

Lumière, photons

Corrigé des exercices - niveau Terminale

Voici le corrigé détaillé des exercices sur la lumière et les photons. Par ailleurs, compare chaque démarche avec la tienne : pour ce chapitre, la rigueur sur les unités (J, eV, nm) et les chiffres significatifs compte autant que le résultat. Constantes : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Ensuite, 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 lumière photons

Correction de l'exercice 1 : Questions de cours

1. $E = h \times \nu = h \times c \div \lambda$.
2. L'électronvolt est l'énergie gagnée par un électron accéléré par une tension de 1 V : **1 eV = $1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$** .
3. L'énergie d'un atome ne peut prendre que des **valeurs discrètes**, les niveaux d'énergie.
4. L'énergie du photon doit être **exactement égale à l'écart** entre le niveau de départ et un niveau d'arrivée possible.

Correction de l'exercice 2 : Vrai ou faux ?

- a. **Faux** : $E = h c \div \lambda$ est inversement proportionnelle à λ .
- b. **Vrai** : $\lambda_{\text{bleu}} < \lambda_{\text{rouge}}$ donc $E_{\text{bleu}} > E_{\text{rouge}}$.
- c. **Faux** : un électron absorbe un seul photon ; si ce photon est trop peu énergétique, augmenter leur nombre n'y change rien.
- d. **Vrai** : même fréquence, même direction, même phase.
- e. **Vrai**.
- f. **Faux** : seul un photon d'énergie égale à un écart $E_n - E_1$ (ou supérieure à l'énergie d'ionisation) peut être absorbé.

Correction de l'exercice 3 : Joules et électronvolts

1. $2,5 \text{ eV} = 2,5 \times 1,60 \times 10^{-19} = \mathbf{4,0 \times 10^{-19} \text{ J}}$; $13,6 \text{ eV} = \mathbf{2,18 \times 10^{-18} \text{ J}}$.
2. $3,2 \times 10^{-19} \div 1,60 \times 10^{-19} = \mathbf{2,0 \text{ eV}}$; $4,8 \times 10^{-19} \div 1,60 \times 10^{-19} = \mathbf{3,0 \text{ eV}}$.
3. L'**électronvolt** : les énergies d'un photon visible valent de 1,8 à 3,1 eV, nombres simples, au lieu de puissances de dix négatives en joules.

Correction de l'exercice 4 : Énergie de photons visibles

$E = h c \div \lambda$ avec $h c = 6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8 = 1,989 \times 10^{-25} \text{ J}\cdot\text{m}$.
400 nm : $E = 1,989 \times 10^{-25} \div 4,00 \times 10^{-7} \approx \mathbf{4,97 \times 10^{-19} \text{ J} = 3,11 \text{ eV}}$ (violet).
550 nm : $E \approx \mathbf{3,62 \times 10^{-19} \text{ J} = 2,26 \text{ eV}}$ (vert).
700 nm : $E \approx \mathbf{2,84 \times 10^{-19} \text{ J} = 1,78 \text{ eV}}$ (rouge).
Ordre croissant d'énergie : rouge (700 nm) < vert (550 nm) < violet (400 nm).

Correction de l'exercice 5 : Un pointeur laser rouge

1. $E = 1,989 \times 10^{-25} \div 6,50 \times 10^{-7} \approx \mathbf{3,06 \times 10^{-19} \text{ J}}$.
2. $N = P \div E = 5,0 \times 10^{-3} \div 3,06 \times 10^{-19} \approx \mathbf{1,6 \times 10^{16} \text{ photons par seconde}}$.
3. Énergie : $P \times t = 5,0 \times 10^{-3} \times 10 = \mathbf{5,0 \times 10^{-2} \text{ J}}$.

Correction de l'exercice 6 : L'hydrogène

1. $E_1 = \mathbf{-13,6 \text{ eV}}$; $E_2 = -13,6 \div 4 = \mathbf{-3,40 \text{ eV}}$; $E_3 = -13,6 \div 9 \approx \mathbf{-1,51 \text{ eV}}$; $E_4 = -13,6 \div 16 = \mathbf{-0,85 \text{ eV}}$.
2. Puis il faut passer de $-13,6 \text{ eV}$ à 0 : $\mathbf{13,6 \text{ eV}}$.
3. $\Delta E = E_4 - E_2 = -0,85 - (-3,40) = \mathbf{2,55 \text{ eV}} = 4,08 \times 10^{-19} \text{ J}$; $\lambda = 1,989 \times 10^{-25} \div 4,08 \times 10^{-19} \approx \mathbf{4,87 \times 10^{-7} \text{ m} = 487 \text{ nm}}$.
4. 487 nm est une lumière **bleu-vert**. Ensuite, un atome dans l'état $n = 2$ peut absorber ce photon (même écart d'énergie) et passer à $n = 4$: l'absorption se fait à la longueur d'onde même de l'émission.

