Chapitre 14

Propagation de la lumière

14.1 Réflexion, réfraction et dispersion de la lumière 42
14.1.1 Vitesse de la lumière 42
14.1.2 Lois de Snell-Descartes 42
14.1.3 Dispersion de la lumière 43
14.2 Lentille mince convergente 44
14.2.1 Définitions et propriétés 44
14.2.2 Distance focale 44
14.2.3 Grandissement 44
14.2.4 Modèle réduit de l'œil 45

Au cours du chapitre 14, nous avons vu que la lumière peut-être monochromatique ou polychromatique, générant des spectres lumineux de raies ou bien continus selon les cas. Afin de générer ses spectres, la lumière doit passer par un système permettant de séparer ses différentes longueurs d'ondes : un milieu dispersif.
Nous verrons ici quelles sont les lois qui permettent de comprendre la manière dont la lumière se propage, permettant d'expliquer la séparation des couleurs dans un milieu dispersif. Nous verrons les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction, puis le principe de fonctionnement d'une lentille mince convergente.

Objectifs

- Citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.
- Exploiter les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction.
- Décrire et expliquer qualitativement le phénomène de dispersion de la lumière par un prisme.
- Caractériser les foyers d'une lentille mince convergente à l'aide du modèle du rayon lumineux.
- Utiliser le modèle du rayon lumineux pour déterminer graphiquement la position, la taille et le sens de l'image réelle d'un objet plan réel donnée par une lentille mince convergente.
- Définir et déterminer géométriquement un grandissement.
- Modéliser l'œil.

14.1 Réflexion, réfraction et dispersion de la lumière

14.1.1 Vitesse de la lumière

Vitesse de la lumière

Dans le vide, la lumière se propage de manière rectiligne (en ligne droite) à la vitesse :

$$c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

Lorsque la lumière passe dans un milieu d'indice optique n, sa vitesse est ralentie, de sorte que :

$$v = \frac{c}{n}$$

Exemples :

- L'air a un indice optique quasiment égal à celui du vide : $n_{air} = 1$ donc la vitesse de la lumière dans l'air est $c = 3,0 \times 10^8$ m.s^{-1}.
- L'indice optique de l'eau est de $n_{eau} = 1,33$ donc la vitesse de propagation de la lumière dans l'eau est : $v = \dfrac{c}{n_{eau}} = \dfrac{3,0 \times 10^8}{1,33} = 2,3 \times 10^8$ m.s^{-1}.

14.1.2 Lois de Snell-Descartes

Lorsque la lumière arrive à l'interface entre un milieu 1 d'indice n_1 et un milieu 2 d'indice n_2, une partie de la lumière est réfléchie dans le milieu 1 et l'autre transmise dans le milieu 2. La manière dont

les rayons lumineux réfléchis et transmis vont se propager dépendent de l'angle d'incidence du rayon incident sur l'interface entre les deux milieux, et des indices optiques n_1 et n_2 des deux milieux. On appelle **dioptre** l'interface entre les deux milieux.

