

1 La propagation de la lumière

► Modèle du rayon lumineux

La lumière se propage dans le vide, mais aussi dans tous les milieux transparents comme l'air, le verre, certaines matières plastiques, le diamant...

Dans un milieu homogène et transparent comme le verre, la lumière se déplace en ligne droite. Généralement, le trajet suivi par la lumière n'est pas visible à l'œil. On le modélise par un **rayon lumineux**.

Un **rayon lumineux** est représenté par une **droite orientée par une flèche**. Il indique le sens et la direction de propagation de la lumière (FIG. 1).

► Vitesse de la lumière

La lumière semble se propager instantanément. Pourtant, elle possède une vitesse finie (FIG. 2), de valeur très grande, qui dépend du milieu de propagation.

Dans le vide, comme dans l'air, la **vitesse de la lumière c** est égale à :
 $c = 300\,000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

La valeur exacte de la vitesse de la lumière dans le vide est : $c = 299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Cette vitesse est très élevée par rapport aux vitesses de la vie courante :

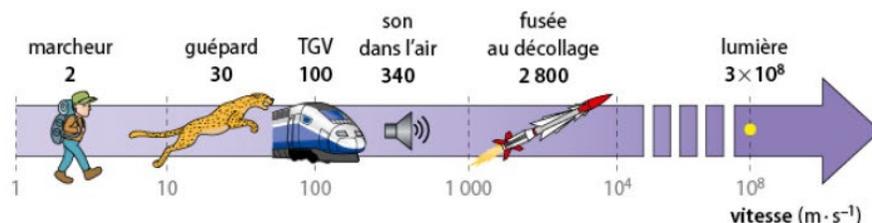


FIG. 1 Trajet d'un rayon lumineux jusqu'à un observateur.



FIG. 2 La lumière du Soleil, qui est situé à 150 millions de kilomètres de la Terre, ne met que 8 min 20 s pour nous parvenir.

Milieu transparent	Indice optique
air	1,00
eau	1,33
éthanol	1,36
glycérine	1,47

FIG. 3 Indices optiques de différents milieux. Ce nombre sans unité est toujours supérieur ou égal à 1. L'indice du vide est égal à 1 par définition.

2 Réflexion et réfraction

► Indice optique d'un milieu

Sur son trajet, la lumière peut traverser différents milieux transparents. La vitesse et le comportement qu'elle y adopte dépendent de l'**indice optique n** de ces milieux (FIG. 3). À l'interface entre les milieux, un changement d'indice se traduit par des phénomènes de **réflexion** et de **réfraction** de la lumière.

► Lois de Snell-Descartes pour la réflexion

La lumière qui parvient sur la surface de séparation entre deux milieux est modélisée par un rayon lumineux appelé « rayon incident » (rayon 1, FIG. 4).

Lorsque la lumière se reflète sur cette surface, le rayon incident donne naissance à un rayon lumineux appelé « rayon réfléchi » (rayon 2, FIG. 4).

Les angles formés par le rayon incident et le rayon réfléchi se mesurent par rapport à une droite imaginaire, perpendiculaire à l'interface des deux milieux, qu'on appelle la normale N.

- Le rayon réfléchi et le rayon incident sont dans un même plan.
- L'angle d'incidence i_1 est égal à l'angle de réflexion r : $i_1 = r$.
- Le rayon réfléchi est le symétrique du rayon incident par rapport à la normale (FIG. 4).

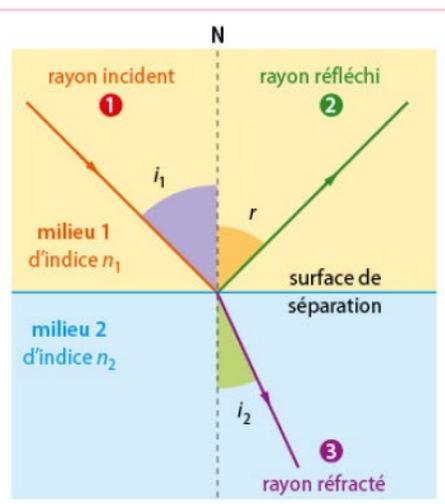


FIG. 4 Réflexion et réfraction d'un rayon à la surface de séparation entre deux milieux.