Correction de l'exercice 7 : Atome fictif

1. Puis le niveau fondamental est $E_1 = \mathbf{-8,0 \text{ eV}}$; l'énergie d'ionisation vaut $0 - (-8,0) = \mathbf{8,0 \text{ eV}}$.
2. a ($E_4 \rightarrow E_3$) : $\Delta E = -1,0 - (-2,5) = \mathbf{1,5 \text{ eV}}$, $\lambda = 1,989 \times 10^{-25} \div (1,5 \times 1,60 \times 10^{-19}) \approx \mathbf{829 \text{ nm}}$.
b ($E_3 \rightarrow E_2$) : $\Delta E = -2,5 - (-4,5) = \mathbf{2,0 \text{ eV}}$, $\lambda \approx \mathbf{622 \text{ nm}}$.

c ($E_4 \rightarrow E_2$) : $\Delta E = -1,0 - (-4,5) = \mathbf{3,5 \text{ eV}}$, $\lambda \approx \mathbf{355 \text{ nm}}$.

d ($E_3 \rightarrow E_1$) : $\Delta E = -2,5 - (-8,0) = \mathbf{5,5 \text{ eV}}$, $\lambda \approx \mathbf{226 \text{ nm}}$.

3. Visible (400 à 800 nm) : **b** (622 nm, orange-rouge).

Ultraviolet ($\lambda < 400 \text{ nm}$) : **c et d**. Infrarouge ($\lambda > 800 \text{ nm}$) : **a**.

4. $\lambda_{\text{max}} = h c \div E_{\text{ion}} = 1,989 \times 10^{-25} \div (8,0 \times 1,60 \times 10^{-19}) \approx \mathbf{1,55 \times 10^{-7} \text{ m}} = 155 \text{ nm}$ (ultraviolet).

Correction de l'exercice 8 : Quel photon est absorbé ?

Écarts à partir de E_1 : vers E_2 : 3,5 eV ; vers E_3 : 5,5 eV ; vers E_4 : 7,0 eV ; ionisation : 8,0 eV.

1. 2,0 eV : **non** (aucun écart égal). 3,5 eV : **oui**, passage à E_2 . 4,0 eV : **non**. 5,5 eV : **oui**, passage à E_3 . 9,0 eV : voir question 2.

2. 9,0 eV > 8,0 eV : le photon **ionise** l'atome (l'énergie en excès n'a pas besoin d'être exactement égale à un écart) ; $E_c = 9,0 - 8,0 = \mathbf{1,0 \text{ eV}}$.

3. De plus, l'atome en E_3 se désexcite par émission spontanée : soit directement vers E_1 (photon de 5,5 eV), soit en deux étapes $E_3 \rightarrow E_2$ (2,0 eV) puis $E_2 \rightarrow E_1$ (3,5 eV).

Correction de l'exercice 9 : Le seuil de trois métaux

1. Césium : $3,11 > 1,9$, émission, $E_{c,\text{max}} = 3,11 - 1,9 \approx \mathbf{1,2 \text{ eV}}$. Potassium : $3,11 > 2,3$, émission, $E_{c,\text{max}} \approx \mathbf{0,81 \text{ eV}}$. Zinc : $3,11 < 4,3$, **pas d'émission**.

2. $\lambda_{\text{seuil}} = h c \div W_0$: césium $1,989 \times 10^{-25} \div (1,9 \times 1,60 \times 10^{-19}) \approx \mathbf{654 \text{ nm}}$; potassium $\approx \mathbf{540 \text{ nm}}$; zinc $\approx \mathbf{289 \text{ nm}}$ (ultraviolet).

3. Ensuite, le **césium** : son seuil (654 nm) est dans le visible, il réagit à presque toute la lumière visible.

Correction de l'exercice 10 : Détermination de h

1. Par ailleurs, la droite coupe l'axe des abscisses à $\nu_0 = \mathbf{7,0 \times 10^{14} \text{ Hz}}$.

2. $E_{c,\text{max}} = h \times (\nu - \nu_0) = h \nu - W_0$: le coefficient directeur est la **constante de Planck h** (en eV·s).

3. Pente = $(2,07 - 0) \div ((12 - 7) \times 10^{14}) \approx \mathbf{4,1 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}}$; en joules : $4,14 \times 10^{-15} \times 1,60 \times 10^{-19} \approx \mathbf{6,6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}}$.

4. Puis cette valeur est celle de h ($6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$). $W_0 = h \nu_0 = 4,14 \times 10^{-15} \times 7,0 \times 10^{14} \approx \mathbf{2,9 \text{ eV}}$.

