

Fiche de cours

Lumière : propagation, spectres et réfraction

L'essentiel du chapitre en deux pages

définitions · lois · méthodes · à savoir par cœur

1 PROPAGATION RECTILIGNE DE LA LUMIÈRE

Définition. Dans un milieu **transparent** et **homogène**, la lumière se propage **en ligne droite** : on la modélise par des **rayons lumineux**, droites fléchées dans le sens de propagation. C'est ce qui explique les **ombres** et les éclipses.

Propriété. Contrairement au son, la lumière se propage **aussi dans le vide**, à la vitesse

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{d'où} \quad \Delta t = \frac{d}{c} \quad (d \text{ en m, } \Delta t \text{ en s}).$$

Définition. L'**année-lumière** (al) est la distance parcourue par la lumière dans le vide en un an : $1 \text{ al} = 9,46 \times 10^{15} \text{ m}$. Observer une étoile située à 250 al, c'est la voir telle qu'elle était il y a 250 ans : *regarder loin, c'est regarder dans le passé*.

2 LUMIÈRE BLANCHE, LONGUEUR D'ONDE ET SPECTRES

Définition. Chaque **radiation** (lumière d'une seule couleur) est repérée par sa **longueur d'onde** λ , en nanomètres ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$). Le domaine **visible** s'étend d'environ 400 nm (violet) à 800 nm (rouge). En dessous : ultraviolet ; au-dessus : infrarouge.

Définition. La **lumière blanche** contient toutes les radiations visibles. Un **prisme** (ou un réseau) la **disperse** : il sépare les radiations et donne un **spectre**.

Propriété — spectres d'émission. Un **corps chaud** (filament, étoile) donne un **spectre continu** : toutes les couleurs s'y trouvent. Il est d'autant plus riche en *bleu* et *violet* que le corps est *chaud* ; un corps plus froid donne un spectre dominé par le *rouge*. Un **gaz** excité à basse pression donne un **spectre de raies** : quelques raies colorées sur fond noir, dont les longueurs d'onde ne dépendent que de l'élément chimique. C'est sa « carte d'identité ».

Propriété — spectre d'absorption, complément hors programme. Un gaz froid traversé par de la lumière blanche absorbe exactement les radiations qu'il émettrait s'il était chaud : on obtient des **raies noires** sur fond coloré, aux *mêmes* longueurs d'onde. C'est ainsi qu'on identifie les éléments de l'atmosphère d'une étoile.

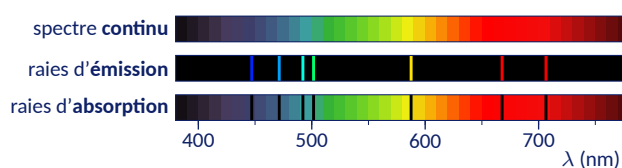


Figure 1 — Les trois types de spectres : celui d'un corps chaud, puis ceux d'un même gaz (ici l'hélium), chaud puis froid

3 RÉFLEXION ET RÉFRACTION : LOIS DE SNELL-DESCARTES

Définition. La surface qui sépare deux milieux transparents est un **dioptré**. Le rayon incident l'atteint au **point d'incidence** I ; la **normale** est la droite perpendiculaire au dioptré en I. **Tous les angles se mesurent par rapport à la normale**, jamais par rapport au dioptré.

Propriété — première loi. Les rayons réfléchi et réfracté sont dans le **plan d'incidence** (défini par le rayon incident et la normale).

Propriété — deuxième loi. Réflexion : $i'_1 = i_1$. Réfraction :

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

où n_1 et n_2 sont les **indices de réfraction** des deux milieux : des nombres *sans unité*, toujours ≥ 1 .

