

Devoir bilan

Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière

Ondes, couleurs et photons : l'orage, le colorimètre à LED, l'écran OLED

Durée : 1 h 30 · calculatrice autorisée · 3 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : / 20

★ CONSIGNES

Exercices indépendants. Toute réponse doit être justifiée ; expression littérale avant chaque application numérique ; résultats avec un nombre adapté de chiffres significatifs et leur unité.

Exercice 1 L'orage

7 pts ●●○

■ **DONNÉES** $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (dans le vide et dans l'air) • célérité du son dans l'air : $343 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ • $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ • $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ • domaines : visible (400 nm à 800 nm), IR (800 nm à 1 mm), ondes radio ($\lambda > 1 \text{ m}$)

Partie A — Voir l'éclair, entendre le tonnerre

- 1.1** L'éclair émet de la lumière ; le tonnerre est une onde sonore. Comparer ces deux ondes : nature (mécanique ou électromagnétique), milieu de propagation nécessaire, célérité.
- 1.2** Un promeneur entend le tonnerre 6,0 s après avoir vu l'éclair. Calculer la distance qui le sépare de l'éclair. Calculer la durée mise par la lumière pour parcourir cette distance et justifier qu'on puisse la négliger.

Partie B — Localiser un éclair par ses ondes radio

Un éclair émet aussi des ondes électromagnétiques de fréquence voisine de 10 kHz, captées par un réseau d'antennes. Deux antennes A et B, distantes de 300 km, sont alignées avec un éclair situé entre elles ; l'onde est captée par B 0,40 ms après A.

- 1.3** Calculer la longueur d'onde de ces ondes et donner leur domaine.
- 1.4** Montrer que $d_B - d_A = 120 \text{ km}$, où d_A et d_B sont les distances de l'éclair aux antennes. En déduire la position de l'éclair.

Partie C — La lumière de l'éclair

Le canal de l'éclair, porté à près de 30 000 K, émet un spectre de raies (figure 1) : raies de l'azote ionisé, de l'oxygène et de l'hydrogène issu des molécules d'eau.

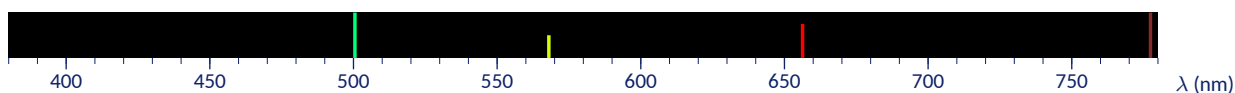


Figure 1 — Principales raies visibles de la lumière d'un éclair

- 1.5** Pour l'atome d'hydrogène, $E_n = -13,6/n^2$ (en eV). Montrer qu'une des raies de la figure 1 correspond à la transition du niveau $n = 3$ vers le niveau $n = 2$.
- 1.6** Calculer l'énergie, en eV, d'un photon de la raie de l'oxygène à 777,4 nm. À quelle limite du domaine visible cette raie se situe-t-elle ?

Exercice 2 Le colorimètre à LED

7 pts ●●○

Le bleu brillant (E133) est un colorant alimentaire. On souhaite doser, avec un colorimètre, le colorant d'une boisson bleue. La figure 2 donne le spectre d'absorption d'une solution de ce colorant. Le colorimètre peut éclairer l'échantillon avec une LED bleue (470 nm), verte (525 nm) ou rouge (630 nm), puis compte les photons qui traversent la cuve.

■ **DONNÉES** $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ • $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ • $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ • cercle chromatique : rouge et cyan, vert et magenta, bleu et jaune sont complémentaires

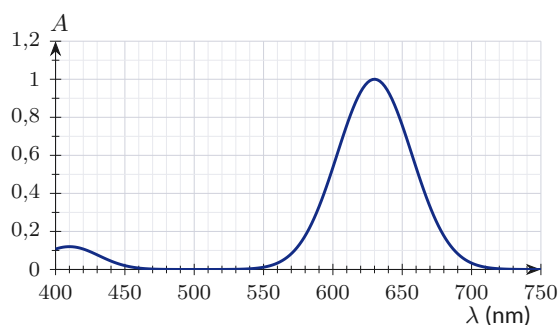


Figure 2 — Spectre d'absorption du bleu brillant

- 2.1 Déterminer, à l'aide de la figure 2, la longueur d'onde du maximum d'absorption. Justifier la couleur de la solution à l'aide du cercle chromatique.
- 2.2 Quelle LED faut-il choisir pour réaliser le dosage ? Justifier.
- 2.3 Calculer l'énergie, en J et en eV, d'un photon émis par la LED choisie. Le capteur reçoit, en l'absence d'échantillon (cuve remplie d'eau), une puissance lumineuse de 0,50 mW : calculer le nombre N_0 de photons reçus par seconde.
- 2.4 Avec la boisson (diluée 10 fois), le capteur ne reçoit plus que 25 % des photons. L'absorbance est donnée par $A = \log \left(\frac{N_0}{N} \right)$, où N est le nombre de photons reçus par seconde avec l'échantillon. Calculer A .
- 2.5 Pour ce colorant, à cette longueur d'onde et dans cette cuve, la loi de Beer-Lambert s'écrit $A = kc$ avec $k = 1,30 \times 10^5 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$. Calculer la concentration en quantité de matière de la boisson diluée, puis la concentration en masse de colorant dans la boisson (masse molaire du colorant : $M = 793 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$).
- 2.6 La dose journalière admissible de ce colorant est de 6 mg par kilogramme de masse corporelle. Un enfant de 30 kg peut-il boire 1 L de cette boisson par jour sans dépasser cette dose ?

Exercice 3 L'écran OLED

6 pts ●●○

Chaque pixel d'un écran OLED est formé de trois sous-pixels qui émettent chacun une lumière quasi monochromatique : rouge (620 nm), verte (530 nm) et bleue (460 nm). Dans chaque sous-pixel, la lumière est émise lors d'une transition entre deux niveaux d'énergie d'une molécule organique.

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

- 3.1 Calculer, en eV, l'énergie des photons émis par chaque sous-pixel. Quel sous-pixel émet les photons les plus énergétiques ?
- 3.2 Pour le sous-pixel bleu, l'écart entre les deux niveaux d'énergie vaut 2,70 eV. Vérifier la cohérence avec la longueur d'onde annoncée.
- 3.3 Quels sous-pixels faut-il allumer pour qu'un pixel paraisse jaune ? blanc ? magenta ? Comment nomme-t-on ce type de synthèse des couleurs ?
- 3.4 Un sous-pixel vert émet une puissance lumineuse de 2,0 μW. Calculer le nombre de photons qu'il émet par seconde.
- 3.5 Dans une pièce sombre, l'écran affiche une image entièrement rouge. Quelle couleur une feuille blanche, puis une pomme verte, placées devant l'écran semblent-elles avoir ? Justifier.