Correction de l'exercice 11 : Courant photoélectrique

1. Droite **passant par l'origine** : I est proportionnelle à P . Doubler la puissance double le nombre de photons reçus par seconde donc le nombre d'électrons émis (chaque photon absorbé extrait au plus un électron).
2. $E = 1,989 \times 10^{-25} \div 4,00 \times 10^{-7} = 4,97 \times 10^{-19} \text{ J}$; $N = 2,0 \times 10^{-3} \div 4,97 \times 10^{-19} \approx \mathbf{4,0 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}}$.
3. $I = 1,8 \mu\text{A}$; électrons par seconde = $1,8 \times 10^{-6} \div 1,60 \times 10^{-19} \approx \mathbf{1,1 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}}$.
4. Rendement = $1,1 \times 10^{13} \div 4,0 \times 10^{15} \approx \mathbf{2,8 \times 10^{-3}}$, soit environ 0,28 % : un photon sur 360 extrait un électron collecté.

Correction de l'exercice 12 : Un pointeur laser vert

1. $E = 1,989 \times 10^{-25} \div 5,32 \times 10^{-7} \approx \mathbf{3,74 \times 10^{-19} \text{ J} = 2,34 \text{ eV}}$.
2. $N = 1,0 \times 10^{-3} \div 3,74 \times 10^{-19} \approx \mathbf{2,7 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}}$.
3. **Plus** : un photon rouge est moins énergétique ; pour une même puissance (même énergie par seconde), il en faut davantage.

Correction de l'exercice 13 : Reconnaître les processus

1. A : **émission stimulée** (un photon entre, deux sortent, l'atome passe de E_2 à E_1). B : **absorption** (le photon est absorbé et l'atome monte de E_1 à E_2). C : **émission spontanée** (aucun photon incident).
2. Ensuite, les photons émis ont **même énergie, même direction et même phase** que le photon incident.
3. Puis dans l'**absorption** (B), et aussi pour déclencher l'émission stimulée (A) : $h\nu = E_2 - E_1$.
4. L'**émission stimulée**. De plus, il faut une **inversion de population** : plus d'atomes dans le niveau excité E_2 que dans le niveau E_1 , sinon l'absorption l'emporte.

Correction de l'exercice 14 : Deux diodes électroluminescentes

1. Bleue : $E = 1,989 \times 10^{-25} \div 4,50 \times 10^{-7} \approx 4,42 \times 10^{-19} \text{ J} \approx \mathbf{2,76 \text{ eV}}$. Rouge : $E = 1,989 \times 10^{-25} \div 6,30 \times 10^{-7} \approx 3,16 \times 10^{-19} \text{ J} \approx \mathbf{1,97 \text{ eV}}$.
2. $U_s \approx E \div e$: **environ 2,8 V** (bleue) et **environ 2,0 V** (rouge).
3. Ensuite, la **bleue** : ses photons sont plus énergétiques. Par ailleurs, elle exige un matériau semi-conducteur dont l'écart d'énergie est plus grand, d'où la difficulté de sa mise au point.

Correction de l'exercice 15 : Cellule photovoltaïque

- $\lambda_{\max} = h c \div E = 1,989 \times 10^{-25} \div (1,12 \times 1,60 \times 10^{-19}) \approx \mathbf{1,11 \times 10^{-6} \text{ m}} = 1\,110 \text{ nm}$.
- $1\,110 \text{ nm} > 800 \text{ nm}$: **infrarouge** (invisible).
- Énergie perdue : $2,26 - 1,12 = 1,14 \text{ eV}$; fraction = $1,14 \div 2,26 \approx \mathbf{0,50}$ soit **50 %** sous forme de chaleur dans la cellule.

Correction de l'exercice 16 : Le spectre de l'hydrogène

- Raies à environ **410, 435, 485 et 660 nm** (valeurs plus précises : 411, 435, 487 et 658 nm).
- $E = h c \div \lambda$: $411 \text{ nm} \rightarrow \mathbf{3,02 \text{ eV}}$; $435 \text{ nm} \rightarrow \mathbf{2,86 \text{ eV}}$; $487 \text{ nm} \rightarrow \mathbf{2,55 \text{ eV}}$; $658 \text{ nm} \rightarrow \mathbf{1,89 \text{ eV}}$.
- $n = 3 \rightarrow 2$: $13,6 \times (1/4 - 1/9) = 1,89 \text{ eV}$; $n = 4 \rightarrow 2$: $13,6 \times (1/4 - 1/16) = 2,55 \text{ eV}$; $n = 5 \rightarrow 2$: $13,6 \times (1/4 - 1/25) = 2,86 \text{ eV}$; $n = 6 \rightarrow 2$: $13,6 \times (1/4 - 1/36) = 3,02 \text{ eV}$.
Donc $658 \text{ nm} \leftrightarrow 3 \rightarrow 2$; $487 \text{ nm} \leftrightarrow 4 \rightarrow 2$; $435 \text{ nm} \leftrightarrow 5 \rightarrow 2$; $411 \text{ nm} \leftrightarrow 6 \rightarrow 2$.
-

Puis, les niveaux d'énergie sont propres à chaque élément : la présence de ces quatre raies aux positions exactes est la signature de l'hydrogène, dans le spectre d'une étoile comme au laboratoire.

