

LES LOIS DE SNELL-DESCARTES

Mme Micard
Lycée Raspail

Hypothèse de l'optique géométrique

L'optique géométrique suppose que la longueur caractéristique ℓ des variations des propriétés physiques du milieu (indice optique, transmission...) est très supérieure à la longueur d'onde de la radiation : $\ell \gg \lambda$.

Dans ces conditions, le trajet d'un rayon lumineux est indépendant de ceux des autres rayons lumineux, les phénomènes de diffraction et d'interférences ne sont pas visibles.

Indice optique du milieu

La vitesse de la lumière dans le vide $c = 3,0 \times 10^8$ m/s est une limite supérieure à la vitesse de propagation de l'information. Dans un milieu transparent autre que le vide, la lumière aura une vitesse inférieure à cette borne supérieure.

Le rapport entre la vitesse v de la lumière dans un milieu matériel et la vitesse de la lumière dans le vide est l'**indice de réfraction** n .

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

L'indice de réfraction est toujours supérieur ou égal à 1.

Un milieu est dispersif si n dépend de λ .

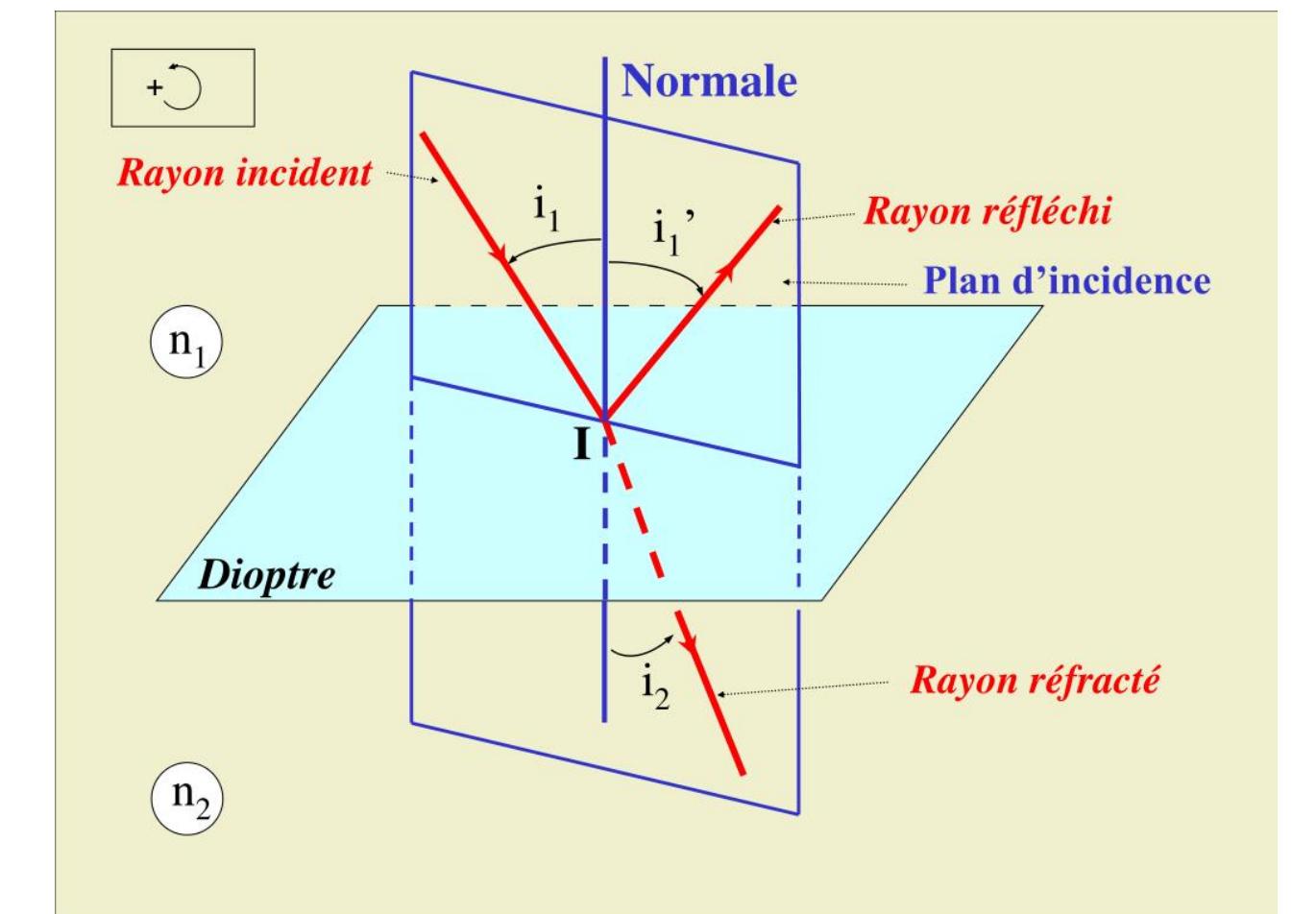
Définitions

Lorsqu'un rayon lumineux rencontre une interface entre les milieux 1 et 2, deux phénomènes peuvent se produire : une partie ou la totalité du rayon peut être réfléchi ou/et réfracté.

