

Exercices 2

Lumière : propagation, spectres et réfraction

Applications : éclipse de Soleil, spectre d'une étoile, vitre d'aquarium, prisme

4 exercices · niveau ●●○ · durée conseillée : 1 h 45 · calculatrice autorisée

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

- Exploiter la propagation rectiligne en astronomie ; analyser le spectre d'une étoile (température, composition).
- Enchaîner plusieurs réfractions, relier indice et vitesse de propagation, interpréter la dispersion par un prisme.

Exercice 1 Éclipse de Soleil

●●○

Lorsque la Lune passe entre le Soleil et la Terre, elle projette un cône d'ombre (figure 1). Diamètres : Soleil $D_S = 1,392 \times 10^6$ km, Lune $D_L = 3\,474$ km ; distance Soleil-Lune $d = 1,50 \times 10^8$ km ; distance Terre-Lune comprise entre $3,63 \times 10^5$ km et $4,06 \times 10^5$ km.

1.1 Quelle propriété de la lumière permet de tracer en ligne droite les rayons de la figure 1 ?

1.2 Calculer le rapport D_L/d_{TL} pour une distance Terre-Lune $d_{TL} = 3,84 \times 10^5$ km, puis le rapport D_S/d_{TS} avec $d_{TS} = 1,50 \times 10^8$ km. Que peut-on en conclure sur les tailles apparentes des deux astres vues de la Terre ?

1.3 Le théorème de Thalès appliqué à la figure 1 donne, pour la longueur L du cône d'ombre de la Lune : $L = \frac{D_L \times d}{D_S - D_L}$. Montrer que $L \approx 3,75 \times 10^5$ km.

1.4 En comparant L aux distances Terre-Lune extrêmes, expliquer pourquoi certaines éclipses de Soleil sont *totales* et d'autres *annulaires* (le Soleil apparaît alors comme un anneau brillant). La Terre, de diamètre 12 742 km, a-t-elle un cône d'ombre plus long ou plus court que celui de la Lune ?

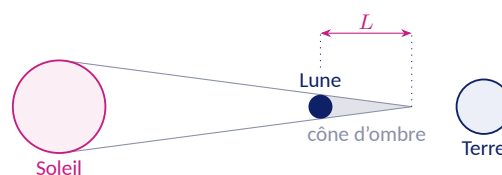


Figure 1 — Ombre de la Lune (schéma sans échelle)

Exercice 2 Que contient l'atmosphère d'une étoile ?

●●○

Un télescope équipé d'un spectroscopie analyse la lumière d'une étoile E. La surface chaude de l'étoile émet un spectre continu ; les gaz de son atmosphère, plus froids, absorbent exactement les radiations qu'ils émettraient s'ils étaient chauds : ces radiations manquent dans la lumière reçue, dont le spectre est barré de raies noires (on parle de *spectre d'absorption*). La figure 2 donne les spectres d'émission de trois éléments de référence et, en bas, le spectre de l'étoile.

