

PHYSIQUE – OPTIQUE

CHAPITRE 1

Lois de l'optique géométrique

- Introduction
- Propriétés de la lumière
- Lois de Snell-Descartes
- Exemples

OPTIQUE = Optiké + tekhné

(Vision)

(Technique)

Optique (Larousse) : science qui traite des lois de la lumière et des phénomènes de la vision ainsi que des phénomènes mettant en jeu des rayonnements présentant des analogies avec la lumière



Plusieurs approches théoriques

- Optique géométrique
- Optique ondulatoire
- Optique quantique

Histoire de l'optique – Antiquité

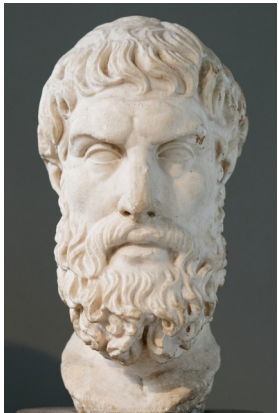
Approche phénoménologique et géométrique

Euclide ~ -300

1^{ère} notion de rayon lumineux



Deux écoles :



« Intramissionniste »
les objets émettent de la lumière
Epicure (-342 – -270)

« Extramissionnistes »
les yeux projettent un flux

Ptolémée (90 – 168)

Table de l'angle de réfraction à l'interface air/eau
Compromis entre les intra et extramissionniste



INTRODUCTION – Histoire de l'optique

Époque médiévale et renaissance



Alhazen (965 – 1039)

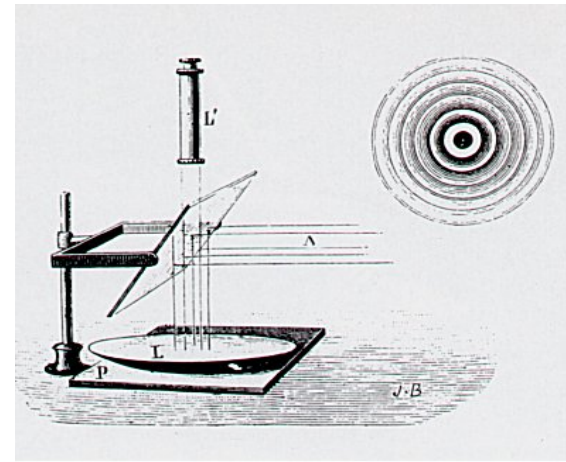
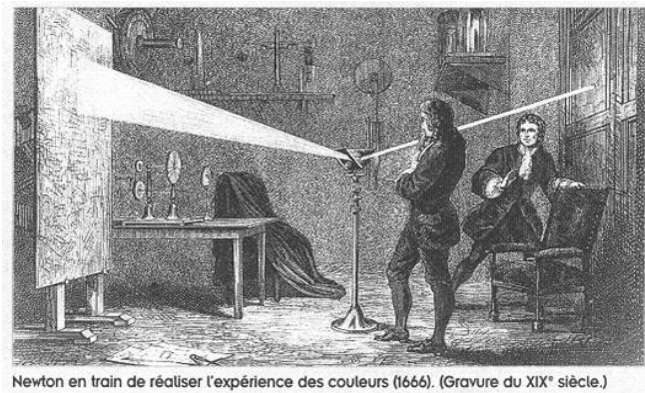
L'œil est le récepteur (absence de vision nocturne)

Soleil → objets → œil

Newton (1643 – 1727) : Lumière = jet de lumière qui rebondisse sur les surfaces

Mise en évidence spectre lumineux (dispersion par un prisme)

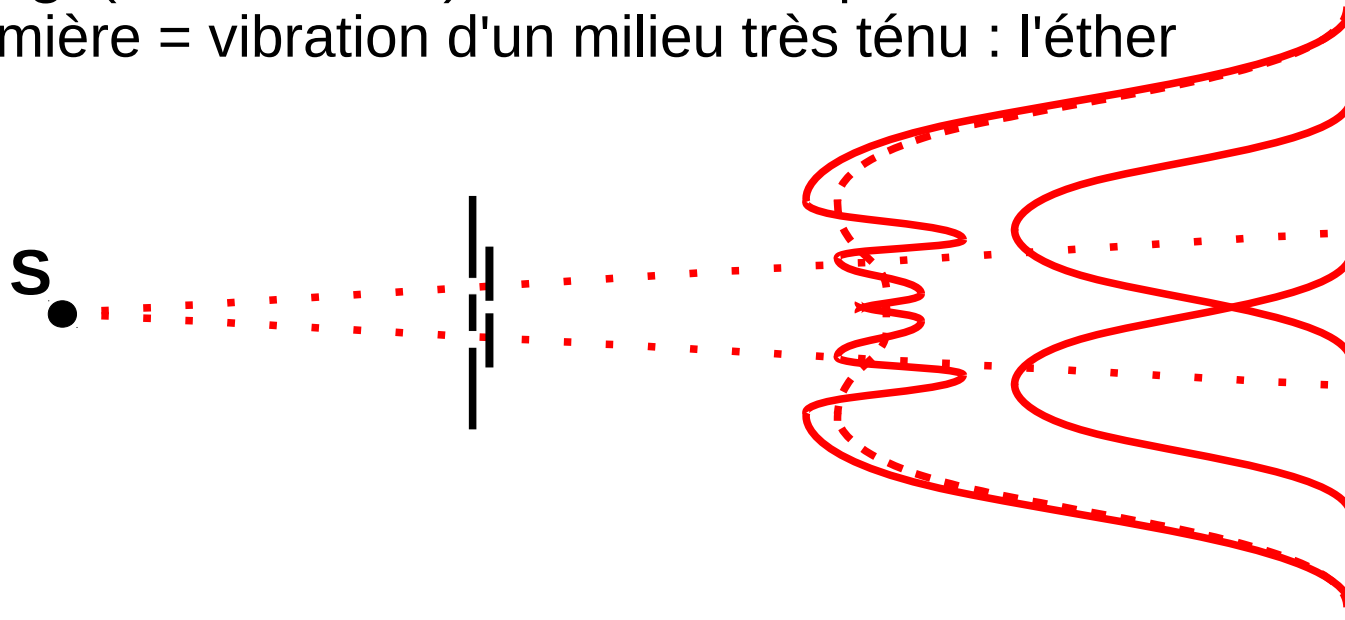
Anneau de Newton



Huygens (1629 – 1695) : Nature ondulatoire du phénomène

Histoire de l'optique – 19^e siècle : Théorie ondulatoire

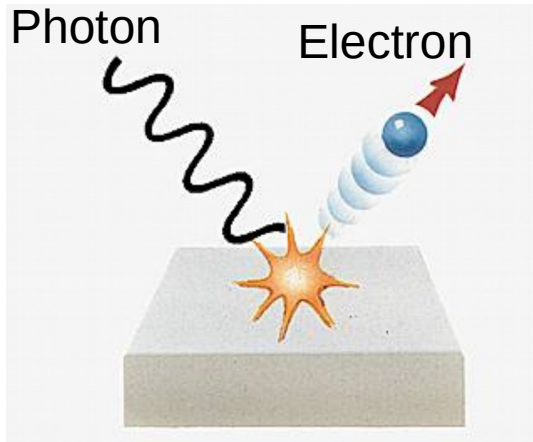
Thomas Young (1773 – 1829) : nouvelles expériences d'interférence.
Lumière = vibration d'un milieu très ténu : l'éther



