

PRINCIPES ET LOIS DE L'OPTIQUE GEOMETRIQUE

I. APPROXIMATION DE L'OPTIQUE GEOMETRIQUE, NOTION DE RAYON LUMINEUX

1) Mise en évidence expérimentale

2) Propagation rectiligne de la lumière

Dans un milieu **transparent, homogène et isotrope**, la lumière se propage en **ligne droite**.

3) Principe de retour inverse de la lumière

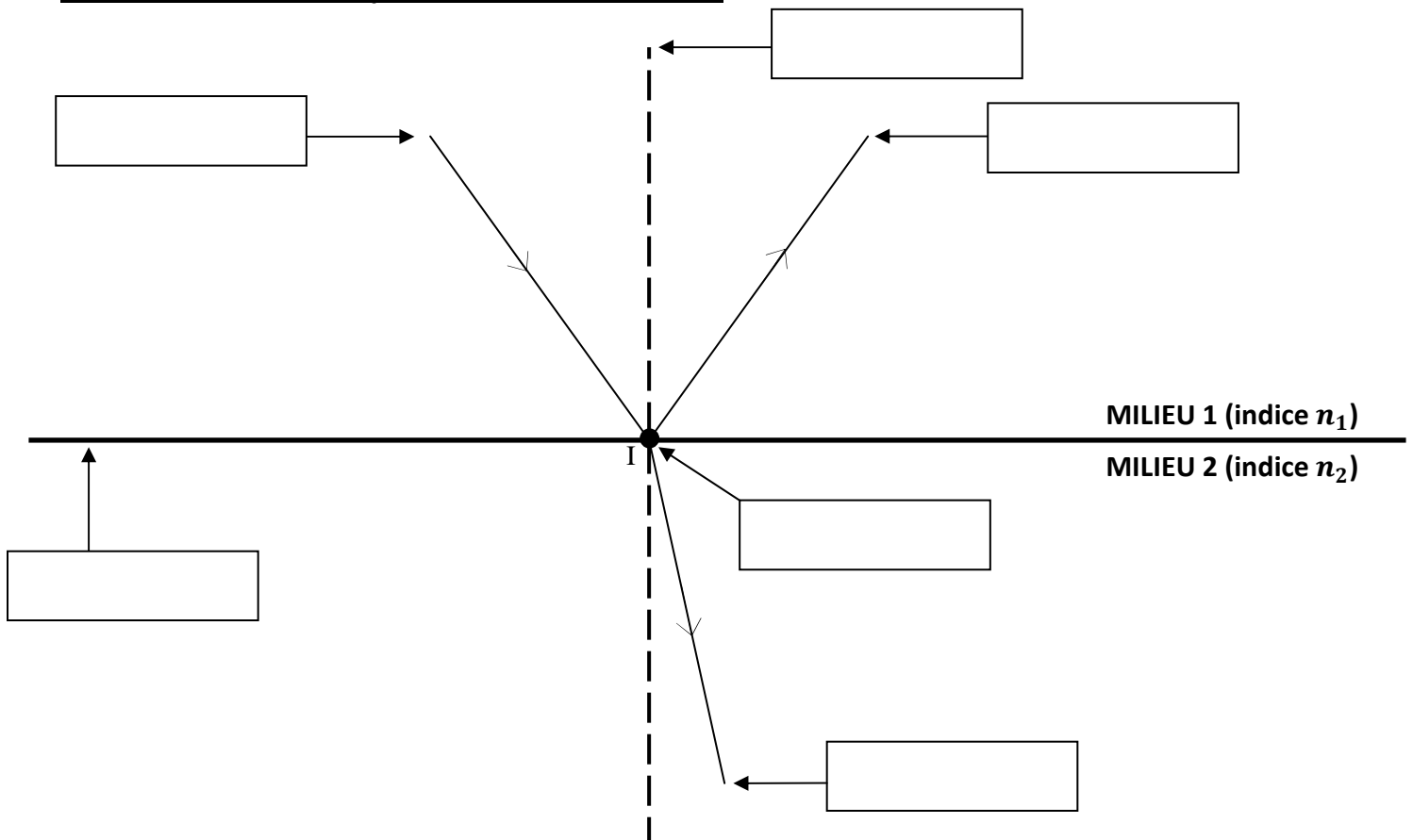
La trajectoire suivie par la lumière ne dépend pas du sens de parcours.

4) Indépendance des rayons lumineux

Les rayons lumineux issus d'une même source ou de sources distinctes **se propagent indépendamment les uns des autres**.

II. LOIS DE SNELL DESCARTES : REFRACTION, REFLEXION

1) Mise en évidence expérimentale - Vocabulaire



Dioptré : surface de séparation entre deux milieux transparents d'indices de réfraction différents.

Point d'incidence (I) : point du dioptré où arrive le rayon incident.