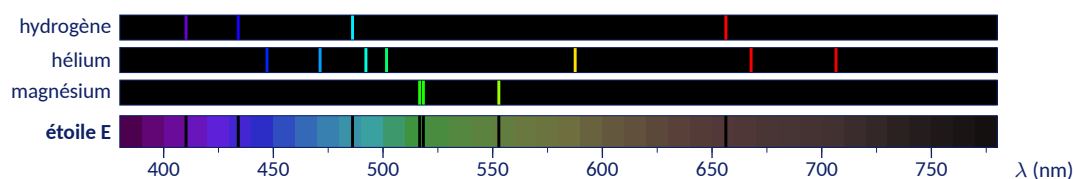


Figure 2 — Spectres d'émission de trois éléments et spectre de l'étoile E

- 2.1** De quel type est le spectre de l'étoile E ? D'où provient le fond coloré continu, et d'où proviennent les raies noires ?
- 2.2** Quels éléments chimiques sont présents dans l'atmosphère de l'étoile E ? Justifier en relevant les longueurs d'onde. Peut-on affirmer que l'élément manquant est totalement absent de l'étoile ?
- 2.3** Le fond continu de l'étoile E est nettement plus intense dans le bleu que dans le rouge. Sa température de surface est-elle supérieure ou inférieure à celle du Soleil (5 800 K) ? De quelle couleur cette étoile apparaît-elle à l'œil nu ?
- 2.4** L'étoile E est à 86 al de la Terre. Exprimer cette distance en mètres, puis indiquer en quelle année a été émise la lumière analysée aujourd'hui. On prendra $1 \text{ al} = 9,46 \times 10^{15} \text{ m}$.

Exercice 3 Le laser traverse la vitre de l'aquarium



Un faisceau laser éclaire la paroi verticale en verre d'un aquarium sous un angle d'incidence $i_1 = 50^\circ$ (figure 3). Il traverse le verre, puis pénètre dans l'eau.

■ **DONNÉES** $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ (angles par rapport à la normale) • indices : air 1,00, eau 1,33, verre 1,50 • $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $v = c/n$

- 3.1** Calculer l'angle de réfraction r dans le verre. Arrondir au dixième de degré.
- 3.2** En appliquant de nouveau la loi de la réfraction au passage verre-eau, calculer l'angle i_2 dans l'eau.
- 3.3** Calculer l'angle de réfraction obtenu si la lumière passait directement de l'air à l'eau, sans vitre. Comparer à i_2 et conclure sur le rôle de la vitre.
- 3.4** Calculer la vitesse de propagation de la lumière dans le verre, puis dans l'eau : dans quel milieu est-elle la plus lente ? La longueur du trajet du rayon à l'intérieur de la vitre vaut 9,3 mm : calculer la durée de la traversée.

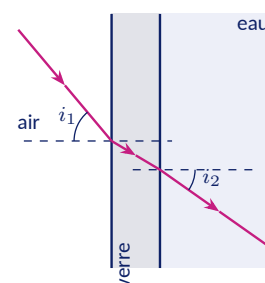


Figure 3 — Traversée de la paroi de l'aquarium

Exercice 4 Le prisme et l'arc-en-ciel



Un pinceau de lumière blanche arrive sous l'incidence $i_1 = 50^\circ$ sur la face d'entrée d'un prisme en verre équilatéral ($A = 60^\circ$, figure 4). L'indice du verre dépend de la longueur d'onde : $n = 1,514$ pour le rouge, $n = 1,528$ pour le violet.

■ **DONNÉES** $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ (angles par rapport à la normale) • indice de l'air : 1,00

- 4.1** Calculer l'angle de réfraction r_1 à l'entrée du prisme pour le rouge, puis pour le violet. La géométrie du triangle impose $r_2 = A - r_1$: en déduire r_2 , puis l'angle de sortie i_2 , pour chaque radiation.
- 4.2** La déviation totale du pinceau vaut $D = i_1 + i_2 - A$. Calculer D pour le rouge et pour le violet. Quelle radiation est la plus déviée ? Quel est l'écart angulaire entre les deux ?
- 4.3** Comment s'appelle le phénomène observé à la sortie du prisme et quelle propriété de la lumière blanche met-il en évidence ? Dans une goutte d'eau sphérique, la lumière du Soleil est réfractée, réfléchie, puis réfractée de nouveau : expliquer en deux phrases pourquoi on observe un arc-en-ciel et pourquoi le rouge et le violet n'y apparaissent pas au même endroit.

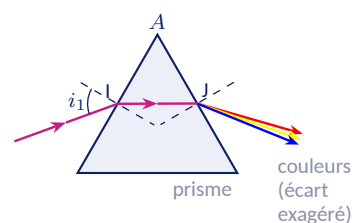


Figure 4 — Trajet dans le prisme