

Chapitre 18 – Description de la lumière par un flux de photons – Corrigé

QCM

- 1** La proposition A est une bonne réponse.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car l'aspect ondulatoire de la lumière ne permet pas d'expliquer l'effet photoélectrique. Avec l'aspect ondulatoire, il y aurait une intensité lumineuse seuil, par exemple.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car l'aspect ondulatoire de la lumière ne permet pas d'expliquer l'effet photoélectrique, donc ce n'est pas la dualité onde-particule qui permet d'expliquer l'effet photoélectrique.
- 2** La proposition A n'est pas une bonne réponse car l'effet photoélectrique ne se produit qu'à partir d'une certaine fréquence.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car l'effet photoélectrique ne se produit qu'à partir d'une certaine fréquence.
- 3** La proposition A n'est pas une bonne réponse car l'effet photoélectrique se produit pour une longueur d'onde inférieure ou égale à une valeur seuil, donc pas supérieure.
La proposition B est une bonne réponse car :
$$\lambda_s = \frac{c}{\nu_s} = \frac{3,00 \times 10^8}{1,2 \times 10^{15}} = 2,5 \times 10^{-7} \text{ m} = 250 \text{ nm}$$

La proposition C est une bonne réponse.
- 4** La proposition A n'est pas une bonne réponse car cette énergie est souvent fournie par un photon, mais elle ne sert pas à extraire un photon.
La proposition B est une bonne réponse.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car le travail d'extraction est l'énergie à fournir pour extraire un électron, donc ce n'est pas l'énergie libérée.
- 5** La proposition A est une bonne réponse car :
 $W = h \cdot \nu = 6,63 \times 10^{-34} \times 1,2 \times 10^{15} = 8,0 \times 10^{-19} \text{ J}$.
La proposition B n'est pas une bonne réponse car le calcul est faux.
La proposition C n'est pas une bonne réponse car le calcul est faux.
- 6** La proposition A est une bonne réponse car l'énergie apportée par un photon est en partie fournie pour extraire l'électron. L'énergie excédentaire est l'énergie cinétique de l'électron, donc

$$h \cdot \nu = E_{\text{c électron}} + W.$$

La proposition B est une bonne réponse car $W = h \cdot \nu_s$, donc :

$$h \cdot \nu = E_{\text{c électron}} + h \cdot \nu_s$$

La proposition C n'est pas une bonne réponse car $h \cdot \nu = E_{\text{c électron}} + W$.

7 La proposition A n'est pas une bonne réponse car la résistance est une caractéristique d'un matériau.

La proposition B est une bonne réponse.

La proposition C est une bonne réponse.

8 La proposition A n'est pas une bonne réponse car le rendement est, par définition :

$$\eta = \frac{P_{\text{fournie}}}{P_{\text{reçue}}} \times 100 = \frac{P_{\text{électrique}}}{P_{\text{lumineuse}}} \times 100 \text{ et non l'inverse.}$$

La proposition B n'est pas une bonne réponse car le rendement est, par définition :

$$\eta = \frac{E_{\text{fournie}}}{E_{\text{reçue}}} \times 100 = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{lumineuse}}} \times 100 \text{ et non l'inverse.}$$

La proposition C est une bonne réponse.

9 La proposition A est une bonne réponse

La proposition B n'est pas une bonne réponse car le générateur est la cellule photovoltaïque.

La proposition C n'est pas une bonne réponse car le voltmètre doit être en dérivation et il faut une résistance variable pour avoir différents couples (U, I) .

10 1. Sur le schéma, on voit que la lumière (représentée par des vagues) extrait des électrons (représentés par des ronds) d'un matériau.

2. a. La fréquence seuil est la fréquence minimale de la lumière qui peut extraire un électron d'un matériau.

b. La fréquence seuil se situe entre $4,3 \times 10^{-14} \text{ Hz}$ (pas d'électron extrait) et $5,5 \times 10^{-14} \text{ Hz}$ (électrons extraits).

14 a. L'effet photoélectrique se produit pour un rayonnement tel que $500 \text{ nm} \leq \lambda_s$ donc pour Cs, K et Ba.

b. Pour $\nu = 7,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$, $\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3,00 \times 10^8}{7,5 \times 10^{14}} = 400 \text{ nm}$.

L'effet photoélectrique se produit pour un rayonnement tel que $400 \text{ nm} \leq \lambda_s$ donc pour Cs, K et Ba.

c. L'effet photoélectrique se produit pour chaque matériau car les UV sont présents avant toutes les longueurs d'onde seuil des matériaux.

