

# La lumière : un flux de photons

QUIZ D'ÉVALUATION — 3 niveaux de difficulté — Corrigé inclus

## Instructions

- Réponds à chaque question sans regarder le corrigé.
- Montre tes calculs pour les questions numériques.
- Le corrigé détaillé est en page finale.

## ★ NIVEAU 1 — Connaissance & Définitions (10 points)

### Q1. Qu'est-ce qu'un photon ? [QCM]

- A) Une onde électromagnétique transversale.
- B) Une particule élémentaire de lumière, sans masse, sans charge.
- C) Un électron émis par un métal éclairé.
- D) Un quantum d'énergie mécanique.

### Q2. Quelle formule donne l'énergie d'un photon ? [QCM]

- A)  $E = mc^2$
- B)  $E = \frac{1}{2}mv^2$
- C)  $E = hf = hc/\lambda$
- D)  $E = qU$

### Q3. Vrai ou Faux ? [V/F — justifie brièvement]

- a) Plus la longueur d'onde est grande, plus le photon est énergétique.
- b) La vitesse d'un photon dans le vide est  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .
- c)  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .
- d) Un photon UV est moins énergétique qu'un photon infrarouge.

### Q4. Dans quel domaine du spectre se trouve un rayonnement de $\lambda = 250 \text{ nm}$ ? [QCM]

- A) Infrarouge
- B) Visible
- C) Ultraviolet
- D) Micro-ondes

### Q5. Définis le travail d'extraction $W_s$ . [Question ouverte — 2 pts]

Espace réponse :

.....  
.....

## ★★ NIVEAU 2 — Compréhension & Application (10 points)

**Q6. Calcul — Énergie d'un photon [3 pts]**

Un laser émet à  $\lambda = 405 \text{ nm}$  (violet). Calculer l'énergie d'un photon en J, puis en eV.  
Données :  $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  ;  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ;  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

Espace calcul :

.....  
.....  
.....

**Q7. Transitions atomiques — Hydrogène [3 pts]**

$E_1 = -13,6 \text{ eV}$  |  $E_2 = -3,4 \text{ eV}$  |  $E_3 = -1,5 \text{ eV}$  |  $E_4 = -0,85 \text{ eV}$   
a) Quelle est l'énergie du photon émis lors de la transition  $n=3 \rightarrow n=2$  ?  
b) Ce photon est-il dans le visible ? (Visible : 380 nm – 780 nm)

Espace calcul :

.....  
.....  
.....

**Q8. Spectres — Vrai ou Faux ? [2 pts, 0,5 pt chacun]**

- a) Un spectre d'émission présente des raies colorées sur fond noir.
- b) Les raies d'émission et d'absorption d'un même gaz sont à des longueurs d'onde différentes.
- c) Le spectre solaire est un spectre d'absorption.
- d) Les spectres permettent d'identifier les éléments chimiques présents dans les étoiles.

**Q9. Explication qualitative [2 pts]**

Explique pourquoi une lampe à vapeur de mercure émet un spectre de raies et non un spectre continu.

Espace réponse :

.....  
.....  
.....

**☆☆☆ NIVEAU 3 — Analyse & Raisonnement (10 points)**

**Q10. Effet photoélectrique — Analyse [4 pts]**

Un métal de césium a un travail d'extraction  $W_s = 2,0 \text{ eV}$ .  
a) Calcule la fréquence seuil  $f_s$  et la longueur d'onde seuil  $\lambda_s$  en nm.

- b) Un rayonnement de  $\lambda_1 = 600 \text{ nm}$  (orange) illumine le métal. Y a-t-il émission ?
- c) Un rayonnement de  $\lambda_2 = 300 \text{ nm}$  (UV) illumine le métal. Calcule  $E_c$  en eV.
- d) On double l'intensité du rayonnement UV. Que se passe-t-il pour  $E_c$  ?

Espace calcul :

.....

.....

.....

.....

.....

**Q11. Applications — QCM à choix multiples [2 pts]**

Plusieurs bonnes réponses possibles. Coche toutes les affirmations correctes :

- A) Un laser émet une lumière monochromatique et cohérente.
- B) Plus le laser est intense, plus les photons sont énergétiques.
- C) Une DEL convertit l'énergie électrique en lumière par recombinaison électron/lacune.
- D) Un panneau photovoltaïque fonctionne grâce à l'effet photoélectrique interne.
- E) Les photons infrarouges du soleil libèrent facilement des électrons dans le silicium.

**Q12. Question ouverte — Raisonement [4 pts]**

Deux sources lumineuses éclairent un métal de platine ( $W_s = 5,6 \text{ eV}$ ) :

- Source 1 : lumière visible très intense ( $\lambda = 500 \text{ nm}$ )
- Source 2 : rayonnement UV de faible intensité ( $\lambda = 150 \text{ nm}$ )

- a) Quelle source provoque une émission d'électrons ? Justifie par le calcul.
- b) Que peut-on dire du nombre d'électrons émis par la source 2 si on diminue encore son intensité ?
- c) Quel modèle de la lumière (ondulatoire ou corpusculaire) explique ces observations ? Pourquoi ?