James Clerk Maxwell (1831 – 1879) : uniformisation optique et électricité
→ onde électromagnétique

$$\left\{ \begin{array}{l} \operatorname{div} \vec{D} = \rho \\ \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \operatorname{div} \vec{B} = 0 \\ \operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \end{array} \right.$$

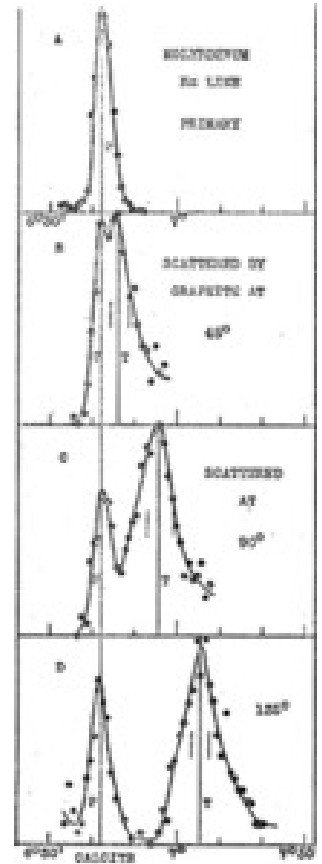
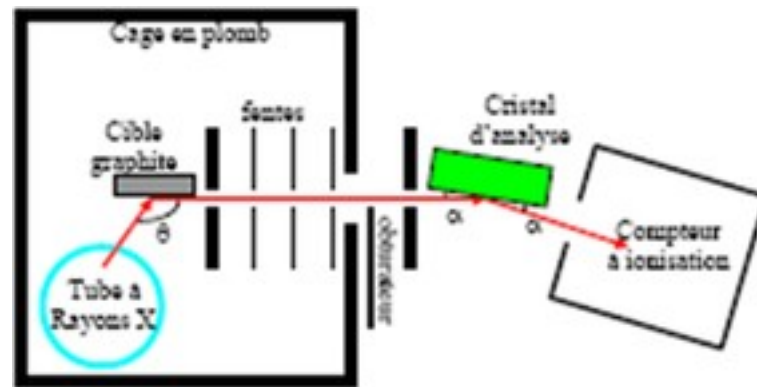
20^e siècle – Vers la dualité onde-corpuscule



Fin 19^e siècle effet photoélectrique

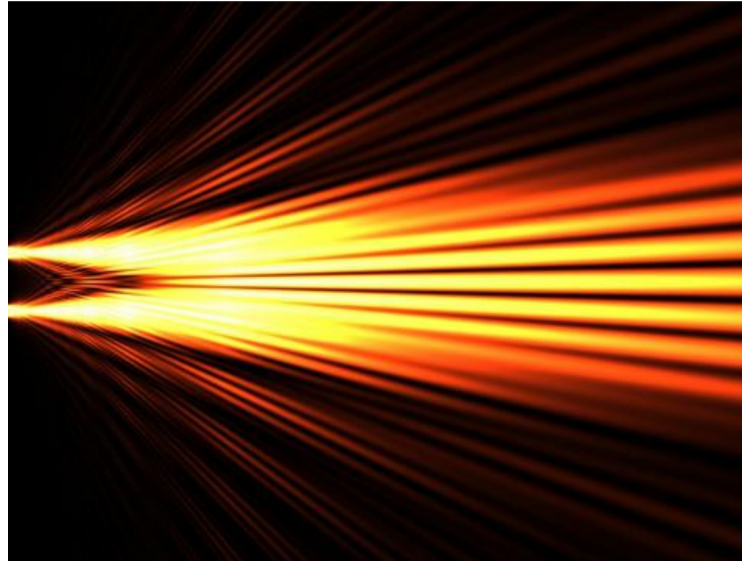
1905 : Einstein émet l'hypothèse des photon

1924 : Photons mis en évidence (effet Compton)



Optique ondulatoire :

lumière = onde / rayonnement électromagnétique



$$\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$$

\vec{E}_0 amplitude de l'onde
 ω pulsation de l'onde

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T} \quad \left\{ \begin{array}{l} \nu \text{ fréquence en Hz} \\ T \text{ période en s} \end{array} \right.$$

Propagation dans le vide et spectre de la lumière

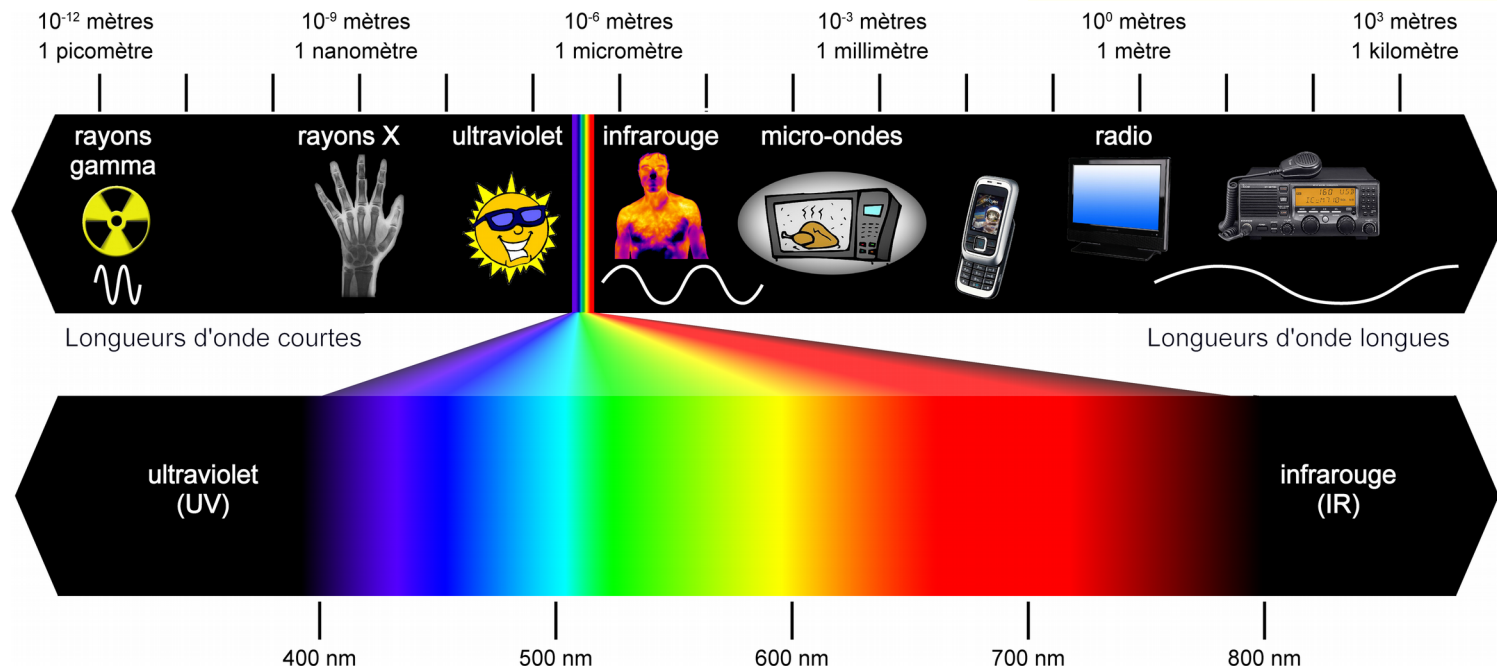
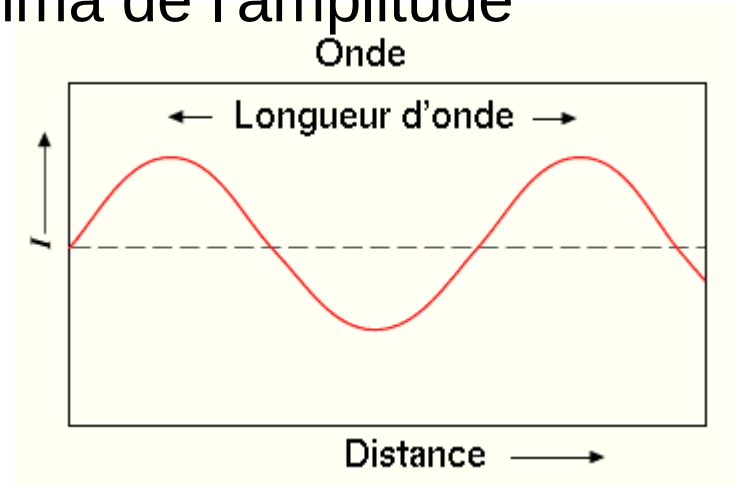
Longueur d'onde : distance entre deux maxima de l'amplitude