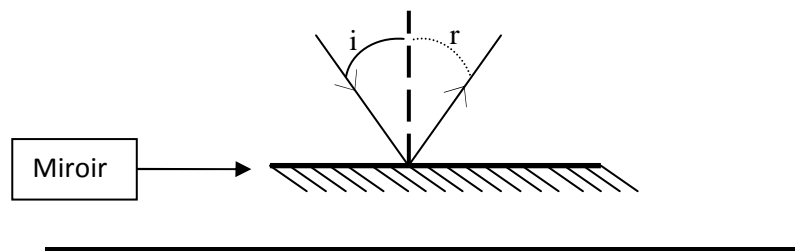
Normale : droite perpendiculaire au dioptré passant par I.

Les angles d'incidence (i_1), de réflexion (r) et de réfraction (i_2) sont définis à partir de la normale. On dit que l'incidence est normale dans le cas ($i_1 = 0$) et rasante dans le cas ($i_1 = \frac{\pi}{2}$).

Le plan contenant le rayon incident et la normale s'appelle le **plan d'incidence**.

De façon générale, une partie de la lumière incidente est réfléchi au niveau du dioptré dans le milieu 1 et l'autre partie est réfractée lors de son passage dans le milieu 2.

- ✓ Dans les cas usuels, la majorité de l'énergie lumineuse incidente est transmise et on négligera la réflexion.
- ✓ Lorsque la **surface de séparation est uniquement réfléchissante**, on parle alors de **miroir**. Seul le rayon réfléchi existe et toute l'énergie lumineuse est réfléchi, il n'y a plus d'énergie transmise.



2) Lois de Snell-Descartes

- ❖ Les rayons réfracté et réfléchi appartiennent au plan d'incidence.
- ❖ Loi de la réflexion : l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion : $i_1 = r$
- ❖ Loi de la réfraction : l'angle d'incidence et l'angle de réfraction vérifient la relation :
$$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$$

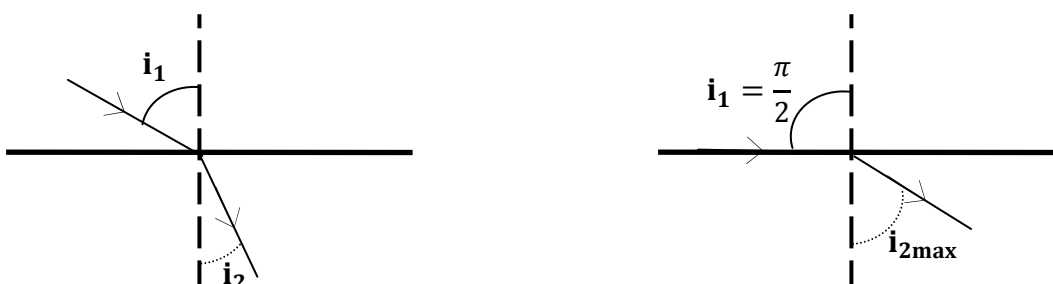
3) Réfraction limite et réflexion totale

- ❖ Réfraction limite

Si $n_1 < n_2$ (exemple passage de l'air vers l'eau), on dit que le **milieu 1 est moins réfringent que le milieu 2**. D'après la loi de la réfraction $\sin(i_1) > \sin(i_2)$ soit $i_1 > i_2$ (fonction sinus croissante sur $[0; \frac{\pi}{2}]$) : **le rayon réfracté se rapproche de la normale**.

Dans ce cas le rayon réfracté existe quelle que soit la valeur de l'angle incident.

L'angle de réfraction atteint sa valeur maximale, notée $i_{2\max}$ et nommé **angle de réfraction limite**, en incidence rasante ($i_1 = \frac{\pi}{2}$). D'après la loi de la réfraction $n_1 \sin(\frac{\pi}{2}) = n_2 \sin(i_{2\max})$ soit $\sin(i_{2\max}) = \frac{n_1}{n_2}$



