

Exercices 1

Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière

Les bases : domaines des ondes électromagnétiques, énergie d'un photon, niveaux d'énergie, spectres de raies

5 exercices · niveau ●○○ · durée conseillée : 2 h · calculatrice autorisée

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

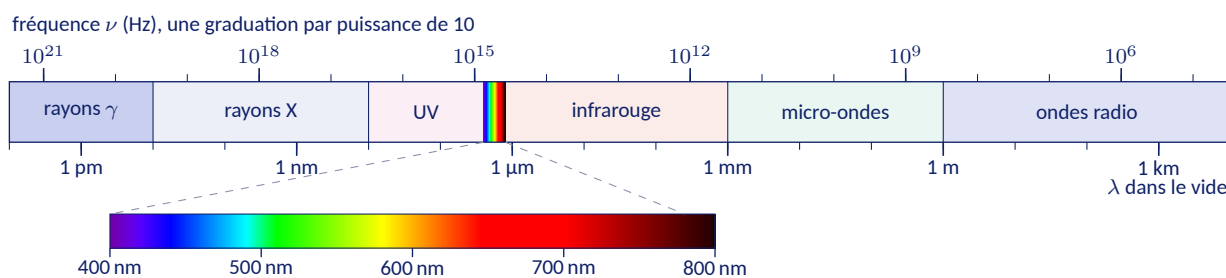
- Situer une radiation dans l'échelle des ondes électromagnétiques; exploiter $\lambda = c/\nu$; calculer l'énergie d'un photon (J, eV) et dénombrer les photons émis par une source.
- Exploiter un diagramme de niveaux d'énergie (émission, absorption); interpréter un spectre de raies.

■ RAPPEL — L'essentiel du chapitre

- **Modèle ondulatoire.** La lumière est une onde électromagnétique : elle se propage même dans le vide, à la célérité $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Longueur d'onde dans le vide et fréquence sont liées par $\lambda = c/\nu$ (λ en m, ν en Hz). Domaines : voir la figure 1 (limites conventionnelles); **visible** de 400 nm à 800 nm.
- **Modèle particulaire.** La lumière est un flux de **photons**, de masse nulle, se déplaçant à la vitesse c et transportant chacun l'énergie $E = h\nu = hc/\lambda$, avec $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$. $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$. Une source de puissance lumineuse P émet $N = P \Delta t / E$ photons pendant Δt .
- **Atome.** Son énergie est **quantifiée** : elle ne peut prendre que certaines valeurs E_n (niveaux d'énergie; le plus bas est l'état fondamental). Lors d'une transition entre les niveaux E_n et E_p , l'atome émet ou absorbe un photon d'énergie $\Delta E = |E_p - E_n| = h\nu$. Chaque élément possède son propre **spectre de raies** (émission ou absorption).

Exercice 1 Se repérer sur l'échelle des ondes électromagnétiques

●○○



- 1.1 Quelle propriété distingue les ondes électromagnétiques des ondes mécaniques ? Vers la droite de la figure 1, ν augmente-t-elle ou diminue-t-elle ?
- 1.2 À l'aide de la figure 1, indiquer le domaine de chacune des radiations suivantes, puis préciser la couleur de celles qui sont visibles :
 - a) four à micro-ondes : 12,2 cm
 - b) lecteur Blu-ray : 405 nm
 - c) télécommande : 940 nm
 - d) radiographie : 0,030 nm
 - e) lampe de bronzage : 350 nm
 - f) pointeur laser : 650 nm
- 1.3 Calculer la longueur d'onde dans le vide (trois chiffres significatifs) et indiquer le domaine des ondes émises par : une radio FM à 100,0 MHz; une box Wi-Fi à 5,00 GHz; une source de cobalt 60 à $3,20 \times 10^{20} \text{ Hz}$. Calculer la fréquence d'un laser vert de longueur d'onde 532 nm.

Exercice 2 Énergie d'un photon

●○○

- 2.1** Calculer, en joule puis en électronvolt, l'énergie d'un photon de longueur d'onde 400 nm, puis de longueur d'onde 800 nm. En déduire un encadrement de l'énergie des photons visibles. Compléter : « plus λ est grande, plus l'énergie du photon est ... ».
- 2.2** Un photon transporte une énergie de 2,10 eV. Calculer la longueur d'onde associée et indiquer la couleur de la radiation.
- 2.3** Un pointeur laser rouge émet une radiation de longueur d'onde 650 nm avec une puissance lumineuse $P = 1,0 \text{ mW}$. Calculer l'énergie d'un photon émis, puis le nombre de photons émis chaque seconde.