Dans le vide :

$$\lambda = c T = \frac{c}{\nu}$$

Célérité de la lumière (vide) :

$$c = 299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$



Propagation dans un milieu

Indice optique : la vitesse de propagation de la lumière dépend du milieu

$$n = \frac{c}{v} \quad (c > v \Rightarrow n \geq 1)$$

n sans unité

v vitesse de la lumière dans le milieu

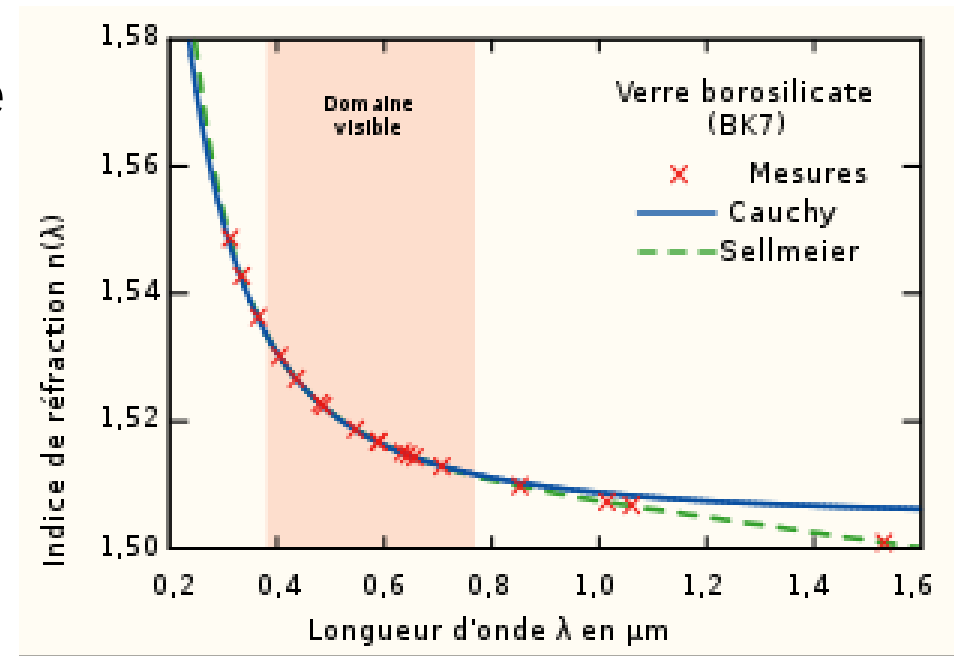
vide	1
eau	1,33
verre	1,52

Matériau dispersif :

l'indice dépend de la longueur d'onde

Modèle de Cauchy :

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



Optique géométrique :

Lumière = Rayons/Faisceaux lumineux

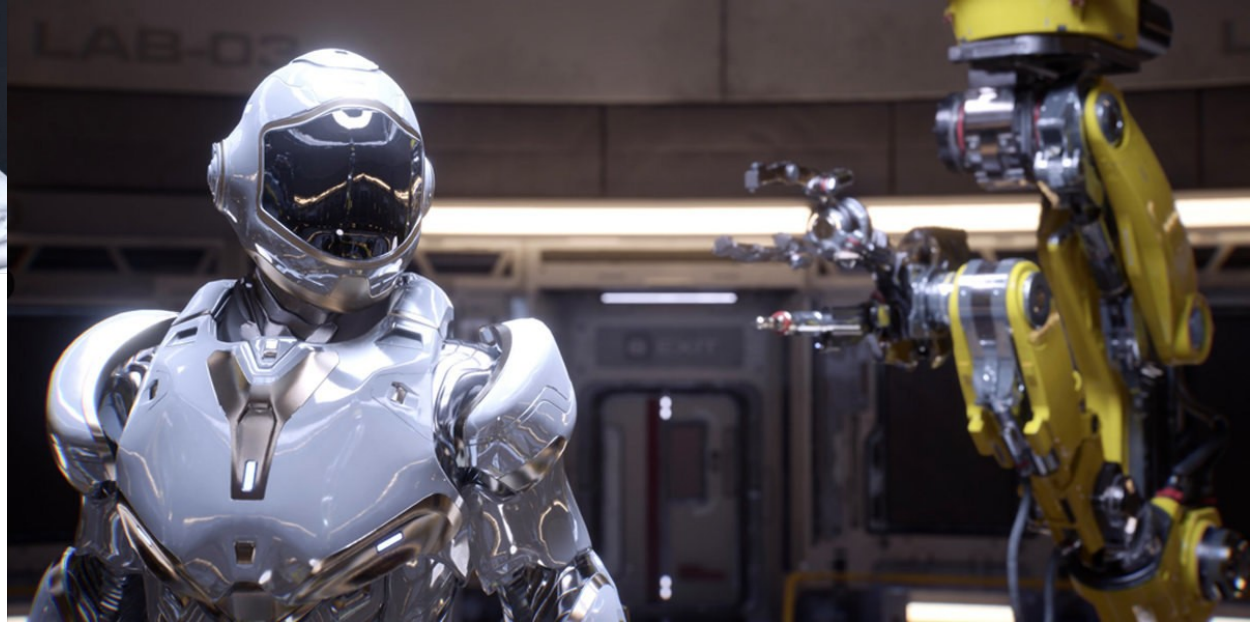
Lois déterminées par construction géométrique des rayons