► Lois de Snell-Descartes pour la réfraction

Lorsque la lumière change de milieu, sa direction de propagation est modifiée (FIG. 5). Dans le second milieu, le rayon incident donne naissance à un rayon dévié qui s'appelle « rayon réfracté » (rayon ③, FIG. 4). L'angle que fait ce rayon avec la normale est appelé angle de réfraction.

- Le rayon réfracté et le rayon incident sont dans un même plan.
- L'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 sont reliés par la formule :

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

MESURES ET INCERTITUDES



FICHE → p. 318

Quand la lumière passe de l'air ($n_1 = 1,00$) à un deuxième milieu, on peut évaluer son indice en mesurant avec un rapporteur les angles i_1 et i_2 .

On isole alors n_2 dans la relation précédente : $n_2 = \frac{\sin i_1}{\sin i_2} \times 1,00$.

Afin d'assurer une meilleure précision du résultat, on effectue plusieurs fois cette mesure. On peut tracer l'histogramme pour évaluer la dispersion des mesures, calculer la moyenne et l'incertitude-type.

► Cas de la réflexion totale

Lorsque la lumière passe d'un milieu à un autre d'indice optique plus faible, on observe qu'au-delà d'un angle d'incidence limite, il n'y a plus réfraction, mais uniquement réflexion. C'est le phénomène de **réflexion totale** (FIG. 6).

Il est notamment exploité pour la transmission par fibre optique.

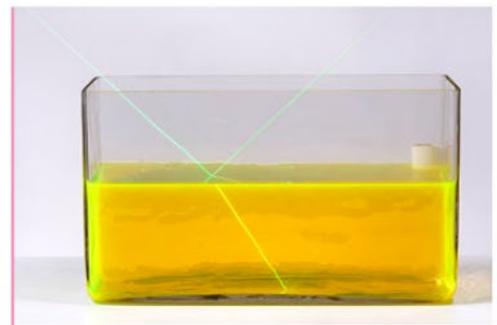


FIG. 5 Réflexion et réfraction de la lumière au passage de l'air à l'eau.



FIG. 6 Réflexion totale de la lumière dans un demi-cylindre en verre.

3 Lentilles convergentes

Une **lentille** est un objet transparent, généralement fabriqué en verre, capable de réfracter la lumière. On parle de lentille « mince » quand son diamètre est très grand par rapport à son épaisseur.

Une **lentille mince convergente** a les bords plus fins que son centre. On la schématise par une **double flèche** (FIG. 7).

► Caractéristiques

Une lentille mince convergente présente un axe de symétrie, appelé **axe optique**, qui passe par son **centre O**.

Une lentille mince convergente focalise tous les rayons parallèles à l'axe optique en un point appelé **foyer image F'** (FIG. 8).

La distance OF' est appelée **distance focale image**. Par symétrie par rapport au centre O , on trouve un autre point particulier : le **foyer objet F**.

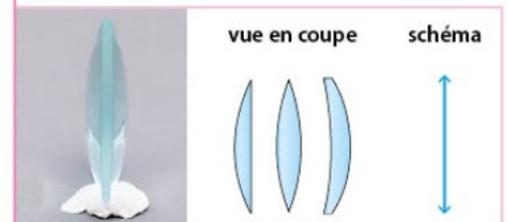
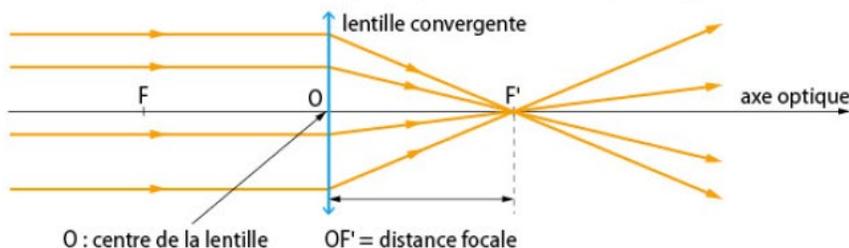


FIG. 7 Lentille mince convergente. Sa forme particulière lui confère des propriétés optiques propres.

