

Photons, niveaux d'énergie

Corrigé des exercices - niveau 1re

Voici le corrigé détaillé des vingt exercices sur les photons et les niveaux d'énergie. Garde en tête les deux outils : $E = h c \div \lambda$ (ou $1240 \div \lambda$ en eV et nm) et $E_{\text{photon}} = |E_i - E_f|$.

Ce corrigé est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

La correction détaillée : corrigé photons niveaux

Correction de l'exercice 1 : Questions de cours

1. Un photon est un **quantum d'énergie lumineuse** ; sa masse et sa charge sont **nulles**.
2. $E = h c \div \lambda$ (E en J, $h = 6,626 \times 10^{-34}$ J·s, $c = 3,00 \times 10^8$ m/s, λ en m).
3. L'énergie de l'atome ne peut prendre que certaines **valeurs discrètes** (niveaux).
4. $E_{\text{photon}} = |E_i - E_f|$, différence entre les énergies du niveau de départ et du niveau d'arrivée.

Correction de l'exercice 2 : Vrai ou faux ?

- a. **Vrai** : λ plus petite donc E plus grande.
- b. **Faux** : plus d'intensité signifie plus de photons, pas des photons plus énergétiques.
- c. **Vrai** : $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.
- d. **Faux** : l'état fondamental est l'état de plus **basse** énergie.
- e. **Faux** : seul un photon dont l'énergie égale un écart entre deux niveaux est absorbé.
- f. **Vrai** : l'énergie d'un atome lié est inférieure à celle de l'atome ionisé, prise égale à 0.

Correction de l'exercice 3 : Joules et électronvolts

1. $2,0 \text{ eV} = 2,0 \times 1,602 \times 10^{-19} \approx 3,2 \times 10^{-19} \text{ J}$; $13,6 \text{ eV} \approx 2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$; $0,85 \text{ eV} \approx 1,4 \times 10^{-19} \text{ J}$.
2. $4,5 \times 10^{-19} \div 1,602 \times 10^{-19} \approx 2,8 \text{ eV}$; $3,2 \times 10^{-19} \div 1,602 \times 10^{-19} \approx 2,0 \text{ eV}$; $2,18 \times 10^{-18} \div 1,602 \times 10^{-19} \approx 13,6 \text{ eV}$.
3. L'énergie d'un photon est de l'ordre de 10^{-19} J : en eV, on manipule des nombres simples (1 à 10).

Correction de l'exercice 4 : Énergie d'un photon

$$h c = 6,626 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8 \approx 1,988 \times 10^{-25} \text{ J}\cdot\text{m}.$$

1. $E = 1,988 \times 10^{-25} \div 4,50 \times 10^{-7} \approx \mathbf{4,42 \times 10^{-19} \text{ J} \approx 2,76 \text{ eV}}$.
2. $E = 1,988 \times 10^{-25} \div 7,00 \times 10^{-7} \approx \mathbf{2,84 \times 10^{-19} \text{ J} \approx 1,77 \text{ eV}}$.
3. $E = 1,988 \times 10^{-25} \div 5,32 \times 10^{-7} \approx \mathbf{3,74 \times 10^{-19} \text{ J} \approx 2,33 \text{ eV}}$.
4. Par énergie croissante : **rouge (700 nm) < vert (532 nm) < bleu (450 nm)**.

Correction de l'exercice 5 : Quelle longueur d'onde ?

$$\lambda \text{ (nm)} = 1\,240 \div E \text{ (eV)}.$$

- a. $\lambda = 1\,240 \div 2,50 \approx \mathbf{496 \text{ nm} : \text{visible}}$ (bleu-vert).
- b. $\lambda = 1\,240 \div 0,80 = \mathbf{1\,550 \text{ nm} : \text{infrarouge}}$.
- c. $\lambda = 1\,240 \div 5,0 = \mathbf{248 \text{ nm} : \text{ultraviolet}}$.