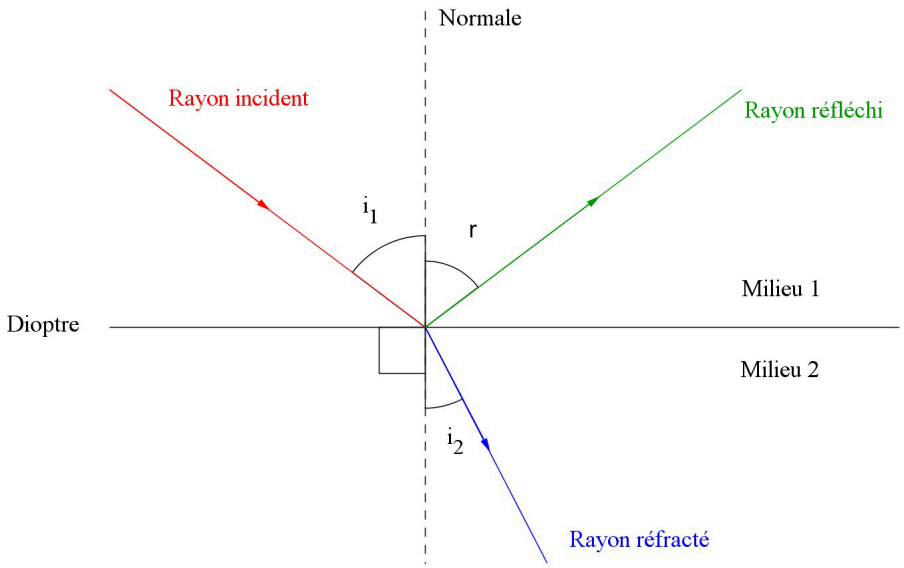

Figure 14.1 – Schéma représentant un rayon incident arrivant sur un dioptre, ainsi qu'un rayon réfléchi et un rayon réfracté.

Lois de Snell-Descartes

- **1ère loi de Snell-Descartes :** Les rayons incident, réfléchi et réfracté sont tous situés dans un même plan.
- **2ème loi de Snell-Descartes :**
  - L'angle réfléchi est égal à l'angle incident.
  - L'angle réfracté vérifie la relation suivante :

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

Remarque :
- Si $n_1 > n_2$ alors $i_1 < i_2$
- Si $n_1 < n_2$ alors $i_1 > i_2$

14.1.3 Dispersion de la lumière

On appelle **milieu dispersif** un milieu dans lequel l'indice de réfraction dépend de la longueur d'onde de la radiation. On peut utiliser par exemple un prisme en verre comme milieu dispersif pour générer le spectre d'une lumière (voir chapitre 14).

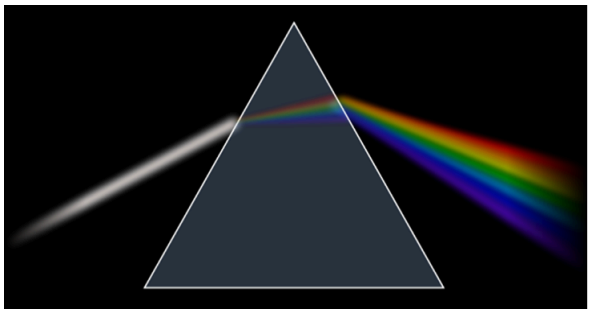

Figure 14.2 – Dispersion de la lumière blanche par un prisme en verre.

14.2 Lentille mince convergente

14.2.1 Définitions et propriétés

Une lentille mince convergente est un objet transparent (verre, plexiglas...) de forme courbe, avec les bords fins et le centre plus épais. Lorsqu'un faisceau lumineux traverse un tel objet, les rayons convergent tous en un même point.

Propriétés d'une lentille mince convergente

Une lentille mince convergente se caractérise par trois points particuliers : le centre optique O, le foyer objet F et le foyer image F', qui vérifient les propriétés suivantes :

- Tout rayon passant par le centre optique O n'est pas dévié.
- Tout rayon passant par le foyer objet F ressort de la lentille parallèle à l'axe optique.
- Tout rayon parallèle à l'axe optique ressort de la lentille en passant par le foyer image F'.

La figure14.3 permet d'illustrer comment, à l'aide de ces rayons particuliers, on peut construire l'image $A'B'$ d'un objet AB vu à travers une lentille mince convergente.