Echelle de tailles

$$L \gg \lambda$$

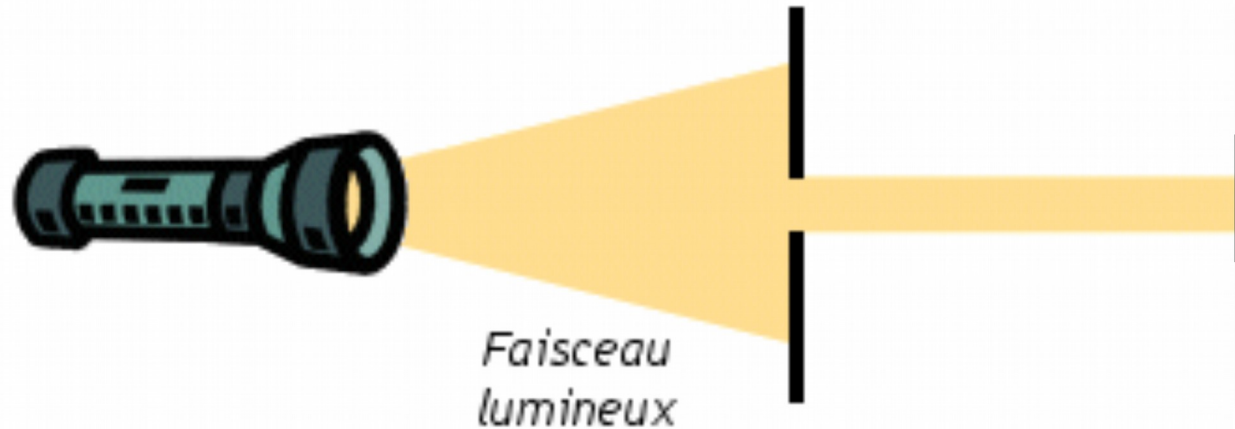


Optique géométrique : applications actuelles



Principes fondamentaux

- Les faisceaux lumineux peuvent être décomposés en une infinité de rayons lumineux que l'on peut étudier de manière indépendante



- Les rayons lumineux se propagent en ligne droite dans les milieux homogènes
- Principe du retour inverse : Si la lumière se propage d'un point A vers un point B ou de B vers A, elle emprunte la même trajectoire
- La lumière suit le trajet de plus courte durée

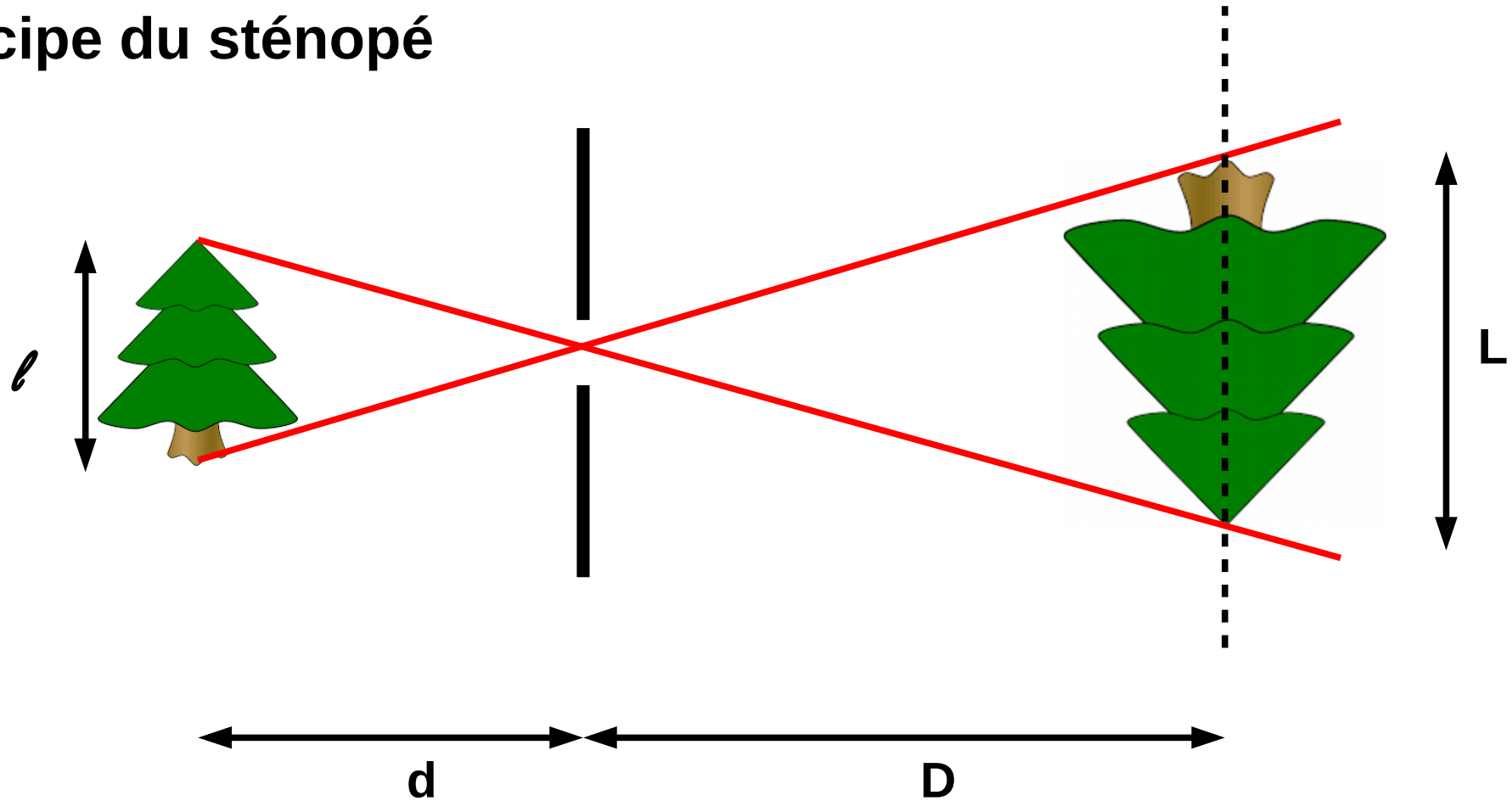
Source : désigne tout dispositif émettant ou diffusant de la lumière

Système optique : ensemble d'éléments optiques, tels que des miroirs, des lentilles, des réseaux de diffraction, etc. permettant de modifier la trajectoire des rayons lumineux ou les propriétés de la lumière

Objet : Pour un système optique donné, les rayons incidents proviennent des points formant l'objet