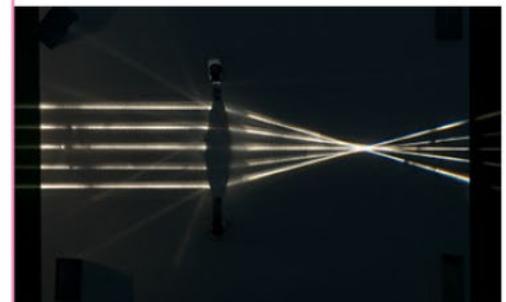


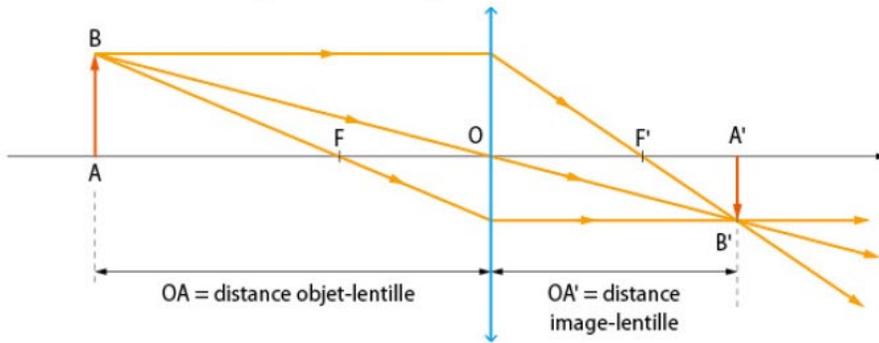
FIG. 8 Faisceau de rayons parallèles qui convergent. La lumière traversant une lentille subit une ou deux réfractions.

► Construction graphique de l'image d'un objet

Pour modéliser le trajet de la lumière à travers une lentille, on peut construire **trois rayons spécifiques** passant par un même point :

- le rayon passant par le centre O de la lentille, qui n'est pas dévié ;
- le rayon arrivant parallèlement à l'axe optique, qui émerge en passant par le foyer image F' ;
- le rayon passant par le foyer objet F, qui sort de la lentille parallèlement à l'axe optique.

On construit ainsi l'image A'B' d'un objet AB :



L'image A'B' étant dans le sens contraire de l'objet AB, on parle d'**image renversée**. On dit qu'elle est **réelle** car elle peut être observée sur un écran (FIG. 10).

► Grandissement

Pour caractériser la **taille de l'image** d'un objet par une lentille connaissant la taille de l'objet, on définit le grandissement :

$$\text{grandissement (sans unité)} \rightarrow \gamma = \frac{A B'}{A B}$$

↑ taille de l'image (en m)
↑ Si $\gamma < 1$: l'image est plus petite que l'objet.
↑ Si $\gamma > 1$: l'image est plus grande que l'objet.
↑ taille de l'objet (en m)

Le grandissement dépend de la lentille et de la position de l'objet par rapport à la lentille.

Considérons le triangle OAB (FIG. 9). Les points O, A, A' sont alignés. Les droites (AB) et (A'B') sont parallèles. En appliquant le théorème de Thalès, on peut aussi écrire le grandissement :

$$\gamma = \frac{O A'}{O A} = \frac{A B'}{A B}$$

► Modèle réduit de l'œil

La lumière entre dans l'œil par la pupille, qui se dilate en fonction de la luminosité ambiante. Elle traverse ensuite le cristallin, et forme une image nette sur la rétine quand l'œil accommode (FIG. 11) :

Le cristallin de l'œil peut se modéliser par une **lentille convergente**, la pupille par un **diaphragme**, et la rétine par un **écran** :



FIG. 9 Construction de l'image A'B' d'un objet AB à travers une lentille.

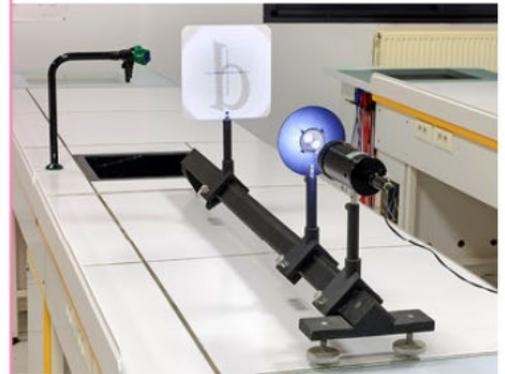


FIG. 10 Image d'un objet par une lentille sur un écran placé de l'autre côté de la lentille.