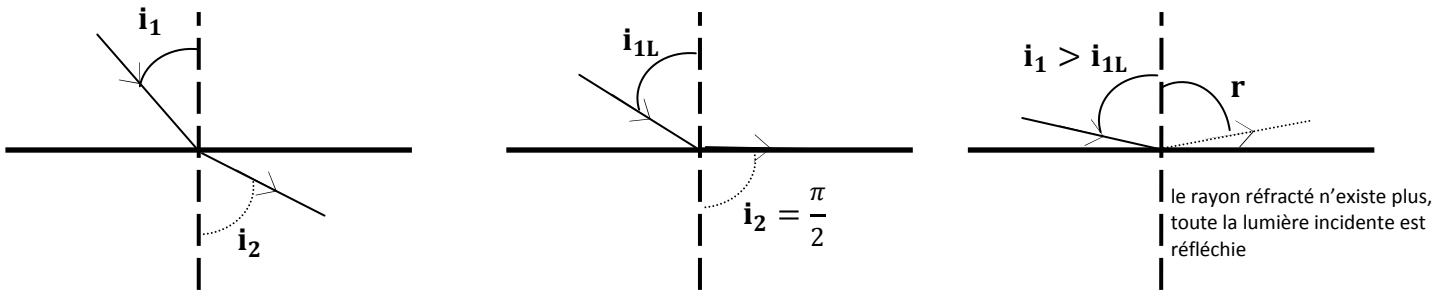
❖ Réflexion totale

Si $n_1 > n_2$ (exemple passage de l'eau vers l'air), on dit que **le milieu 1 est plus réfringent que le milieu 2**. D'après la loi de la réfraction $\sin(i_1) < \sin(i_2)$ soit $i_1 < i_2$: **le rayon réfracté s'éloigne de la normale**.

Dans ce cas le **rayon réfracté n'existe** que si l'angle incident ne dépasse par une **valeur limite**, noté i_{1L} et nommé **angle d'incidence limite** : $i_1 \leq i_{1L}$. D'après la loi de la réfraction $n_1 \sin(i_{1L}) = n_2 \sin(\frac{\pi}{2})$ soit $\sin(i_{1L}) = \frac{n_2}{n_1}$.

Si $i_1 > i_{1L}$, alors **le rayon réfracté n'existe plus** : c'est le **phénomène de réflexion totale**.

Remarque : Ce phénomène est à la base des communications par fibre optique.



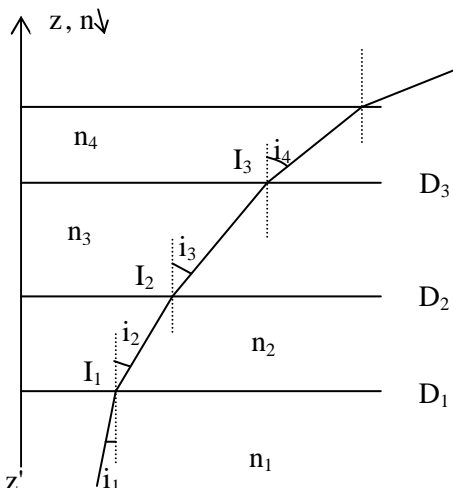
❖ Condition d'existence du rayon réfracté

L'angle de réfraction i_2 appartient à l'intervalle $[0; \frac{\pi}{2}]$ et la fonction sinus est bornée entre $[-1; 1]$ donc $\sin(i_2) \leq 1$. D'après la loi de la réfraction $n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$ soit $\sin(i_2) = \frac{n_1}{n_2} \sin(i_1)$ d'où $\frac{n_1}{n_2} \sin(i_1) \leq 1$. De manière générale, **le rayon réfracté existe** à la condition : $\sin(i_1) \leq \frac{n_2}{n_1}$.

- Si $n_1 < n_2$ alors $\frac{n_2}{n_1} > 1$ et quel que soit i_1 $\sin(i_1) < \frac{n_2}{n_1}$ ($\sin(i_1) \leq 1$ pour les mêmes raisons que i_2) et la condition d'existence du rayon réfracté est toujours vérifiée.
- Si $n_1 > n_2$ alors $\frac{n_2}{n_1} < 1$ et le rayon réfracté n'existe plus si $\sin(i_1) > \frac{n_2}{n_1}$: il y a alors réflexion totale.

4) Utilisation des lois de Descartes dans un milieu d'indice variable

a- Exemple d'un milieu stratifié : constitué d'une succession de couches planes homogènes d'indice différent.



Soit le milieu stratifié représenté ci-contre, **l'indice n ne dépendant que de l'altitude z , et diminuant lorsque z augmente** : $n_1 > n_2 > n_3 \dots$

Le plan représenté, défini par l'axe $z'z$ et le rayon incident, est le plan d'incidence associé au rayon incident et au dioptre D_1 .

* D'après la première loi de Descartes, les rayons réfractés $I_1I_2, I_2I_3 \dots$ seront contenus dans ce plan : la trajectoire du rayon est plane.