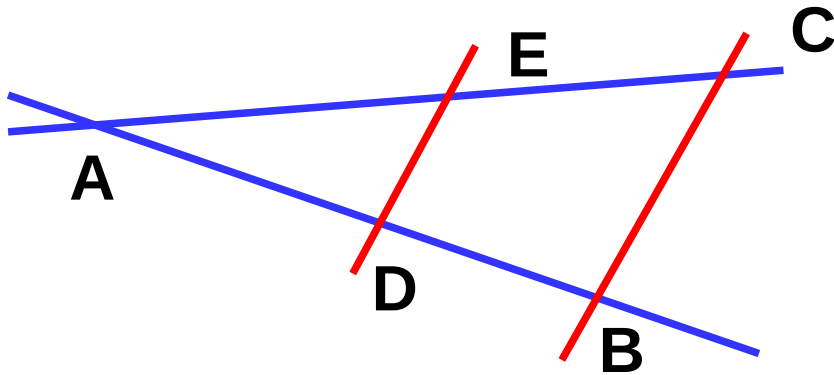
Image : les rayons issus des points objets traversent le système optique pour former l'image

Principe du sténopé

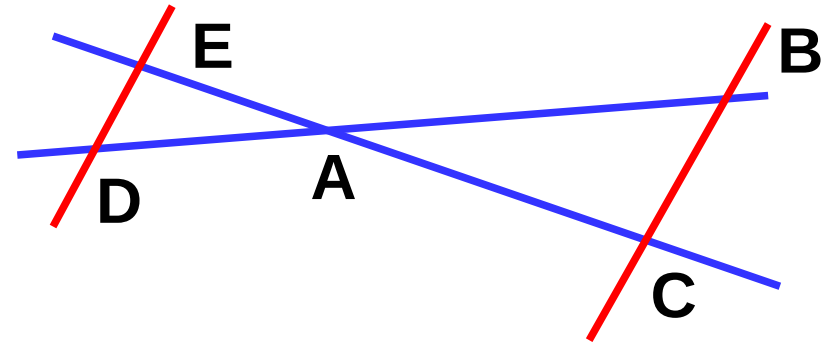


Rappel : le théorème de Thalès :

Permet de calculer des longueurs dans certaines figures géométriques



ou



Nécessite la présence de deux **droites sécantes** coupées par deux **droites parallèles**.

$$\frac{AD}{AB} = \frac{AE}{AC} = \frac{DE}{BC}$$

Lois de Snell-Descartes : Problématique

Dioptre = interface entre deux milieux transparents, homogènes et isotropes

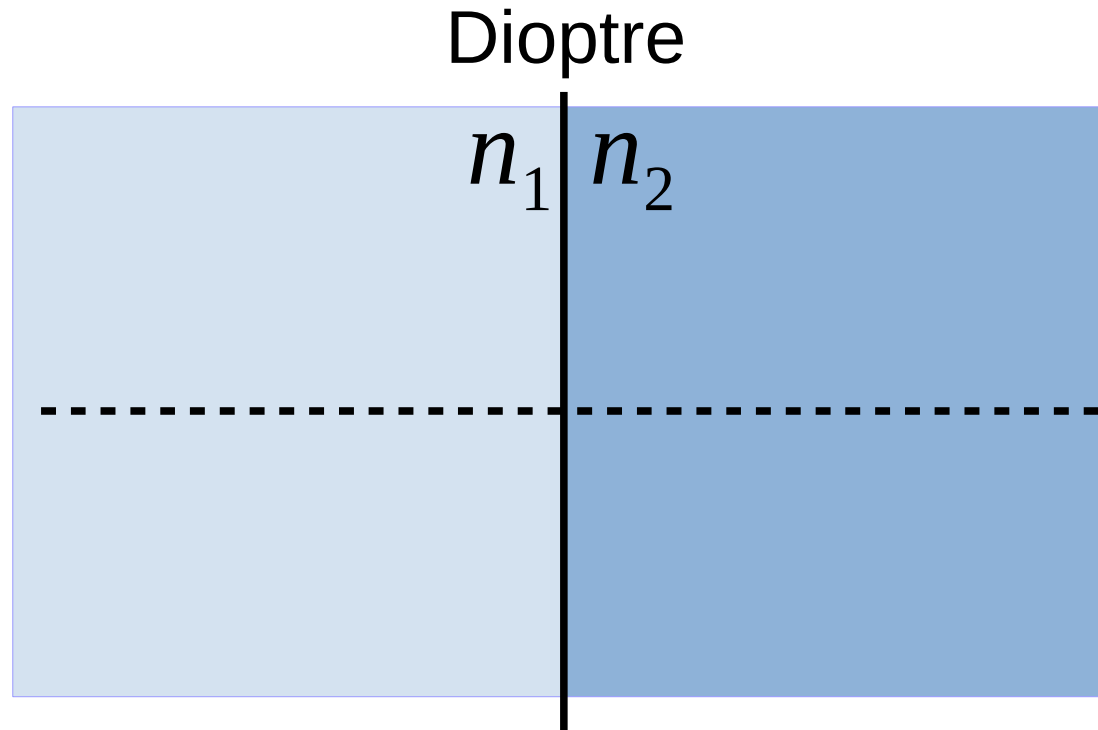
Transparent : le terme transparent fait référence ici à un milieu non absorbant.

Homogène : les propriétés du milieu sont les mêmes en tout point de l'espace.

Isotrope : les propriétés du milieu sont les mêmes dans toutes les directions.



