

Exercices 1

Lumière : propagation, spectres et réfraction

Les bases : propagation, vitesse de la lumière, spectres, réflexion et réfraction

4 exercices · niveau ●○○ · durée conseillée : 1 h 30 · calculatrice autorisée

★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Utiliser la propagation rectiligne (rayon, ombre); calculer une durée de parcours avec c ; convertir des distances en années-lumière.
- Exploiter un spectre continu (couleur et température) et un spectre de raies (identification d'un élément); appliquer les lois de Snell-Descartes.

■ RAPPEL — L'essentiel du chapitre

- Dans un milieu **transparent** et **homogène**, la lumière se propage **en ligne droite** : on la modélise par des **rayons lumineux**, ce qui explique les **ombres**. Dans le vide, sa vitesse vaut $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, d'où $\Delta t = d/c$; l'**année-lumière** (al) est la distance parcourue par la lumière dans le vide en un an.
- Un prisme **disperse** la lumière blanche en un **spectre continu**; chaque radiation est repérée par sa **longueur d'onde** λ , le visible s'étendant d'environ 400 nm (violet) à 800 nm (rouge). Un **corps chaud** donne un spectre **continu**, d'autant plus riche en **bleu** qu'il est chaud; un **gaz** donne un spectre de **raies**, colorées sur fond noir en **émission** et noires sur fond coloré en **absorption** : c'est la « carte d'identité » d'un élément.
- **Lois de Snell-Descartes** (angles mesurés *par rapport à la normale* au point d'incidence) : réflexion $i'_1 = i_1$; réfraction $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$. L'**indice de réfraction** n est un nombre sans unité, toujours supérieur ou égal à 1.

Exercice 1 Propagation rectiligne et ombre portée

●○○

Une petite lampe L, assimilée à un point, éclaire une balle opaque de diamètre $D = 6,0 \text{ cm}$ placée à $d_1 = 40 \text{ cm}$ de la lampe. Un mur vertical se trouve à $d_2 = 1,60 \text{ m}$ de la lampe (figure 1).

- 1.1 La lampe est-elle une source primaire ou secondaire de lumière? Et la balle? Quelle propriété permet de tracer les rayons en ligne droite?
- 1.2 À l'aide du théorème de Thalès, calculer le diamètre D' de l'ombre portée sur le mur.
- 1.3 On éloigne la balle jusqu'à 80 cm de la lampe, sans bouger le mur. Le disque d'ombre devient-il plus grand ou plus petit? Calculer son nouveau diamètre.
- 1.4 On remplace la lampe par un tube lumineux de 30 cm de long. Le contour de l'ombre reste-t-il net? Comment appelle-t-on la zone éclairée par une partie seulement de la source?

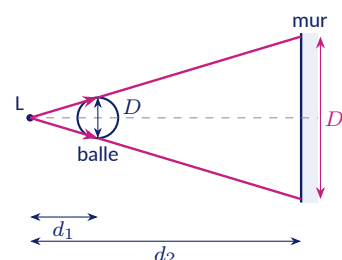


Figure 1 — Ombre portée d'une balle (schéma non à l'échelle)

Exercice 2 La lumière met du temps à voyager



On donne $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dans le vide ; distance Terre-Lune : $3,84 \times 10^8 \text{ m}$; distance Terre-Soleil : $1,50 \times 10^{11} \text{ m}$; distance minimale Terre-Mars : $5,5 \times 10^{10} \text{ m}$.