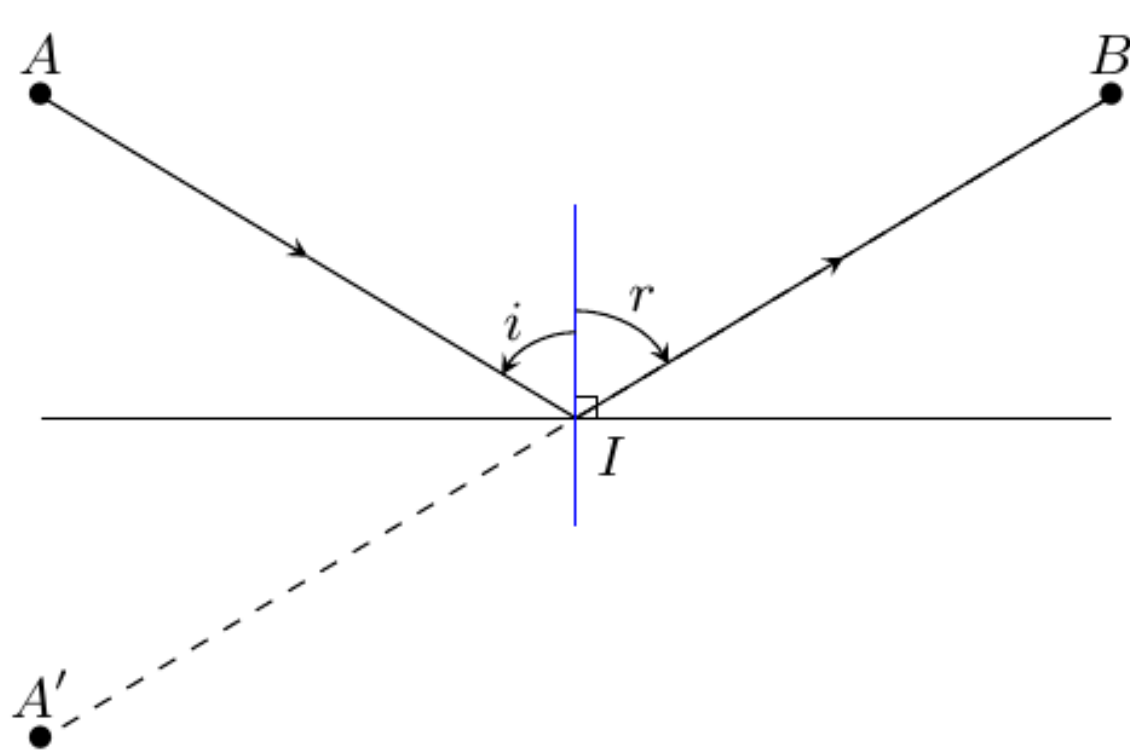
On parle de réfraction lorsque le rayon pénètre dans milieu 2 en changeant de direction.

Dioptré : surface séparant deux milieux de réfringence différente (i.e. d'indices de réfraction différents).

Plan d'incidence : plan formé par le rayon incident et la normale à la surface au point d'incidence (I).



Cas de la réflexion



Lois de Snell-Descartes

La normale au dioptré est représentée verticalement en bleu.

L'image de A par réflexion est B.

Lois :