Lois de Snell-Descartes : Problématique



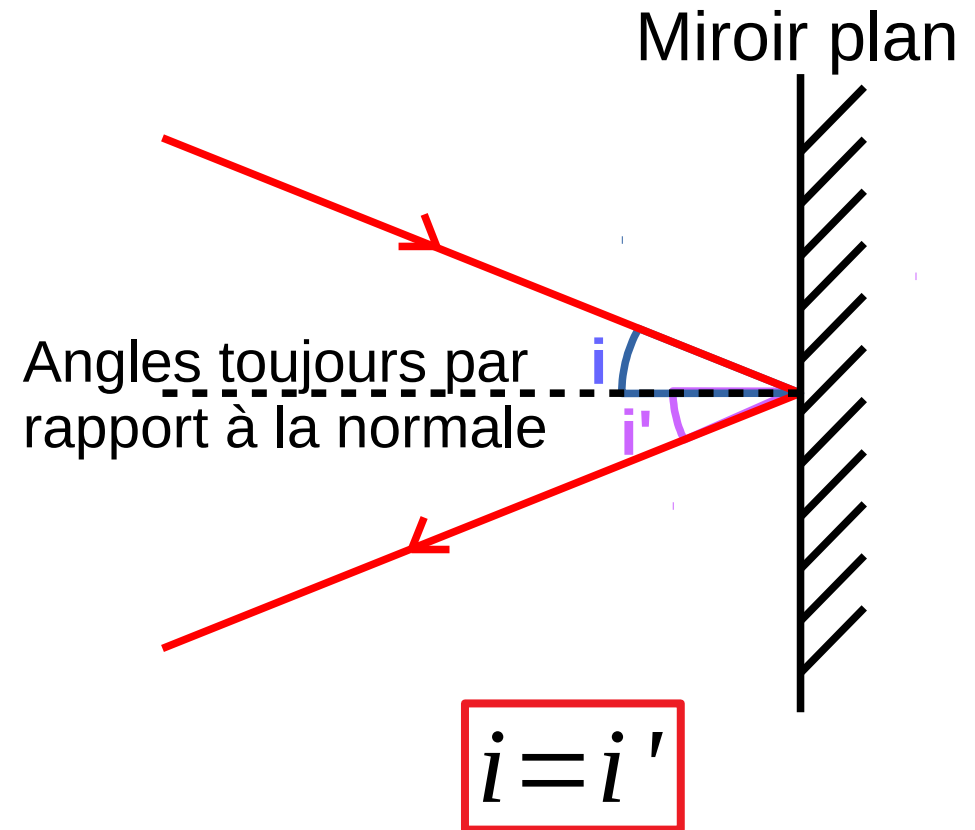
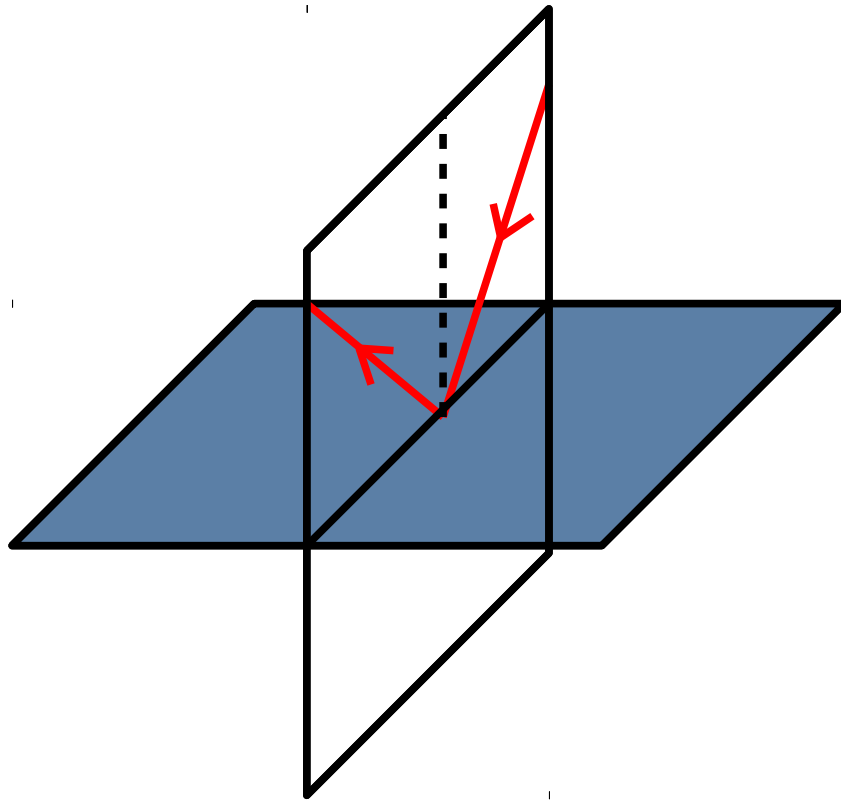
La question est de savoir quelle trajectoire va emprunter la lumière pour aller d'un point A vers un point B ?

Principe de Fermat :

La lumière se propage d'un point à un autre de façon à minimiser le temps de trajet

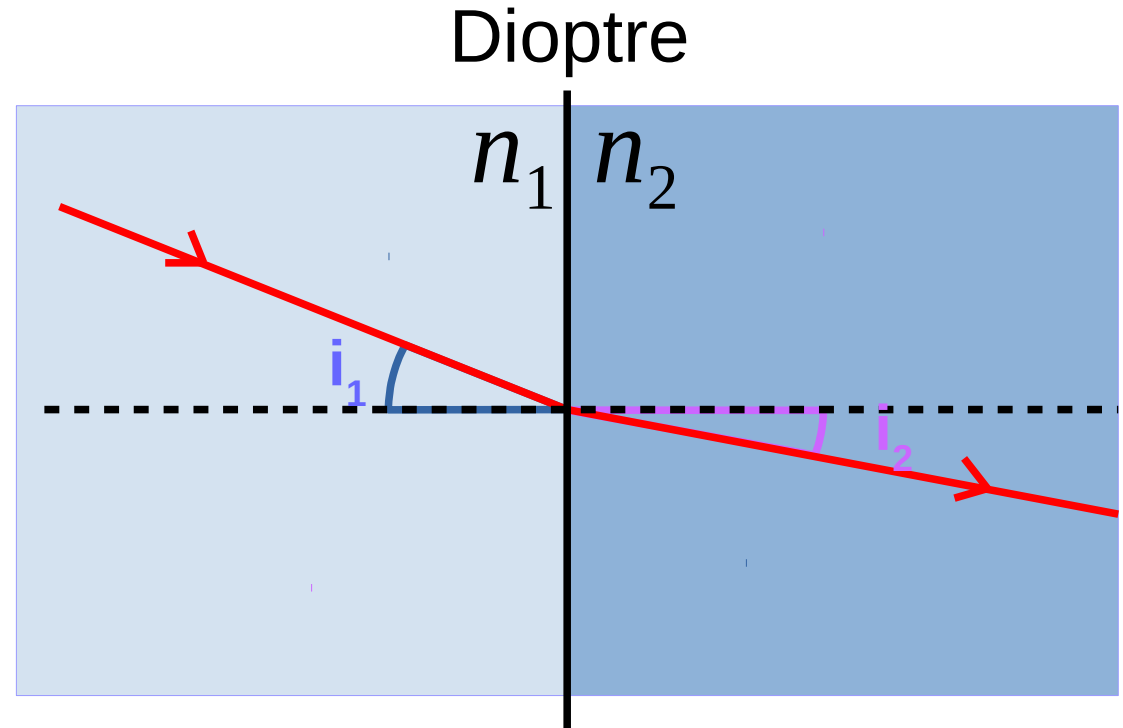
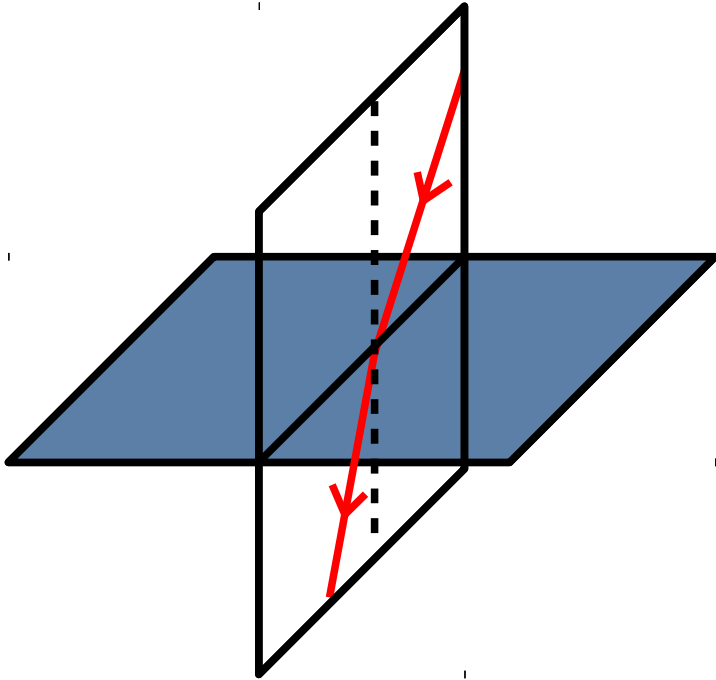
Lois de Snell-Descartes : la réflexion