Correction de l'exercice 6 : Lire un graphique

1. La courbe est **décroissante** (hyperbole) : E diminue quand λ augmente ; E est inversement proportionnelle à λ .
2. À 500 nm : **E $\approx$ 2,5 eV** ; à 650 nm : **E $\approx$ 1,9 eV**.
3. E = 2,0 eV correspond à **$\lambda \approx 620 \text{ nm}$** .
4. $500 \times 2,48 \approx 1\,240$ et $650 \times 1,91 \approx 1\,240$: le produit vaut environ **1 240 eV·nm** (c'est $h c \div e$).

Correction de l'exercice 7 : Niveaux de l'hydrogène

1. $E_1 = -13,6 \text{ eV}$; $E_2 = -13,6 \div 4 = \mathbf{-3,40 \text{ eV}}$; $E_3 = -13,6 \div 9 \approx \mathbf{-1,51 \text{ eV}}$; $E_4 = -13,6 \div 16 = \mathbf{-0,85 \text{ eV}}$.
2. $\Delta E = E_4 - E_2 = -0,85 + 3,40 = \mathbf{2,55 \text{ eV}}$; $\lambda = 1\,240 \div 2,55 \approx \mathbf{486 \text{ nm}}$: bleu-vert.
3. $\Delta E = E_4 - E_3 = -0,85 + 1,51 = \mathbf{0,66 \text{ eV}}$; $\lambda = 1\,240 \div 0,66 \approx \mathbf{1\,880 \text{ nm}}$: infrarouge, invisible.

Correction de l'exercice 8 : L'hydrogène absorbe-t-il ?

1. Écarts possibles depuis $n = 1$: vers $n = 2$: $-3,40 + 13,6 = 10,2 \text{ eV}$; vers $n = 3$: $-1,51 + 13,6 = 12,09 \text{ eV}$. Le photon de **10,2 eV est absorbé** (atome en $n = 2$), celui de **12,09 eV aussi** ($n = 3$). Le photon de **11,0 eV n'est pas absorbé** : il ne correspond à aucun écart. Celui de 14,0 eV dépasse 13,6 eV : il **ionise**.
2. Il arrache l'électron : énergie cinétique = $14,0 - 13,6 = \mathbf{0,4 \text{ eV}}$.
3. Le photon de 11,0 eV **traverse** le gaz sans être absorbé.

Correction de l'exercice 9 : La série de Balmer

1. $n = 3 : 1,89 \text{ eV}$; $n = 4 : 2,55 \text{ eV}$; $n = 5 : -0,544 + 3,40 = \mathbf{2,86 \text{ eV}}$; $n = 6 : -0,378 + 3,40 = \mathbf{3,02 \text{ eV}}$.
2. $\lambda = 1\,240 \div E : \mathbf{656 \text{ nm}} ; \mathbf{486 \text{ nm}} ; \mathbf{434 \text{ nm}} ; \mathbf{410 \text{ nm}}$. Toutes sont comprises entre 400 et 800 nm : **visibles**.
3. Pour $2 \rightarrow 1 : \Delta E = 10,2 \text{ eV}$; $\lambda = 1\,240 \div 10,2 \approx \mathbf{122 \text{ nm}}$, inférieure à 400 nm : **ultraviolet**, invisible.

Correction de l'exercice 10 : Lampe à vapeur de mercure

1. Raies vers **405 nm** (violet), **435 nm** (bleu-violet), **545 nm** (vert) et **580 nm** (jaune), à 10 nm près.
2. $E = 1\,240 \div \lambda : \mathbf{3,06 \text{ eV}} ; \mathbf{2,85 \text{ eV}} ; \mathbf{2,27 \text{ eV}} ; \mathbf{2,14 \text{ eV}}$ (avec 405, 435, 545 et 580 nm).
3. L'écart entre les niveaux $-2,71 \text{ eV}$ et $-5,55 \text{ eV}$ est $-2,71 + 5,55 = \mathbf{2,84 \text{ eV}}$, soit $\lambda = 1\,240 \div 2,84 \approx 437 \text{ nm}$: c'est la raie **bleu-violet** vers 435 nm.

