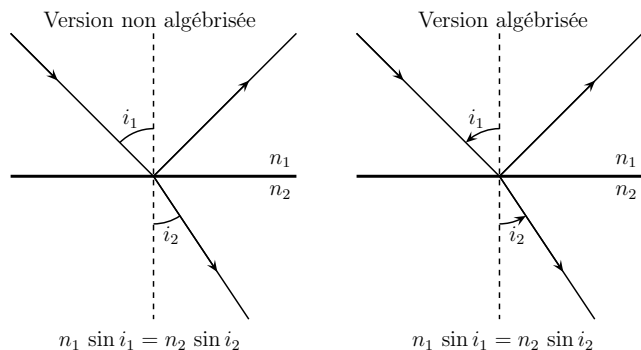
LOI

LOI

En optique géométrique, il y a **toujours** un rayon réfléchi.

Le rayon réfracté est dans le plan d'incidence.

Le rayon réfracté et le rayon incident sont situés de part et d'autre de la normale dans le plan d'incidence et forment avec la normale des angles dépendant de l'indice du milieu.



LOI

LOI

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

Quand il y a réfraction, il y a toujours réflexion en même temps : l'énergie du rayon incident est partagée (pas forcément de manière équitable) entre le rayon réfléchi et le rayon réfracté.

LOI

DÉF

Il y a *réflexion totale* lorsque toute l'énergie du rayon incident est renvoyée dans le rayon réfléchi.

LOI

Il ne peut **jamais** y avoir réfraction totale en optique géométrique.

LOI

Lorsqu'un rayon lumineux traverse un milieu réfringent  $n_1$  et arrive sur un milieu moins réfringent  $n_2$ , il y a réflexion totale lorsque l'angle d'incidence est supérieur à un angle limite  $\theta_0$ .

LOI DE CAUCHY

La plupart des matériaux sont tels que l'indice dépend de la longueur d'onde de la manière suivante :

LOI

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

avec  $A$  et  $B$  des constantes positives et  $\lambda$  la longueur d'onde dans le vide.

LOI

L'indice est d'autant plus faible que la longueur d'onde est élevée.

DÉF

Le *prisme* est un coin de matériaux dont l'utilité est de séparer les différentes longueurs d'ondes contenues dans une lumière.

DÉF

L'ensemble des longueurs d'ondes contenues dans une lumière s'appelle le *spectre* de la lumière.

DÉF

L'angle que forment le rayon incident et le rayon émergent du prisme est appelé *angle de déviation*.

LOI

Pour observer un rayon émergent, il faut que le rayon initial arrive avec une incidence rasante.

LOI

Le rouge est le moins dévié par le prisme.

LOI Le minimum de déviation est atteint lorsque l'angle d'incidence et le dernier angle de réfraction sont égaux.

## II – Manipuler la lumière pour voir des choses

DÉF *Un système optique* est un ensemble de composants transparents ou réfléchissant admettant de la lumière par une *face d'entrée* et la faisant ressortir par une *face de sortie*.

DÉF Lorsque la face d'entrée et la face de sortie sont confondues, le système optique est dit *mince*.

DÉF Un système optique est dit *centré* lorsque ses propriétés optiques restent inchangées par une rotation autour d'un axe particulier appelé *axe optique*.

LOI *Objet et image* sont des notions relatives à un système optique : l'objet permet de parler de la lumière rentrant dans le système optique, l'image, de la lumière en sortant.

DÉF Un point est dit *point objet* pour un système optique si un faisceau lumineux entrant a pour sommet ce point.

DÉF Un point est dit *point image* pour un système optique si un faisceau lumineux sortant a pour sommet ce point.

DÉF Lorsque le faisceau de lumière correspondant à un point objet donne lieu, après passage par un système optique, à un faisceau lumineux correspondant à un point image, les points objet et image sont dits *conjugués*.

DÉF Un faisceau de lumière parallèle, qu'il soit rentrant ou sortant, correspond à un *point à l'infini*.

DÉF Un faisceau de lumière divergeant lors de son entrée dans le système optique correspond à un *objet réel*.

DÉF Un faisceau de lumière convergeant lors de son entrée dans le système optique correspond à un *objet virtuel*.

DÉF Un faisceau de lumière divergeant lors de sa sortie dans le système optique correspond à un *image virtuelle*.

DÉF Un faisceau de lumière convergeant lors de sa sortie dans le système optique correspond à un *image réelle*.

DÉF Le *foyer principal objet* est le point sur l'axe optique dont le point image est à l'infini.

DÉF Le *foyer principal image* est le point image d'un point objet situé à l'infini dans la direction de l'axe optique.

DÉF Un *foyer secondaire objet* est un point qui n'appartient pas à l'axe optique et dont le point image est à l'infini.

DÉF Un *foyer secondaire image* est un point image d'un point objet à l'infini qui n'est pas dans la direction de l'axe optique.

DÉF Un système optique est dit *afocal* si le point conjugué de l'infini est un point à l'infini.

DÉF Une image est dite *rigoureusement stigmatique* si **tous** le faisceau issu du point objet et traversant le système optique donne un faisceau dont le sommet est l'image.

DÉF Le stigmatisme d'une image est dit *approché* lorsque les rayons lumineux définissant l'image se croisent dans une zone restreinte de l'espace.

DÉF Un système optique est dit *aplanétique* lorsque les images de points situés dans un plan perpendiculaire à l'axe optique sont dans un plan perpendiculaire à l'axe optique.

DÉF Lorsque toutes les images de points dans un plan  $\mathcal{P}$  sont situées dans un plan  $\mathcal{P}'$ , les plans  $\mathcal{P}$  et  $\mathcal{P}'$  sont dits *conjugués*.

Des rayons lumineux sont dits *paraxiaux* s'ils sont :

- DÉF → proches de l'axe optique  
 → faiblement incliné par rapport à l'axe optique

DÉF Un rayon lumineux respecte les *conditions de GAUSS* lorsqu'il est paraxial.

LOI Tout système optique centré qui fonctionne dans les conditions de GAUSS est aplanétique et stigmatique.

LOI Le grandissement transversal d'un couple objet / image conjugué par un système optique fonctionnant dans les conditions de GAUSS ne dépend pas de la taille de l'objet.

LOI Le miroir plan est le seul système optique à être parfaitement stigmatique quel que soit le point objet.

DÉF La *dioptre plan* est une surface plane qui sépare deux milieux d'indice optique différents.

La relation de conjugaison pour un dioptre plan où les rayons lumineux passent du milieu d'indice  $n$  au milieu d'indice  $n'$  est :

LOI 
$$\frac{n'}{HA'} = \frac{n}{HA}$$

où  $A$  et  $A'$  sont les points objet et image et  $H$  le projeté orthogonal de  $A$  sur le dioptre plan.

DÉF L'*aberration géométrique* est une dégradation de la qualité de l'image (forme ou netteté) due à une utilisation hors GAUSS d'un système optique.

DÉF L'*aberration chromatique* est une dégradation de la qualité d'une image par apparition d'irisations due à l'effet dispersif du matériau constituant la lentille.