La réflexion s'effectue toujours dans le plan d'incidence



Les angles d'incidence i et de réflexion i' sont identiques

Lois de Snell-Descartes : la réfraction



Le rayon réfracté appartient au plan d'incidence

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

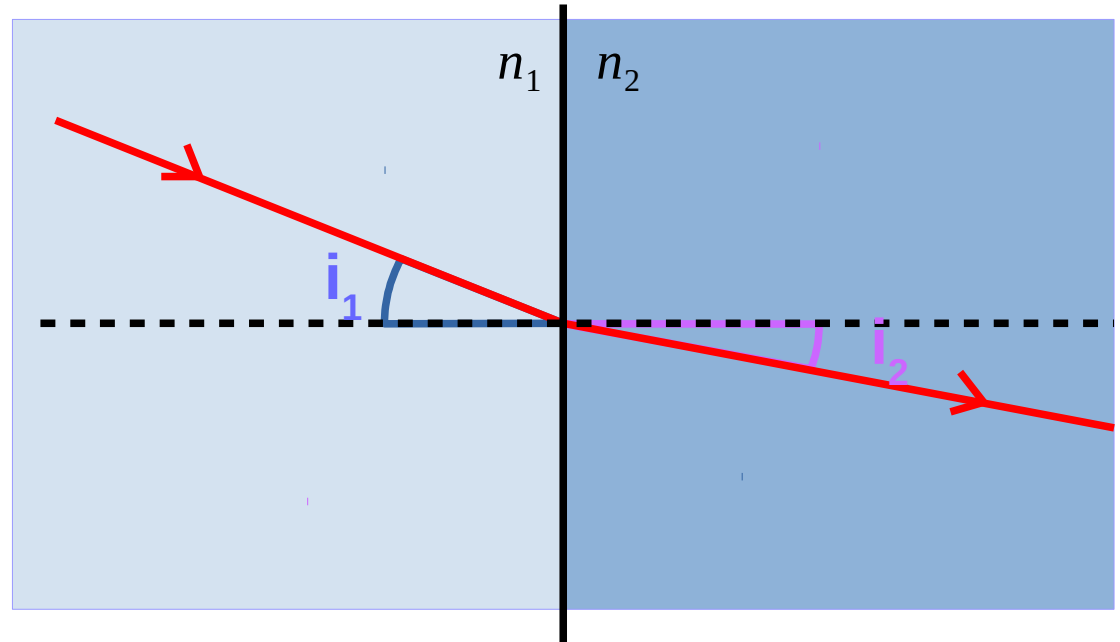
Cas d'un milieu plus réfringent – Réfraction limite

Milieu 2 plus réfringent que le milieu 1 : $n_2 > n_1$

$$\Rightarrow \sin i_1 = \frac{n_2}{n_1} \sin i_2$$

$$\Rightarrow \sin i_1 > \sin i_2$$

$$\Rightarrow i_1 > i_2$$



Angle de réfraction limite :

$$\text{Si } i_1 = 90^\circ \Rightarrow i_{2\text{lim}} = \arcsin \frac{n_1}{n_2}$$

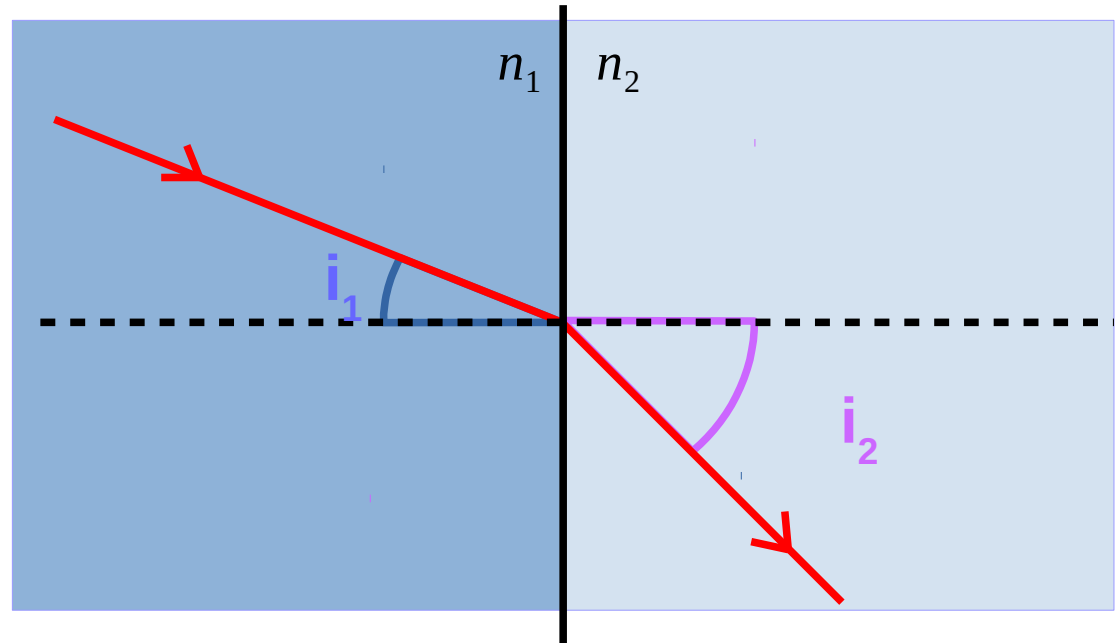
Cas d'un milieu moins réfringent – Réflexion totale