Correction de l'exercice 11 : La lampe au sodium

1. $E = 1\,240 \div 589 \approx \mathbf{2,11 \text{ eV}}$.
2. $\Delta E = -3,03 - (-5,14) = \mathbf{2,11 \text{ eV}}$: les deux valeurs sont égales : la raie jaune correspond à la transition $3p \rightarrow 3s$.
3. Le spectre du sodium est dominé par une raie très fine à 589 nm : la lumière émise a pratiquement une seule longueur d'onde.
4. La tomate renvoie surtout du rouge ($\lambda \approx 650 \text{ nm}$) ; sous une lumière jaune de 589 nm, il n'y a presque pas de photons rouges à renvoyer : la tomate paraît sombre.

Correction de l'exercice 12 : Trois LED

1. Rouge : $E = 1,988 \times 10^{-25} \div 6,30 \times 10^{-7} \approx \mathbf{3,16 \times 10^{-19} \text{ J}} \approx \mathbf{1,97 \text{ eV}}$. Verte : $1,988 \times 10^{-25} \div 5,25 \times 10^{-7} \approx \mathbf{3,79 \times 10^{-19} \text{ J}} \approx \mathbf{2,36 \text{ eV}}$. Bleue : $1,988 \times 10^{-25} \div 4,70 \times 10^{-7} \approx \mathbf{4,23 \times 10^{-19} \text{ J}} \approx \mathbf{2,64 \text{ eV}}$.
2. La **LED bleue** (λ la plus petite).
3. $U \approx \mathbf{1,97 \text{ V}}$ (rouge) ; $\mathbf{2,36 \text{ V}}$ (verte) ; $\mathbf{2,64 \text{ V}}$ (bleue).

Correction de l'exercice 13 : Le pointeur laser

1. $E = 1,988 \times 10^{-25} \div 5,32 \times 10^{-7} \approx \mathbf{3,74 \times 10^{-19} \text{ J}}$.
2. $N = P \div E = 1,0 \times 10^{-3} \div 3,74 \times 10^{-19} \approx \mathbf{2,7 \times 10^{15} \text{ photons par seconde}}$.
3. Ce nombre est colossal : l'œil ne peut pas distinguer des photons individuels, la lumière paraît continue.

Correction de l'exercice 14 : Ultraviolets et molécules

1. À 300 nm : $E = 1\,240 \div 300 \approx \mathbf{4,13\text{ eV}}$; à 600 nm : $E = 1\,240 \div 600 \approx \mathbf{2,07\text{ eV}}$.
2. Le photon **ultraviolet** : $4,13\text{ eV} > 3,6\text{ eV}$, alors que $2,07\text{ eV}$ est insuffisant.
3. $\lambda_{\max} = 1\,240 \div 3,6 \approx \mathbf{3,4 \times 10^2\text{ nm}}$ (344 nm).
4. La crème absorbe les photons ultraviolets avant qu'ils n'atteignent la peau et ne rompent des liaisons chimiques de ses molécules.

Correction de l'exercice 15 : Ioniser l'hydrogène depuis $n = 2$

1. Il faut passer de $-3,40\text{ eV}$ à 0 : **$3,40\text{ eV}$** .
2. $\lambda_{\max} = 1\,240 \div 3,40 \approx \mathbf{365\text{ nm}}$.
3. À 400 nm : $E = 3,10\text{ eV} < 3,40\text{ eV}$: **non**. À 300 nm : $E = 4,13\text{ eV} > 3,40\text{ eV}$: **oui** ; énergie cinétique de l'électron : $4,13 - 3,40 \approx \mathbf{0,73\text{ eV}}$.

Correction de l'exercice 16 : Corriger les erreurs

- a. L'énergie d'un photon **diminue** quand λ augmente.
- b. L'électronvolt est une unité d'**énergie**.
- c. Doubler l'intensité double le **nombre de photons**, pas leur énergie.
- d. Les raies noires correspondent aux photons **absorbés** par le gaz.
- e. Dans son état fondamental, l'atome ne peut **qu'absorber** (il n'existe pas de niveau plus bas pour émettre).