Correction de l'exercice 17 : Corriger les erreurs

- $E = h \times c \div \lambda$.
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times \mathbf{10^{-19} \text{ J}}$.
- Puis il existe une **fréquence seuil** : en dessous, aucun électron n'est émis, quelle que soit l'intensité.
- L'énergie d'un électron lié est **négative** (0 correspond à l'électron libre).
- L'énergie du photon est la **différence** $E_3 - E_2$ (valeur absolue), pas la somme.

Correction de l'exercice 18 : Ioniser l'hydrogène

- $\lambda_{\max} = 1,989 \times 10^{-25} \div (13,6 \times 1,60 \times 10^{-19}) \approx \mathbf{9,14 \times 10^{-8} \text{ m}} = 91 \text{ nm}$: ultraviolet.
- $E_c = 20 - 13,6 = \mathbf{6,4 \text{ eV}} = 6,4 \times 1,60 \times 10^{-19} \approx \mathbf{1,02 \times 10^{-18} \text{ J}}$.
- $v = \sqrt{(2 \times 1,02 \times 10^{-18} \div 9,11 \times 10^{-31})} = \sqrt{(2,25 \times 10^{12})} \approx \mathbf{1,5 \times 10^6 \text{ m/s}}$.

Correction de l'exercice 19 : Une lampe ultraviolette

1. $E = 1,989 \times 10^{-25} \div 2,54 \times 10^{-7} \approx 7,83 \times 10^{-19} \text{ J} = 4,89 \text{ eV}$.
2. $N = 10 \div 7,83 \times 10^{-19} \approx 1,3 \times 10^{19} \text{ s}^{-1}$.
3. Ensuite, un photon de 4,9 eV est assez énergétique pour casser des liaisons chimiques et endommager l'ADN des cellules ; un photon rouge (environ 1,8 eV) n'a pas cette capacité, même s'il y en a plus pour la même puissance.

Correction de l'exercice 20 : Une affirmation à discuter

Réponse type. Un photon rouge de 700 nm a pour énergie $E = 1,989 \times 10^{-25} \div 7,00 \times 10^{-7} \approx 2,84 \times 10^{-19} \text{ J} \approx 1,78 \text{ eV}$. Puis cette énergie est inférieure au travail d'extraction du zinc, $W_0 = 4,3 \text{ eV}$. Or un électron n'absorbe qu'un seul photon à la fois : il ne peut pas additionner l'énergie de plusieurs photons rouges. Augmenter la puissance ne fait qu'augmenter le *nombre* de photons, donc le nombre d'électrons émis *si* l'effet existe ; en dessous du seuil, il reste nul. De plus, pour obtenir l'effet, il faut une lumière plus énergétique, de longueur d'onde inférieure à $\lambda_{\text{max}} = h c \div W_0 = 1,989 \times 10^{-25} \div (4,3 \times 1,60 \times 10^{-19}) \approx 289 \text{ nm}$, donc dans l'ultraviolet.

Comment progresser après ce corrigé

Commence toujours par repérer la grandeur demandée : énergie (J ou eV), longueur d'onde (nm) ou nombre de photons. Convertis les unités avant de calculer, vérifie que l'énergie d'un photon visible est comprise entre 1,6 et 3,2 eV et que la longueur d'onde trouvée tombe dans un domaine cohérent. Refais les exercices 7, 10 et 16 sans regarder la correction.

Retour aux énoncés des exercices

Tout le chapitre « Lumière, photons et quantification » en terminale

- Le cours : Lumière, photons et quantification
- Les exercices : Lumière, photons et quantification
- Le TP : Lumière, photons et quantification
- Le corrigé du TP : Lumière, photons et quantification
- Le QCM : Lumière, photons et quantification
- Le contrôle : Lumière, photons et quantification
- Le corrigé du contrôle : Lumière, photons et quantification

Chapitre précédent : Le circuit RC, charge et décharge (corrigé des exercices)

Chapitre suivant : Transferts thermiques et bilan d'énergie (corrigé des exercices)

Retrouve aussi tous les corrigés des exercices en terminale et le programme complet de sciences physiques en terminale.