

Exercices 2

Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière

Application : éclairage au sodium, tube fluorescent, coups de soleil, raies de Fraunhofer

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

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

- Associer les raies d'un spectre aux transitions d'un diagramme d'énergie; identifier des éléments chimiques par leurs raies.
- Comparer l'énergie d'un photon à une énergie de liaison ou de transition; interpréter un dispositif d'éclairage.

Exercice 1 L'éclairage public au sodium

●●○

Les lampes à vapeur de sodium basse pression, encore utilisées pour l'éclairage de certains tunnels, émettent une lumière jaune. La figure 1 donne, à l'échelle, des niveaux d'énergie de l'atome de sodium; la figure 2 le spectre visible de la lampe : un doublet très intense (589,0 nm et 589,6 nm) et deux raies faibles.

■ **DONNÉES** $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ • $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ • $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ • visible : 400 nm à 800 nm

- 1.1 Quelle transition est à l'origine du doublet jaune ? Vérifier par un calcul.
- 1.2 Calculer les longueurs d'onde émises lors des transitions $E_4 \rightarrow E_1$ et $E_5 \rightarrow E_1$. Les associer aux deux raies faibles de la figure 2; mesurer leurs longueurs d'onde sur la figure et expliquer le léger écart.
- 1.3 Les transitions $E_2 \rightarrow E_1$ et $E_3 \rightarrow E_1$ sont aussi très fréquentes. Calculer les longueurs d'onde correspondantes. Pourquoi une partie de l'énergie électrique consommée par la lampe n'est-elle pas utile pour l'éclairage ?
- 1.4 Sous cet éclairage, un panneau blanc paraît jaune et une voiture bleue paraît noire. Expliquer.

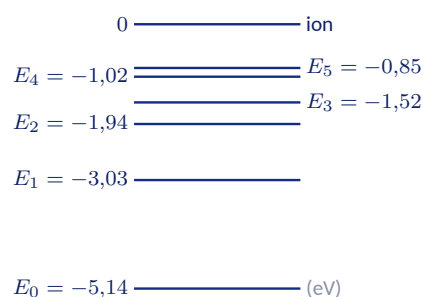


Figure 1 — Niveaux du sodium

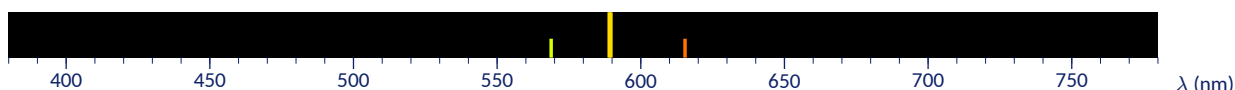


Figure 2 — Spectre visible d'une lampe à vapeur de sodium basse pression (la hauteur des raies traduit leur intensité)

Exercice 2 Le tube « néon » est une lampe à mercure

●●○

Dans un tube fluorescent, une décharge électrique excite des atomes de mercure. Ceux-ci émettent surtout lors de la transition entre le niveau $E_1 = -5,55 \text{ eV}$ et le niveau fondamental $E_0 = -10,44 \text{ eV}$. La paroi intérieure du tube est recouverte de trois poudres qui absorbent ce rayonnement et réémettent de la lumière visible, principalement à 450 nm, 544 nm et 611 nm.

■ **DONNÉES** $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ • $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ • $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ • visible : 400 nm à 800 nm

- 2.1** Calculer la longueur d'onde du rayonnement principal émis par le mercure et donner son domaine. Pourquoi le verre du tube doit-il être recouvert de poudres ?
- 2.2** Donner la couleur des trois radiations réémises par les poudres. Pourquoi l'œil perçoit-il une lumière blanche ?
- 2.3** Un photon absorbé par une poudre donne naissance à un seul photon de 611 nm. Calculer l'énergie de chacun des deux photons en eV, puis le pourcentage de l'énergie du photon absorbé qui est réémis sous forme de lumière visible. Que devient le reste ?

Exercice 3 UV et coups de soleil

●●○

Les ultraviolets solaires sont classés en UVA (315 nm à 400 nm), UVB (280 nm à 315 nm) et UVC (moins de 280 nm, arrêtés par la couche d'ozone). Un photon ne peut rompre une liaison chimique d'une molécule de la peau (ADN, protéines) que si son énergie est au moins égale à l'énergie de cette liaison. L'énergie de la liaison C-C est de $348 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

■ **DONNÉES** $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ • $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ • $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ • $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ • visible : 400 nm à 800 nm

- 3.1** Montrer que l'énergie nécessaire pour rompre une seule liaison C-C vaut environ 3,61 eV.
- 3.2** Calculer l'énergie d'un photon de longueur d'onde 300 nm (UVB), 380 nm (UVA) et 550 nm (visible). Lesquels peuvent rompre une liaison C-C ?
- 3.3** Calculer la longueur d'onde maximale d'un photon capable de rompre une liaison C-C. Pourquoi les crèmes solaires doivent-elles surtout arrêter les UVB ? Pourquoi une forte lumière visible ne provoque-t-elle pas de coup de soleil ?

Exercice 4 Les raies de Fraunhofer

●●○

En 1814, Joseph von Fraunhofer observe des raies sombres dans le spectre du Soleil et les repère par des lettres (figure 3). La lumière émise par la surface très chaude du Soleil traverse son atmosphère, plus froide, puis l'atmosphère terrestre.

■ **DONNÉES** $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ • $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ • $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

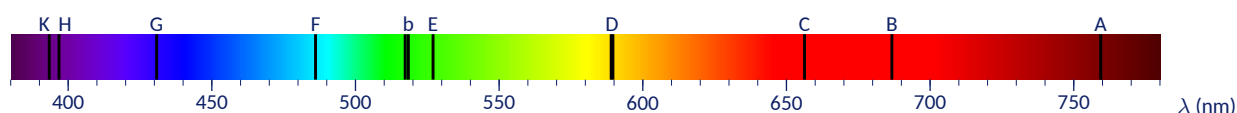


Figure 3 — Spectre de la lumière solaire reçue au sol (principales raies de Fraunhofer)

Entité	hydrogène H	sodium Na	magnésium Mg	ion calcium Ca^+	fer Fe	dioxygène O_2
λ (nm)	410,2 ; 434,0 ; 486,1 ; 656,3	589,0 ; 589,6	517,3 ; 518,4	393,4 ; 396,8	430,8 ; 527,0	686,7 ; 759,4

- 4.1** Le spectre solaire est-il un spectre d'émission ou d'absorption ? Expliquer l'origine du fond coloré et celle des raies sombres.
- 4.2** À l'aide du tableau, identifier les entités responsables des raies C, D, F et H. Les raies A et B sont beaucoup plus marquées au coucher du Soleil qu'à midi : dans quelle atmosphère se trouvent les entités qui les produisent ? Justifier.
- 4.3** La raie C correspond, pour l'atome d'hydrogène, à une transition entre les niveaux $n = 2$ et $n = 3$ ($E_n = -13,6/n^2$ en eV). Calculer sa longueur d'onde et comparer avec le tableau.
- 4.4** Lors de l'éclipse de 1868, on observe au bord du Soleil une raie jaune à 587,6 nm. Aucun élément connu à l'époque ne la produisait : on attribua cette raie à un nouvel élément, l'hélium. Pourquoi ne pouvait-il pas s'agir du sodium ?