- 2.1 Depuis 1969, des réflecteurs déposés sur la Lune renvoient vers la Terre un faisceau laser : calculer la durée qui sépare l'émission du signal de la réception de son écho lumineux.
- 2.2 Calculer la durée du trajet de la lumière du Soleil jusqu'à la Terre, et l'exprimer en minutes et secondes.
- 2.3 Un robot posé sur Mars envoie une image vers la Terre au moment où les deux planètes sont au plus près : calculer la durée de transmission. Un pilotage « en direct » du robot depuis la Terre est-il possible ?
- 2.4 L'année-lumière est-elle une durée ou une distance ? En prenant une année de 365 j, montrer qu'elle vaut $9,46 \times 10^{15} \text{ m}$, puis exprimer en kilomètres la distance de Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche du Soleil (4,24 al).
- 2.5 Une étoile située à 250 al explose aujourd'hui : en quelle année les astronomes terrestres observeront-ils l'explosion ? Expliquer la phrase « regarder loin, c'est regarder dans le passé ».

Exercice 3 Analyser des spectres



La figure 2 donne les spectres de trois corps chauds : le filament d'une ampoule de lampe de poche, la surface du Soleil et la surface de l'étoile Rigel. La figure 3 donne les spectres de trois lampes de référence contenant chacune un gaz pur, puis celui d'une lampe inconnue L. Les deux figures utilisent la même échelle de longueurs d'onde.

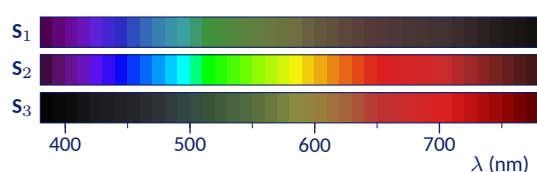


Figure 2 — Trois corps chauds

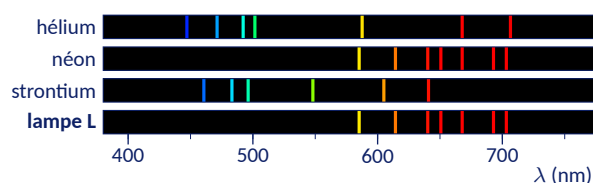


Figure 3 — Trois gaz de référence et la lampe L

- 3.1 Quelle est la différence de nature entre les spectres de la figure 2 et ceux de la figure 3 ? Que peut-on en déduire sur la nature des sources ? À l'aide de l'échelle, donner la couleur des radiations 430 nm, 520 nm et 670 nm.
- 3.2 Classer les trois sources de la figure 2 de la plus froide à la plus chaude et justifier. Leurs températures de surface valent 3 000 K, 5 800 K et 11 000 K : attribuer sa température à chacune, puis dire laquelle est le filament, laquelle est le Soleil, laquelle est Rigel.
- 3.3 Estimer à l'aide de l'échelle, à 10 nm près, les longueurs d'onde des quatre raies de l'hélium comprises entre 440 nm et 505 nm, ainsi que celle de sa raie jaune ; préciser la couleur de chacune. Quel gaz la lampe L contient-elle ? Rédiger la justification. La raie 667,8 nm apparaît dans deux spectres de référence : peut-on identifier un élément à partir d'une seule raie ?

Exercice 4 Réflexion et réfraction à la surface de l'eau



Un pointeur laser éclaire la surface libre de l'eau d'un aquarium (figure 4) : une partie de la lumière est *réfléchi*e, l'autre est *réfract*ée. Indices : air $n_1 = 1,00$; eau $n_2 = 1,33$.

- 4.1 Reproduire la figure, nommer le point d'incidence, la normale et le dioptré, puis mesurer au rapporteur l'angle d'incidence i_1 (par rapport à la *normale*).
- 4.2 Énoncer la loi de la réflexion et tracer le rayon réfléchi ; donner la valeur de i_1' .
- 4.3 Énoncer la deuxième loi de Snell-Descartes, calculer l'angle de réfraction i_2 dans l'eau (arrondi au degré) et tracer le rayon réfracté. Se rapproche-t-il de la normale ? Justifier à l'aide des deux indices.

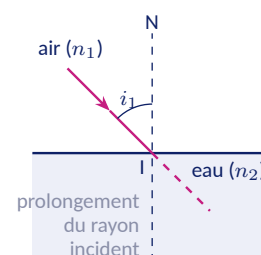


Figure 4 — Rayon laser arrivant sur l'eau