1. Le rayon réfléchi appartient au plan d'incidence.
2. L'angle de réflexion $r = -i$

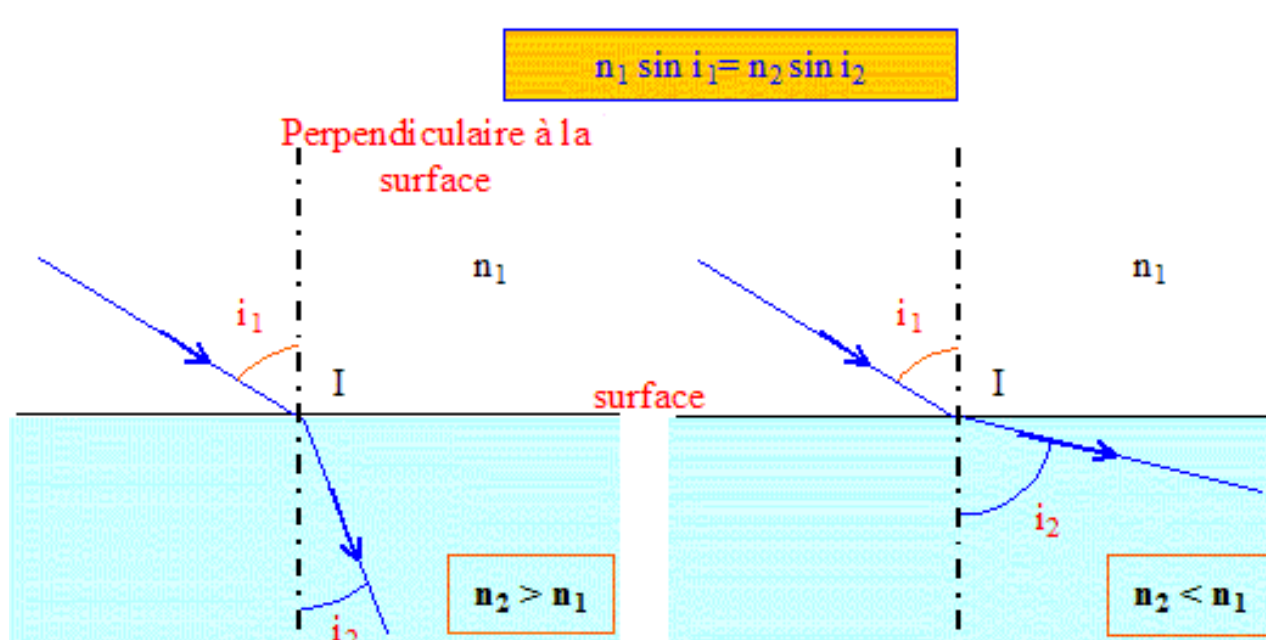
L'angle est orienté par rapport à la normale.

Un peu d'histoire

Les lois de Snell-Descartes publiées par Descartes en 1637 en annexe du *Discours de la Méthode*, sont le fruit de recherche en optique dont les premières publications remontent à 983.

Elles sont construites sur le principe de Fermat (hors programme) mais qui peut se résumer en affirmant que la lumière parcourt le trajet le plus rapide (pas le plus court) entre deux points.

Cas de la réfraction



Lois de Snell-Descartes

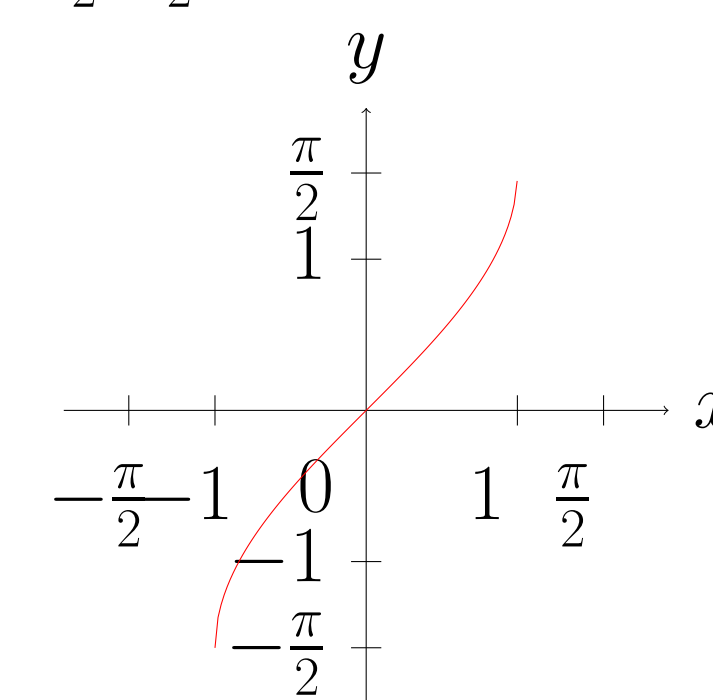
Lois :

1. Le rayon réfracté appartient au plan d'incidence.
2. L'angle d'incidence i_1 et l'angle réfracté i_2 sont liés par la relation :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad (2)$$

Sinus et Arcsinus

La fonction arcsinus est définie entre -1 et 1, c'est la réciproque de la fonction sinus sur l'intervalle $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$



Obtenir une réflexion totale

Pour obtenir une réflexion totale, on peut utiliser un matériau type miroir qui ne laisse pas entrer les rayons lumineux, mais il existe aussi une solution qui utilise la limite des lois de réfraction.

Soit un rayon incident se propageant d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent ($n_1 > n_2$). Le rayon réfracté, s'il existe, s'écarte donc de la normale.