Espace réponse :

.....

.....

.....

.....

.....

 **CORRIGÉ DÉTAILLÉ — À consulter après avoir répondu !**

— NIVEAU 1 —

**Q1 — Réponse : B**

Un photon est une particule élémentaire de lumière (quanton), sans masse au repos, sans charge électrique, se déplaçant à  $c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Ce n'est pas une onde (A), ni un électron (C), ni un quantum mécanique (D).

*Erreur fréquente : confondre photon et électron (effet photoélectrique).*

## Q2 — Réponse : C

$E = hf = hc/\lambda$  est la relation fondamentale du photon (Planck/Einstein 1905). A est la relation masse-énergie (Einstein). B est l'énergie cinétique. D est l'énergie électrique.

## Q3 — Vrai/Faux :

- a) FAUX —  $E = hc/\lambda$  :  $\lambda \uparrow \rightarrow E \downarrow$ . Un photon IR ( $\lambda$  grand) est MOINS énergétique qu'un photon UV.
- b) VRAI —  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  dans le vide est la vitesse de tout photon.
- c) VRAI —  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$  (à mémoriser absolument).
- d) FAUX — UV ( $\lambda$  court)  $\rightarrow f$  élevée  $\rightarrow E$  grande. UV plus énergétique qu'IR.

## Q4 — Réponse : C (Ultraviolet)

Spectre : UV  $\in [10 \text{ nm} ; 380 \text{ nm}]$ .  $\lambda = 250 \text{ nm}$  est dans le domaine UV.

Rappel : Visible =  $[380 \text{ nm} ; 780 \text{ nm}]$  | IR  $> 780 \text{ nm}$  | UV  $< 380 \text{ nm}$

## Q5 — Travail d'extraction $W_s$ :

$W_s$  est l'énergie minimale qu'il faut fournir à un électron pour l'arracher du métal (vaincre les forces qui le retiennent). Il est propre à chaque métal. Unité : J ou eV.

Lien : à la fréquence seuil,  $h \cdot f_s = W_s$  (l'électron est juste arraché,  $E_c = 0$ ).

## — NIVEAU 2 —

### Q6 — Laser $\lambda = 405 \text{ nm}$ :

$$\lambda = 405 \text{ nm} = 405 \times 10^{-9} \text{ m} = 4,05 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$E = hc/\lambda = (6,626 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8) / 4,05 \times 10^{-7}$$

$$E = 1,988 \times 10^{-25} / 4,05 \times 10^{-7} = 4,91 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{En eV : } E = 4,91 \times 10^{-19} / 1,6 \times 10^{-19} = 3,07 \text{ eV}$$

Vérif : visible UV-proche,  $\in [3,3 \text{ eV limite}] \rightarrow$  cohérent. Couleur : violet ✓

### Q7 — Transition H $n=3 \rightarrow n=2$ :

$$\text{a) } E = |E_3 - E_2| = |-1,5 - (-3,4)| = 1,9 \text{ eV} = 1,9 \times 1,6 \times 10^{-19} = 3,04 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{b) } \lambda = hc/E = (6,626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8) / 3,04 \times 10^{-19} = 6,54 \times 10^{-7} \text{ m} = 654 \text{ nm}$$

**654 nm  $\in [380 ; 780] \text{ nm} \rightarrow$  OUI, c'est dans le VISIBLE (rouge) ✓**

C'est une des raies de la série de Balmer de l'hydrogène (raie H $\alpha$ ).

### Q8 — Spectres V/F :

a) VRAI — Spectre d'émission : fond noir, raies colorées.

b) FAUX — Loi de complémentarité : raies aux MÊMES longueurs d'onde.

c) VRAI — Spectre solaire = lumière blanche solaire absorbée par l'atmosphère froide  $\rightarrow$  raies de Fraunhofer.

d) VRAI — Chaque élément a un spectre unique → analyse spectrale des étoiles.

### Q9 — Spectre de raies du mercure :

Les atomes de mercure dans la lampe ont des niveaux d'énergie quantifiés (discrets). Lorsqu'ils se désexcitent, ils émettent des photons d'énergie précise  $E = hf$  correspondant aux différences de niveaux  $\Delta E = E_{\square} - E_{\square}$ .

Comme il n'existe qu'un nombre fini de transitions possibles, seules certaines longueurs d'onde sont émises → spectre de raies (discontinu), à l'inverse d'un corps chaud qui émet en continu.