* La loi de la réfraction conduit à : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 = n_3 \cdot \sin i_3 = \dots$

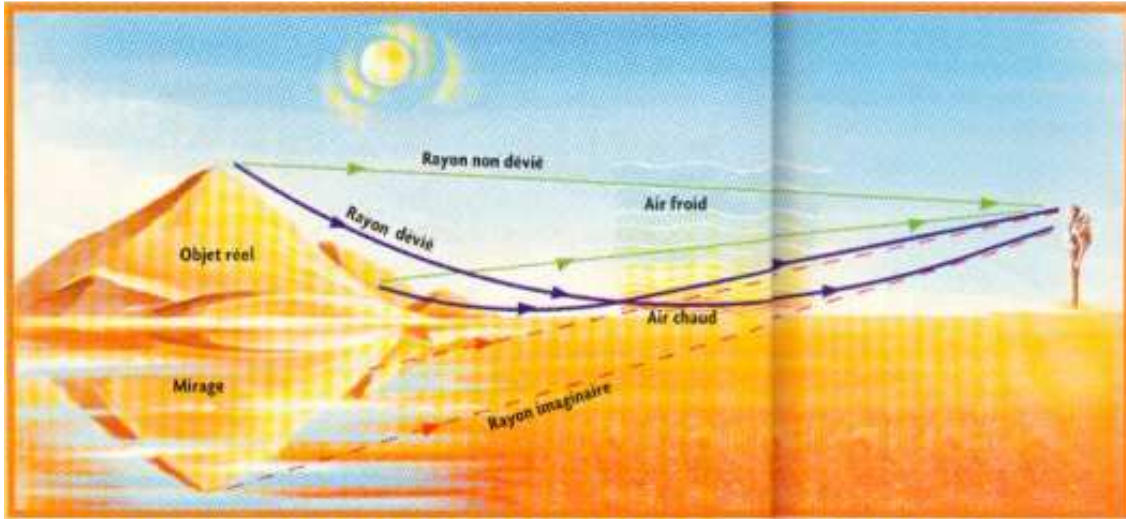
$n_1 > n_2 > n_3$ impose $i_1 < i_2 < i_3 < \dots$

Eventuellement, réflexion totale sur un dioptre D_i .

b- Variation continue de l'indice

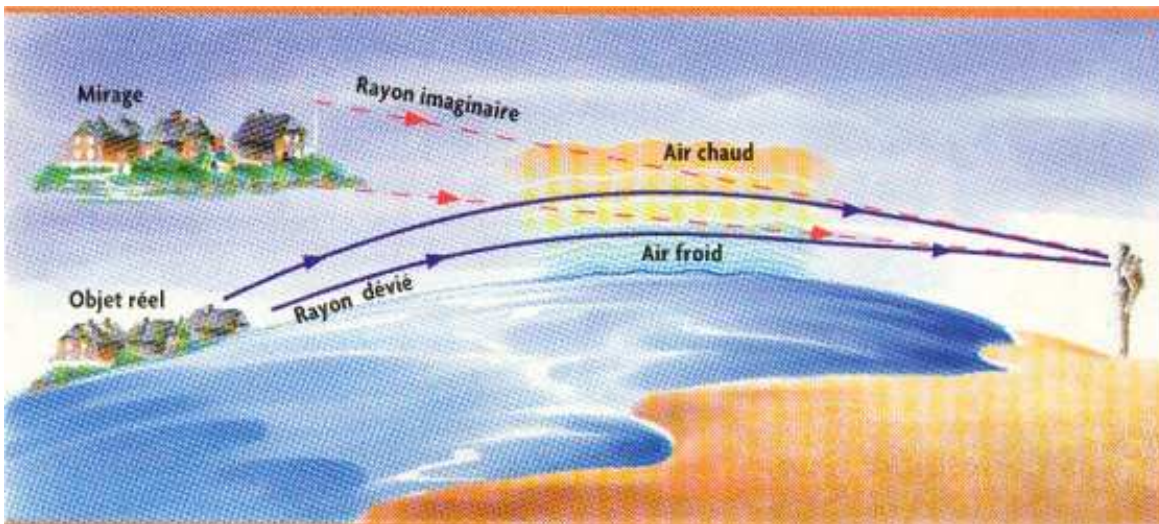
Si l'indice n varie de manière continue avec z , on peut reprendre le modèle précédent en faisant tendre vers 0 l'épaisseur des couches. Le rayon lumineux est alors courbé et tourne sa concavité vers les régions d'indice croissant. Ce résultat se généralise à un milieu non homogène pour lequel n dépend de x , y et z .

- Ce phénomène est à l'origine des mirages. Ces derniers sont dus à une variation importante de température des couches d'air au voisinage du sol en fonction de l'altitude. *Lorsque la température augmente, l'air se dilate. Par conséquent sa densité diminue ainsi que son indice de réfraction.*



Mirage inférieur

Il arrive que l'on assiste à des **mirages supérieurs**, c'est-à-dire dans le ciel. L'évolution de la température et donc de l'indice est alors inversée.



Mirage supérieur

- Ce phénomène a aussi des conséquences en astronomie. En effet, l'atmosphère étant moins dense en haute altitude, l'indice de réfraction décroît avec l'altitude. Les astronomes doivent donc tenir compte de la traversée de l'atmosphère par les rayons lumineux pour diriger leur télescope dans la bonne direction.