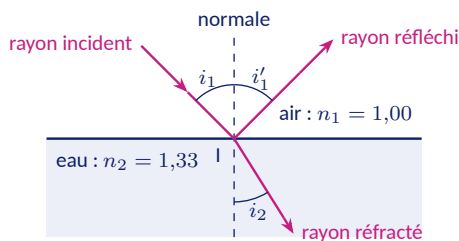


Figure 2 — Passage de l'air dans l'eau : $i_1 = 45^\circ$ donne $i'_1 = 45^\circ$ et $i_2 = 32^\circ$; le rayon se rapproche de la normale

Propriété — sens de la déviation. Si $n_2 > n_1$ (on entre dans un milieu plus réfringent), le rayon **se rapproche** de la normale : $i_2 < i_1$. Si $n_2 < n_1$, il **s'écarte** de la normale ($i_1 = 0$), le rayon n'est pas dévié.

Propriété — indice et vitesse. Dans un milieu d'indice n , la lumière avance moins vite que dans le vide : $v = \frac{c}{n}$, donc $n = \frac{c}{v} \geq 1$. L'indice dépend légèrement de la longueur d'onde : c'est la cause de la **dispersion** de la lumière blanche par un prisme, le violet étant plus dévié que le rouge.

4 SAVOIR-FAIRE DU CHAPITRE

► SAVOIR-FAIRE

- Calculer une durée de parcours avec $\Delta t = d/c$; convertir une distance en années-lumière et interpréter.
- Reconnaître un spectre continu ou un spectre de raies ; classer des corps chauds par température ; identifier un élément en comparant ses raies à celles de spectres de référence.
- Placer sur un schéma le dioptré, le point d'incidence, la normale, et mesurer les angles par rapport à la normale.
- Appliquer $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ dans les deux sens : calculer un angle réfracté ou un indice inconnu.
- Prévoir si un rayon se rapproche ou s'écarte de la normale ; calculer la vitesse de la lumière dans un milieu.

5 EXEMPLES TYPES

★ EXEMPLE — durées de parcours et années-lumière

Le Soleil est à $d = 1,50 \times 10^{11}$ m de la Terre : $\Delta t = \frac{1,50 \times 10^{11}}{3,00 \times 10^8} = 500$ s, soit 8 min 20 s. L'étoile Proxima du Centaure est à 4,2 al, soit $d = 4,2 \times 9,46 \times 10^{15} = 4,0 \times 10^{16}$ m.

★ EXEMPLE — calcul d'un angle de réfraction

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1,00$) dans le verre ($n_2 = 1,50$) avec $i_1 = 30^\circ$. Alors $\sin i_2 = \frac{n_1 \sin i_1}{n_2} = \frac{1,00 \times 0,500}{1,50} = 0,333$, d'où $i_2 = 19^\circ$. Comme $n_2 > n_1$, le rayon s'est bien rapproché de la normale.

★ EXEMPLE — indice inconnu et vitesse

Un rayon passe de l'air dans un liquide inconnu avec $i_1 = 45^\circ$ et s'y propage avec $i_2 = 32^\circ$. Alors $n_2 = \frac{n_1 \sin i_1}{\sin i_2} = \frac{1,00 \times 0,707}{0,530} = 1,33$: c'est de l'eau. La lumière y avance à $v = \frac{c}{n} = \frac{3,00 \times 10^8}{1,33} = 2,26 \times 10^8$ m·s⁻¹.

✗ PIÈGES

- Mesurer les angles par rapport au dioptré : ils se mesurent *par rapport à la normale*.
- Écrire $n_1 i_1 = n_2 i_2$: la loi porte sur les *sinus* des angles, pas sur les angles.
- Oublier de repasser du sinus à l'angle avec la touche $\sin^{-1}$ (ou asin) de la calculatrice.
- Confondre spectre de raies d'émission (raies colorées sur fond noir) et d'absorption (raies noires sur fond coloré) ; les longueurs d'onde, elles, sont les mêmes.
- Croire qu'un corps chaud rouge est plus chaud qu'un corps bleu : c'est l'inverse.