UN PONT VERS LES MATHS

Le théorème de Thalès

ABC est un triangle. Les points A, M, B sont alignés, ainsi que les points A, N, C. Les droites (MN) et (BC) sont parallèles. On a alors l'égalité :

$$\frac{A M}{A B} = \frac{A N}{A C} = \frac{M N}{B C}$$

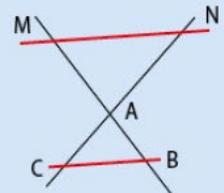


FIG. 11 L'œil est l'organe de la vision. L'iris, qui délimite la pupille, en est la partie colorée.

L'ESSENTIEL À RETENIR

- Le vocabulaire à retenir
- Les relations à connaître et savoir utiliser

1 La propagation de la lumière

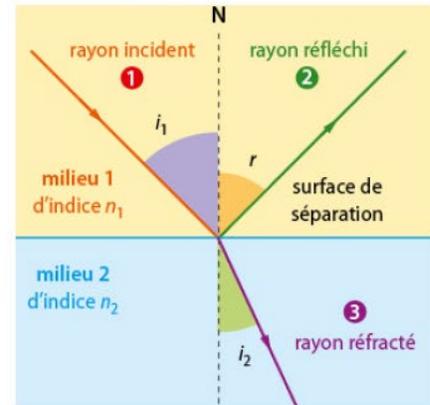
On représente le trajet de la lumière par le modèle du **rayon lumineux** : une droite orientée par une flèche.



Dans le vide, comme dans l'air, la vitesse de la lumière est égale à $300\,000\text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, soit $3,00 \times 10^8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Cette vitesse est très élevée par rapport aux vitesses courantes.

2 Réflexion et réfraction

Lorsqu'un rayon lumineux atteint l'interface entre deux milieux d'**indices optiques** différents, sa propagation est modifiée par les phénomènes de **réflexion** et de **réfraction**.



Lois de la réflexion de Snell-Descartes :

- le rayon réfléchi et le rayon incident sont dans un même plan ;
- l'angle d'incidence i_1 est égal à l'angle de réflexion r :

$$i_1 = r$$

Lois de la réfraction de Snell-Descartes :

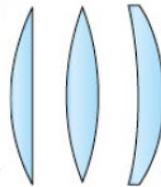
- le rayon réfracté et le rayon incident sont dans un même plan ;
- l'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 vérifient :

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

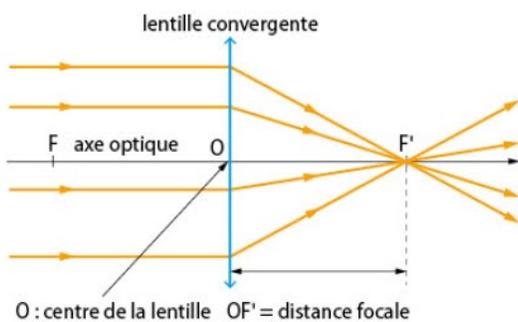
3 Lentilles convergentes

Une **lentille mince convergente** est un objet transparent capable de réfracter la lumière. Ses bords sont plus fins que son centre.

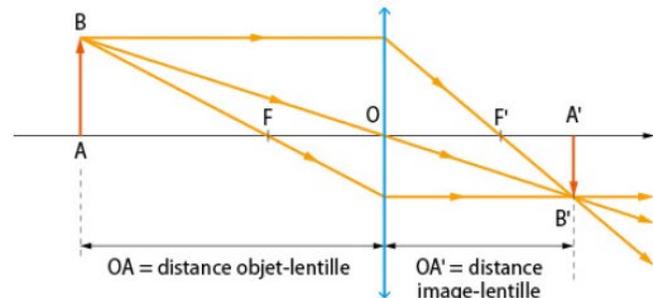
lentilles convergentes ▶



Le **foyer objet F** est le symétrique du **foyer image F'** par rapport à la lentille.



- Tout rayon qui passe par le centre O de la lentille n'est pas dévié.
- Tout rayon incident parallèle à l'axe optique en émerge en passant par le foyer image F'.
- Tout rayon qui passe par le foyer objet F sort de la lentille parallèlement à l'axe optique.



Le **grandissement** se définit par le rapport :

$$\text{grandissement (sans unité)} \rightarrow \gamma = \frac{A'B'}{AB}$$

← taille de l'image (en m)
← taille de l'objet (en m)

L'œil peut être modélisé par trois objets physiques : un **diaphragme** accolé à une **lentille convergente**, et un **écran** sur lequel se forment les images projetées par la lentille.