Supposons que le rayon réfracté existe, alors pour un angle d'incidence i_1 suffisamment grand, on pourrait avoir $\frac{n_1}{n_2} \sin i_1 > 1$ ce qui implique $\sin i_2 > 1$, ce qui est mathématiquement impossible.

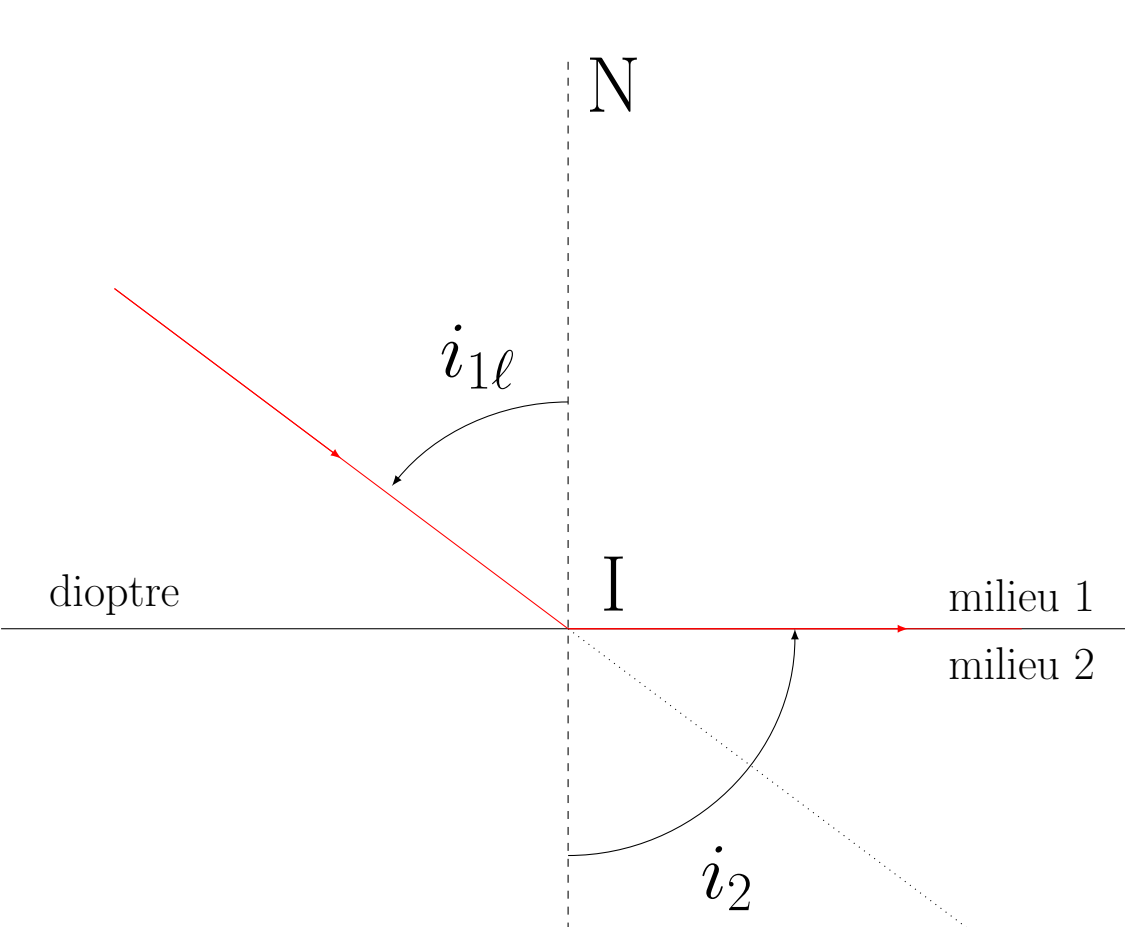
Cette contradiction remet donc en cause notre hypothèse de départ : un rayon réfracté n'existe pas pour tout rayon incident lorsque $n_1 > n_2$.

Condition d'existence du rayon réfracté :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \iff \sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1 \leq 1 \quad (3)$$

Quel est l'angle d'incidence maximal dans ces conditions ? Appelons $i_{1\ell}$ l'angle d'incidence maximal tel qu'un rayon réfracté existe. Le rayon réfracté d'angle i_2 maximal est celui correspondant à la borne supérieure que peut atteindre $\sin i_2 = 1$.

$$\frac{n_1}{n_2} \sin i_{1\ell} = 1 \implies i_{1\ell} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (4)$$



Quel que soit $i_1 > i_{1\ell}$ le rayon est réfléchi comme si le dioptré était un miroir plan !
Ce phénomène est très utilisé pour guider la lumière dans les fibres optiques.