## — NIVEAU 3 —

### Q10 — Effet photoélectrique (Cs, $W_s = 2,0 \text{ eV}$ ) :

a) Fréquence seuil :

$$W_s = 2,0 \text{ eV} = 2,0 \times 1,6 \times 10^{-19} = 3,2 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$f_s = W_s / h = 3,2 \times 10^{-19} / 6,626 \times 10^{-34} = 4,83 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\lambda_s = c / f_s = 3,00 \times 10^8 / 4,83 \times 10^{14} = 6,21 \times 10^{-7} \text{ m} = 621 \text{ nm (visible, orange-rouge)}$$

b)  $\lambda_1 = 600 \text{ nm} < \lambda_s = 621 \text{ nm} \rightarrow f_1 > f_s \rightarrow \text{OUI, émission d'électrons.}$

c)  $\lambda_2 = 300 \text{ nm}$  :

$$E_2 = hc/\lambda_2 = (6,626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8) / (3 \times 10^{-7}) = 6,63 \times 10^{-19} \text{ J} = 4,14 \text{ eV}$$

$$E_c = 4,14 - 2,0 = 2,14 \text{ eV} = 3,42 \times 10^{-19} \text{ J}$$

d) Doubler l'intensité → plus de photons par seconde → plus d'électrons émis, MAIS  $E_c$  reste identique (ne dépend que de  $f$ , pas de l'intensité).

### Q11 — Réponses correctes : A, C, D

A : VRAI — Laser = lumière monochromatique (une seule  $\lambda$ ) + cohérente.

B : FAUX — L'intensité du laser détermine le nombre de photons/s, pas leur énergie (qui dépend de  $\lambda$ ).

C : VRAI — Mécanisme quantique de la DEL : recombinaison électron/lacune → photon d'énergie  $E = h \cdot f$ .

D : VRAI — Effet photoélectrique interne dans le semi-conducteur (Si).

E : FAUX — IR :  $E_{\text{photon}} < E_{\text{bande interdite du Si}} (\approx 1,1 \text{ eV})$ , pas d'électrons libérés.

### Q12 — Raisonnement (Platine, $W_s = 5,6 \text{ eV}$ ) :

a) Source 1 ( $\lambda_1 = 500 \text{ nm}$ ) :

$$E_1 = hc/\lambda_1 = (6,626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8) / 5 \times 10^{-7} = 3,98 \times 10^{-19} \text{ J} = 2,49 \text{ eV}$$

**2,49 eV <  $W_s = 5,6 \text{ eV}$  → AUCUNE émission, même à très forte intensité.**

Source 2 ( $\lambda_2 = 150 \text{ nm}$ ) :

$$E_2 = hc/\lambda_2 = (6,626 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8) / 1,5 \times 10^{-7} = 1,33 \times 10^{-18} \text{ J} = 8,28 \text{ eV}$$

**8,28 eV > 5,6 eV → OUI, émission d'électrons.  $E_c = 8,28 - 5,6 = 2,68 \text{ eV}$  ✓**

b) En diminuant l'intensité → moins de photons → moins d'électrons émis. Mais tant que  $f \geq f_s$ , il y aura toujours émission (même un seul photon éjecte un électron).  $E_c$  reste inchangée.

c) Modèle corpusculaire (photons). Le modèle ondulatoire prédit une émission dès que l'intensité est suffisante, quelle que soit la fréquence : cela contredit les observations. Seul le modèle corpusculaire (Einstein, 1905) explique le seuil en fréquence et l'émission immédiate.

## Erreurs fréquentes à ne PAS faire !

1. Oublier de convertir  $\lambda$  en mètres :  $\lambda = 400 \text{ nm} \neq 400 \text{ m} \rightarrow \lambda = 4,00 \times 10^{-7} \text{ m}$
2. Confondre  $E_c$  et  $E_{\text{photon}}$  dans l'effet photoélectrique :  $E_c = E_{\text{photon}} - W_s$  (pas  $E_{\text{photon}}$  seul)
3. Croire que doubler l'intensité augmente l'énergie des photons : FAUX. Intensité  $\uparrow$  = plus de photons, mais  $E_{\text{photon}}$  dépend uniquement de  $f$ .
4. Signe des niveaux d'énergie : les niveaux atomiques sont NÉGATIFS (atome lié). La transition  $n=3 \rightarrow n=1$  donne  $|-1,5 - (-13,6)| = 12,1 \text{ eV}$  (toujours la valeur absolue).
5. Confondre spectre d'émission et d'absorption : émission = raies colorées sur fond noir ; absorption = raies sombres sur fond continu.

Niveau	Questions	Pts	Score	Compétence B.O.
★ Niveau 1	Q1 à Q5	10	/10	S'approprier
★★ Niveau 2	Q6 à Q9	10	/10	Analyser / Réaliser
★★★ Niveau 3	Q10 à Q12	10	/10	Valider / Communiquer
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>	<b>/30</b>	