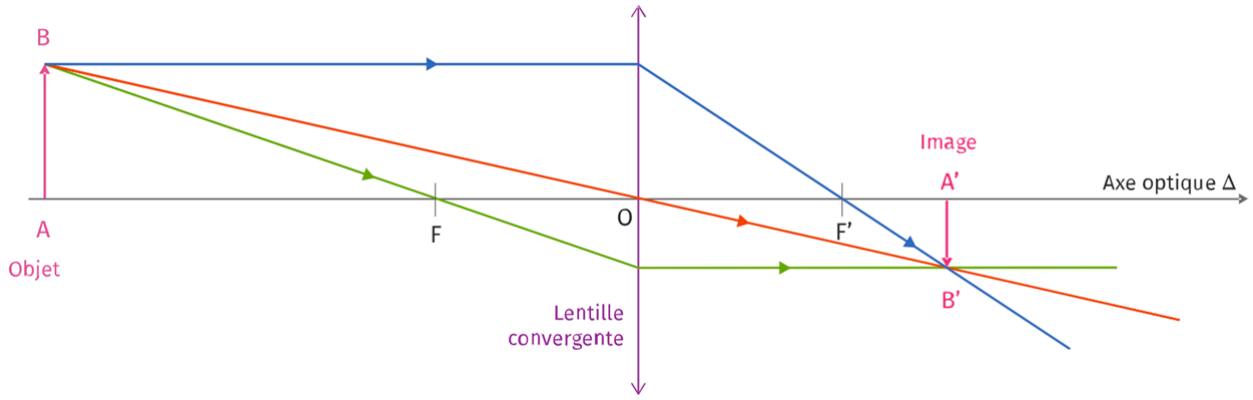

Figure 14.3 – Construction de l'image d'un objet à travers une lentille convergente. (Source).

Remarque : Pour obtenir l'image $A'B'$, deux rayons parmi les trois sont suffisants.

Remarque 2 : On appelle grandeur algébrique une longueur pouvant être positive ou négative selon le sens de l'axe. Sur la figure 14.3, par exemple, on aura $\overline{OF} < 0$ et $\overline{OF'} > 0$.

14.2.2 Distance focale

Distance focale

On appelle distance focale f' la longueur $\overline{OF'} = -\overline{OF}$

14.2.3 Grandissement

Grandissement

Le grandissement γ d'une lentille mince convergente est défini comme le rapport entre la taille algébrique de l'image et celle de l'objet :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

Remarque :

- Si $\gamma > 0$, l'image est droite
- Si $\gamma < 0$, l'image est renversée
- Si $|\gamma| > 1$, l'image est plus grande que l'objet (agrandissement)
- Si $|\gamma| < 1$, l'image est plus petite que l'objet (réduction)

14.2.4 Modèle réduit de l'œil

L'oeil, d'un point de vue optique géométrique, est constitué essentiellement de trois éléments importants : **l'iris**, le **cristallin** et la **rétine**. Ces éléments jouent respectivement le rôle de **diaphragme**, **lentille convergente** et d'**écran**.
La distance entre le cristallin et la rétine reste constante. En revanche, il est possible de modifier la courbure du cristallin, ce qui revient à modifier la distance focale de la lentille. C'est le phénomène d'**accomodation**. C'est ce qui nous permet de voir net un texte que l'on regarde d'assez près et qui nous parait flou initialement. Bien sûr, il y a une limite et l'on ne peut accomoder que sur une zone bien définie.

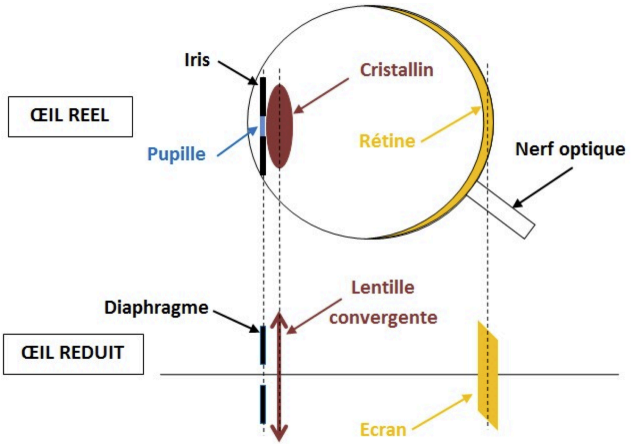

Figure 14.4 – Schéma de l'oeil réel et de l'oeil dans son modèle réduit (Source).