

Réflexion, réfraction

I - Lois de propagation des rayons lumineux

• Sources de lumière :

- Source primaire = émet elle-même de la lumière $\neq$ source secondaire = la réfléchit ou la diffuse ;
- Domaine visible : $\lambda \in [400, 800 \text{ nm}]$ (violet $\rightarrow$ rouge).

• Propriétés des rayons lumineux :

- propagation rectiligne dans un milieu homogène, déviation par réfraction aux changements de milieux ;
- indépendance les uns des autres ;
- principe du retour inverse de la lumière : les rayons suivent les mêmes trajets quel que soit le sens de propagation.

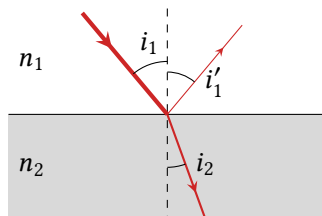
Limitation : diffraction et interférences sont des phénomènes purement ondulatoires.

• **Principe de Fermat** : le chemin suivi par les rayons lumineux minimise le temps de parcours par rapport aux chemins voisins.

• Indice optique : $n = \frac{c}{v}$ (c célérité dans le vide, v célérité dans le milieu)

- $1 < n \lesssim 2$, indice élevé = milieu très réfringent ;
- si n dépend de λ : milieu dispersif.

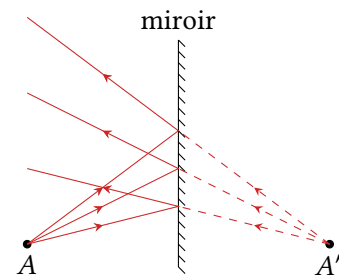
• Lois de Snell-Descartes :



- Le rayon incident, le rayon réfléchi et le rayon réfracté appartiennent à un même plan, appelé plan d'incidence ;
- Réflexion : $i_1 = i_1'$;
- Réfraction : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$.

Conséquence : le rayon lumineux est plus proche de la normale dans le milieu d'indice le plus élevé (p.ex. $n_2 > n_1$ sur la figure ci-contre).

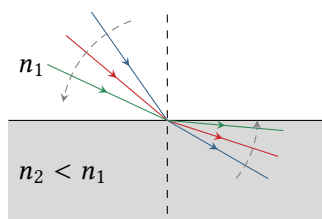
II - Quelques conséquences des lois de Descartes



• Image par un miroir plan :

$$A \xrightarrow{\text{miroir}} A' = \text{sym}(A)$$

- A' est virtuelle si A est réel ;
- stigmatisme parfait : tous les rayons issus de A passent par A' .

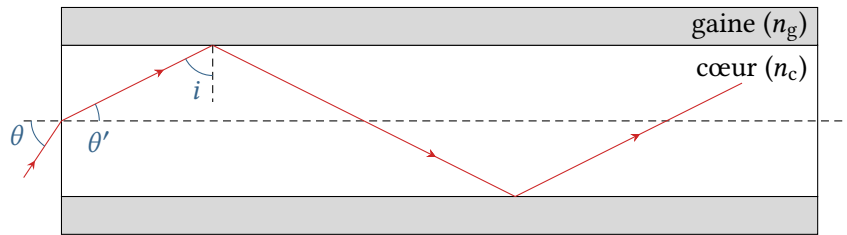


• Réflexion totale :

- Incidence sur un milieu *moins* réfringent : $n_2 < n_1$.
- Le rayon réfracté n'existe que si $i_1 \leq i_{1,\text{lim}} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$.

Retrouver rapidement l'angle limite : loi de la réfraction pour $i_2 \rightarrow \pi/2$.

III - Fibre optique à saut d'indice



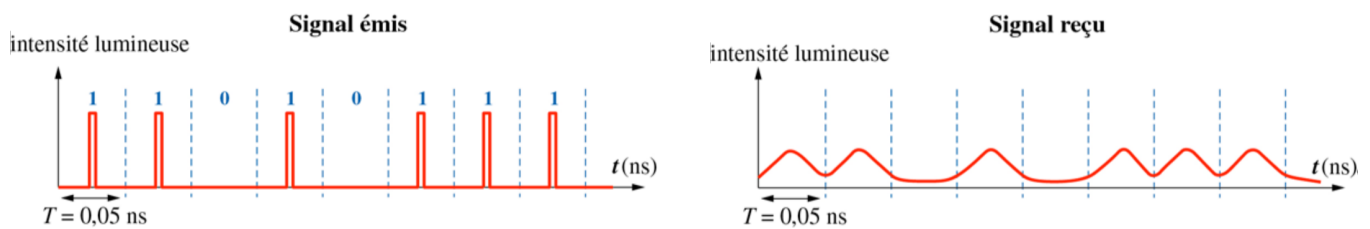
- **Principe de fonctionnement** : réflexion totale à l'interface cœur-gaine $\implies n_g < n_c$.
- **Cône d'acceptance, ouverture numérique** : pour qu'un rayon se propage dans la fibre, il faut que

$$\sin \theta \leq ON = \sqrt{n_c^2 - n_g^2} \quad (\text{pas à retenir})$$

Démonstration : condition de réflexion totale sur i , puis trigonométrie pour remonter à θ' , puis à θ par la loi de la réfraction.

- **Dispersion intermodale et débit maximale** :

- un mode = une inclinaison de rayon permettant la propagation ;
- le temps de parcours dans la fibre varie en fonction des modes, ce qui élargit une impulsion envoyée en entrée ;
- débit maximal = fréquence d'émission maximale des impulsions : la largeur d'une impulsion en sortie doit rester inférieure à la période d'émission.



Démonstration : le rayon en limite de réflexion totale parcourt une distance dans la fibre

$$L' = \frac{L}{\sin i_{\text{lim}}} = L \frac{n_c}{n_g} \quad \text{d'où} \quad \Delta t = \frac{L'}{c/n_c} - \frac{L}{c/n_c} = \dots < \frac{1}{f}$$