Exercice 3 Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

●○○

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par $E_n = -13,6/n^2$ (en eV), où n est un entier non nul (figure 2, à l'échelle).

- 3.1** Calculer E_1 à E_4 . Pourquoi dit-on que l'énergie de l'atome est quantifiée ? Quel est l'état fondamental ? Le niveau $E_\infty = 0$ correspond à l'atome ionisé : quelle énergie minimale faut-il fournir à l'atome dans l'état fondamental pour l'ioniser ?
- 3.2** L'atome passe du niveau $n = 2$ au niveau $n = 1$. S'agit-il d'une émission ou d'une absorption ? Calculer la longueur d'onde du photon correspondant et préciser son domaine.
- 3.3** Un atome dans l'état fondamental reçoit un photon de 12,09 eV ; un autre, un photon de 11,00 eV. Lequel de ces photons peut être absorbé ? Vers quel niveau l'atome passe-t-il ?

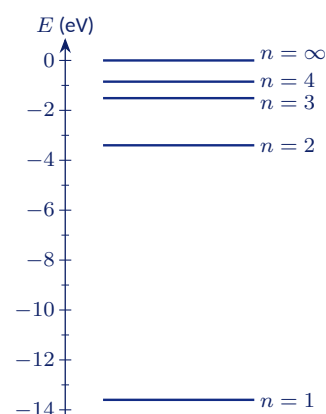


Figure 2 — Atome d'hydrogène

Exercice 4 La raie jaune du sodium

●●○

La figure 3 représente, à l'échelle, quelques niveaux d'énergie de l'atome de sodium.

- 4.1** La flèche correspond-elle à une émission ou à une absorption ? Calculer l'énergie, en eV puis en J, du photon correspondant ; en déduire sa longueur d'onde. De quelle couleur est cette radiation ?
- 4.2** Calculer la longueur d'onde du photon émis lors de la transition de E_2 vers E_1 . Est-elle visible ?
- 4.3** De la vapeur de sodium, dont les atomes sont dans l'état fondamental, est éclairée en lumière blanche. Quelle radiation visible est absorbée ? Schématiser la transition.

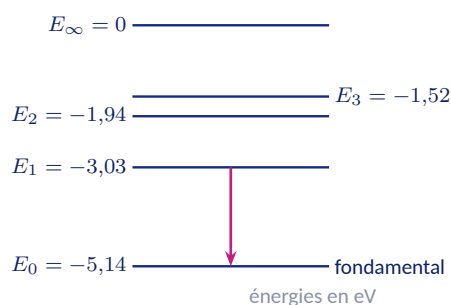


Figure 3 — Atome de sodium

Exercice 5 Lire des spectres de raies

●●○

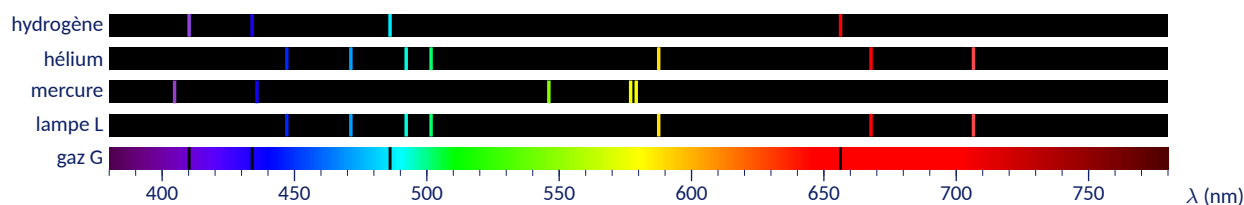


Figure 4 — Spectres d'émission de référence (trois premières lignes), spectre d'une lampe L inconnue, spectre de la lumière blanche après la traversée d'un gaz G

- 5.1** Lequel des cinq spectres est un spectre d'absorption ? Quel gaz la lampe L contient-elle ? Quel est le gaz G ?
- 5.2** Pourquoi les raies noires du gaz G sont-elles aux positions de raies d'émission ? En quoi un spectre de raies est-il la « signature » d'un élément ?