Milieu 2 moins réfringent que le milieu 1 : $n_2 < n_1$

$$\Rightarrow \sin i_1 = \frac{n_2}{n_1} \sin i_2$$

$$\Rightarrow \sin i_1 < \sin i_2$$

$$\Rightarrow i_1 < i_2$$



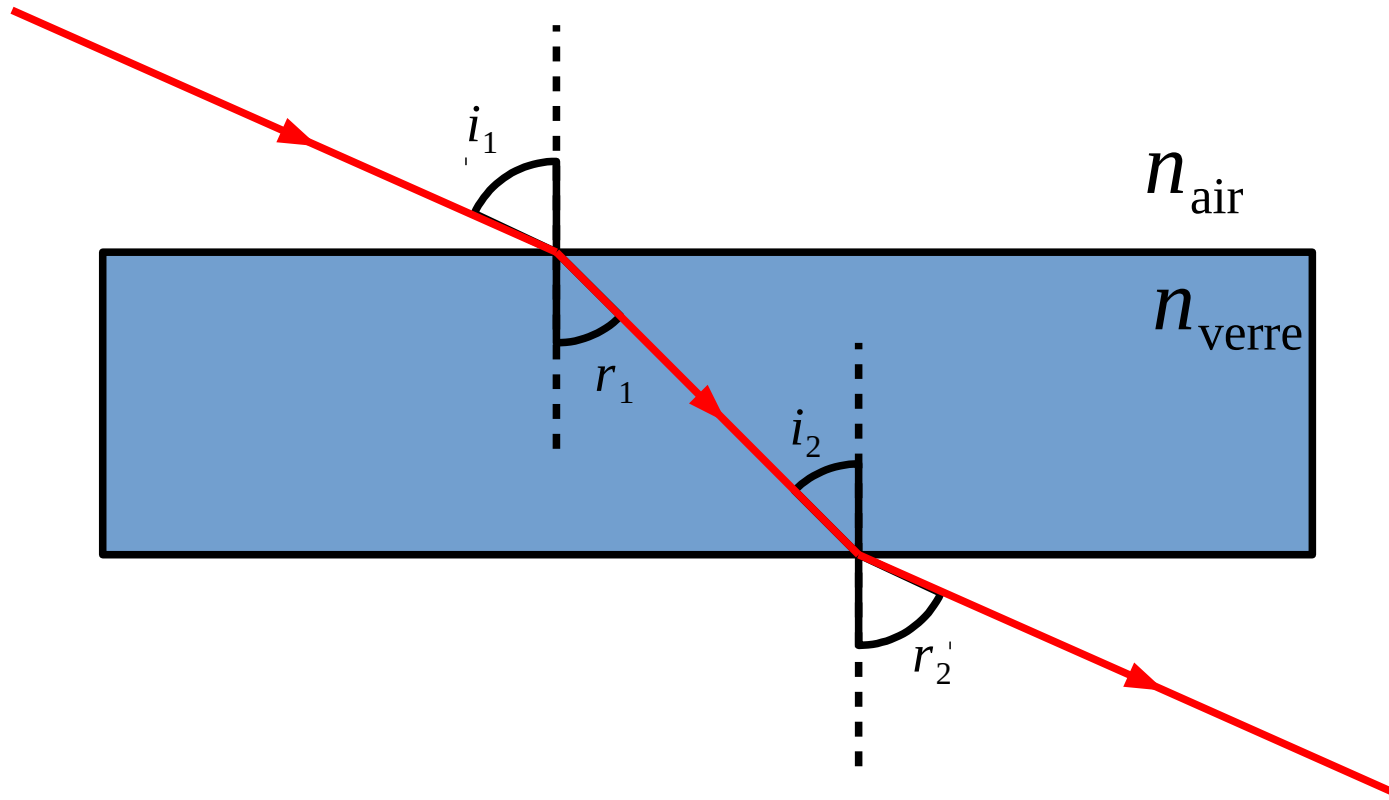
Angle de réflexion totale :

$$\text{Si } i_2 = 90^\circ \Rightarrow i_{1\text{lim}} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

Si $i_1 > i_{1\text{lim}}$, plus de réfraction possible : réflexion totale

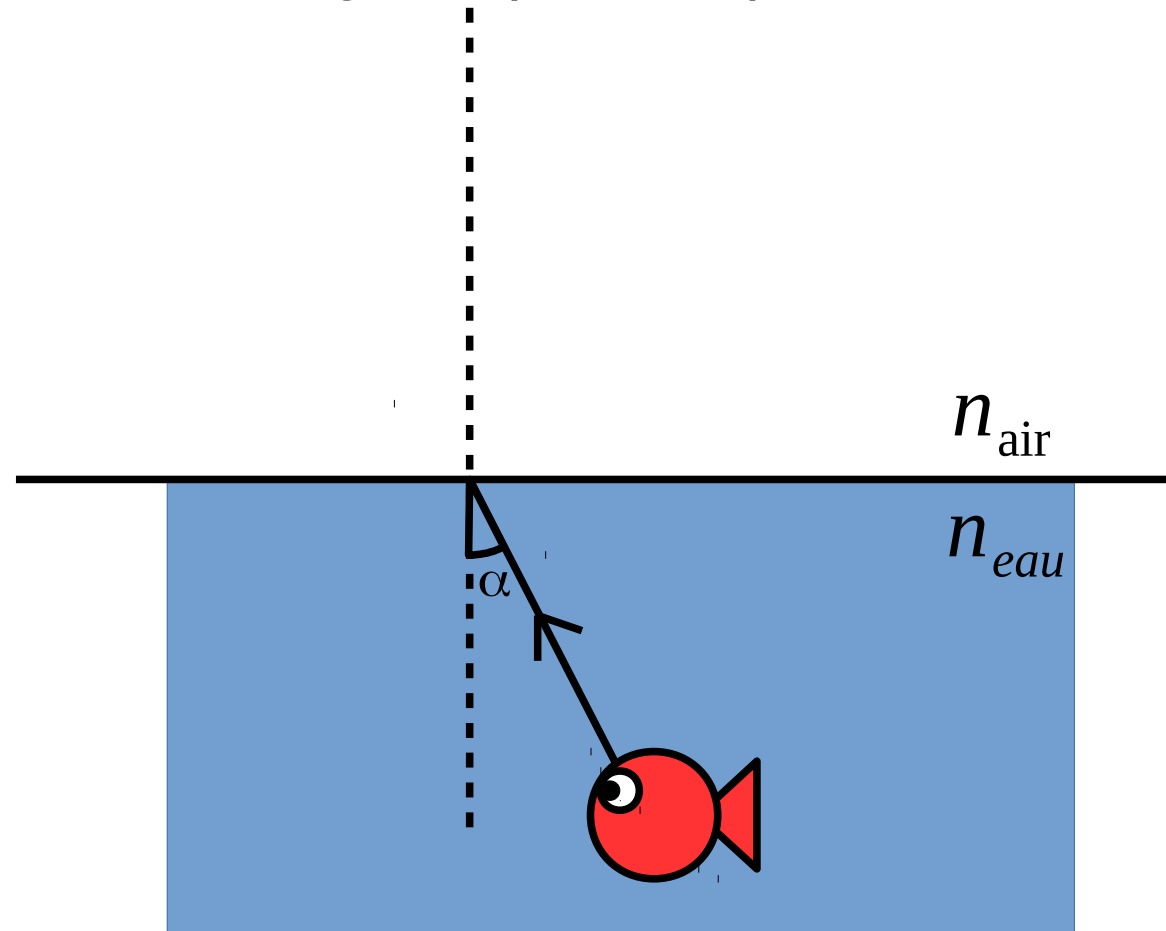
Exemple 1 – lame à face parallèle

Déterminer r_2 en fonction de i_1 , n_{air} et $n_{text{verre}}$



Exemple 2 – Le petit poisson dans l'eau... nage... nage...

Retrouver la position de l'image du poisson par l'interface air/eau



Exemple 2 – ... jusqu'à...