Correction de l'exercice 17 : Wi-Fi et lumière

1. $E = h \nu = 6,626 \times 10^{-34} \times 2,4 \times 10^9 \approx \mathbf{1,6 \times 10^{-24}\text{ J}}$, soit $1,59 \times 10^{-24} \div 1,602 \times 10^{-19} \approx \mathbf{9,9 \times 10^{-6}\text{ eV}}$.
2. $\lambda = c \div \nu = 3,00 \times 10^8 \div 2,4 \times 10^9 = \mathbf{0,125\text{ m}}$.
3. $2,3 \div 9,9 \times 10^{-6} \approx \mathbf{2,3 \times 10^5}$: un photon visible est environ 230 000 fois plus énergétique.
4. Leur énergie est bien inférieure à l'énergie des liaisons chimiques (quelques eV).

Correction de l'exercice 18 : Un atome fictif

1. $0 - (-8,0) = \mathbf{8,0\text{ eV}}$.
2. Écarts depuis E_0 : $E_1 - E_0 = 3,0\text{ eV}$; $E_2 - E_0 = 4,6\text{ eV}$; $E_3 - E_0 = 6,4\text{ eV}$. Sont absorbés : **$3,0\text{ eV}$** et **$4,6\text{ eV}$** . Ne sont pas absorbés : $3,4\text{ eV}$ et $5,0\text{ eV}$.
3. Depuis E_3 , on peut descendre directement ou par étapes : **$3 \rightarrow 0$** : $6,4\text{ eV}$, 194 nm ; **$3 \rightarrow 1$** : $3,4\text{ eV}$, 365 nm ; **$3 \rightarrow 2$** : $1,8\text{ eV}$, 689 nm ; puis **$2 \rightarrow 0$** : $4,6\text{ eV}$, 270 nm ; **$2 \rightarrow 1$** : $1,6\text{ eV}$, 775 nm ; **$1 \rightarrow 0$** : $3,0\text{ eV}$, 413 nm .
4. Longueurs d'onde entre 400 et 800 nm : 689 nm , 775 nm et 413 nm : **trois raies visibles**.

Correction de l'exercice 19 : Pourquoi des raies ?

1. Dans un gaz, les atomes sont isolés : leurs niveaux sont discrets, donc seuls certains photons sont émis, d'où des raies. Dans un solide chaud, les atomes en forte interaction ont un très grand nombre de niveaux presque jointifs : toutes les énergies sont possibles, d'où un spectre continu.
2. L'atome absorbe exactement les photons qui correspondent à ses écarts entre niveaux, donc aux mêmes longueurs d'onde que celles qu'il émet.
3. Ils analysent la lumière de l'étoile avec un spectroscope, repèrent les raies d'absorption et les comparent aux raies de référence de chaque élément.

Correction de l'exercice 20 : Concevoir un protocole

Protocole possible. Allumer la lampe à gaz en salle sombre, viser avec le spectroscope et relever la longueur d'onde de chaque raie (en nm, à environ 5 à 10 nm près). Calculer pour chaque raie l'écart d'énergie $\Delta E = 1\,240 \div \lambda$ (en eV). Comparer ces valeurs aux différences entre niveaux du tableau fourni : le gaz est identifié si **toutes** les raies observées correspondent à des transitions de ses niveaux.

Précision : une incertitude de 10 nm sur 500 nm donne environ 2 % sur ΔE ; répéter les lectures et utiliser plusieurs raies renforce la conclusion.

Comment progresser après ce corrigé

Retiens la méthode en trois temps : (1) repérer l'écart d'énergie entre deux niveaux ou la longueur d'onde donnée ; (2) convertir avec $E \text{ (eV)} = 1\,240 \div \lambda \text{ (nm)}$ ou $E = h c \div \lambda$ en joules ; (3) conclure sur le domaine du spectre (UV, visible, IR). Refais les exercices 7, 9 et 18 sans le corrigé.

Retour aux énoncés des exercices