16 1. a. Le travail d'extraction est l'énergie à fournir pour extraire un électron d'un matériau. Il se note W et s'exprime en joule, de symbole J.

b. $W = h \cdot \nu_s$, avec ν_s la fréquence seuil du matériau.

c. $W = \frac{h \cdot c}{\lambda_s}$

2. En appliquant les relations $\nu_s = \frac{1}{\lambda_s}$ et $W = \frac{h \cdot c}{\lambda_s}$, on obtient :

Matériau	Fréquence seuil	Longueur d'onde seuil
Ag	$1,1 \times 10^{15}$ Hz	0,27 μm
Pt	$4,5 \times 10^{14}$ Hz	0,67 μm
Cs	$1,6 \times 10^{15}$ Hz	0,19 μm
Ca	$6,7 \times 10^{14}$ Hz	0,45 μm

Matériau	Travail d'extraction
Ag	$7,4 \times 10^{-19}$ J
Pt	$3,0 \times 10^{-19}$ J
Cs	$1,1 \times 10^{-18}$ J
Ca	$4,4 \times 10^{-19}$ J

3. Plus la longueur d'onde seuil *augmente* et plus le travail d'extraction *diminue*.

Plus la fréquence seuil *augmente* et plus le travail d'extraction *augmente*.

18 1. a. On a : $E_{\text{photon}} = h \cdot \nu = W + E_c$

b. On utilise la conservation de l'énergie.

2. a. $E_c = h \cdot \nu - W$

AN :

$$E_c = 6,63 \times 10^{-34} \times 6,0 \times 10^{14} - 2,29 \times 1,602 \times 10^{-19} = 3,1 \times 10^{-20} \text{ J.}$$

b. $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ donc $v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}}$.

AN : $v = \sqrt{\frac{2 \times 3,1 \times 10^{-20}}{9,11 \times 10^{-31}}} = 2,6 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

22 1. a. Le capteur de lumière utilise l'effet photoélectrique car il produit de l'électricité lorsqu'il reçoit la lumière diffusée par la fumée.

b. La DEL (ou diode électroluminescente) utilise l'effet électroluminescent pour émettre de la lumière.

2. a. Dans le capteur de lumière, il y a absorption de photon.

b. La DEL émet de la lumière, donc elle émet des photons.

3. Si la lumière de la DEL est diffusée par les particules de fumée, elle atteint le capteur de lumière qui, par effet photoélectrique, engendre un courant. Ce courant déclenchera une alarme.

23 Une erreur s'est glissée dans le spécimen du professeur. Il faut lire $U = 0,10 \text{ V}$. Cette erreur a été corrigée dans le manuel de l'élève et les manuels numériques.

1. $P_{\text{lumineuse}} = E \cdot S$

AN : $P_{\text{lumineuse}} = \frac{7\,000}{100} \times 0,05 \times 0,04 = 0,14 \text{ W}$

2. $P_{\text{électrique}} = U \cdot I$

AN : $P_{\text{électrique}} = 0,18 \times 0,10 = 0,018 \text{ W}$

3. a. $\eta = \frac{P_{\text{électrique}}}{P_{\text{lumineuse}}} \times 100$

AN : $\eta = \frac{0,018}{0,14} \times 100 = 13 \%$

b. Un rendement de 13 % signifie que 13 % de l'énergie lumineuse est convertie en énergie électrique et que 87 % de l'énergie lumineuse est « perdue » par réflexion ou convertie sous forme d'énergie thermique.

24 1. La cellule photoélectrique convertit l'intensité lumineuse en électricité.

2. L'effet photoélectrique.

3. Cet effet doit avoir lieu pour toute la lumière visible, donc pour la réponse **b.** :

$\lambda_s \leq 800 \text{ nm.}$

27 1. L'effet photoélectrique désigne l'extraction d'électrons d'un matériau sous l'effet d'une onde électromagnétique.

2. L'effet photoélectrique a lieu pour $\lambda \leq \lambda_s$.
Par définition, le travail d'extraction du zinc s'exprime : $W(\text{Zn}) = \frac{h \cdot c}{\lambda_s}$.

Donc $\lambda_s = \frac{h \cdot c}{W(\text{Zn})}$

AN : $\lambda_s = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{3,36 \times 1,602 \times 10^{-19}}$
 $= 3,70 \times 10^{-7} \text{ m} = 370 \text{ nm}$

$\lambda \leq 370 \text{ nm}$ correspond à des raies d'émission dans le domaine des ultraviolets.

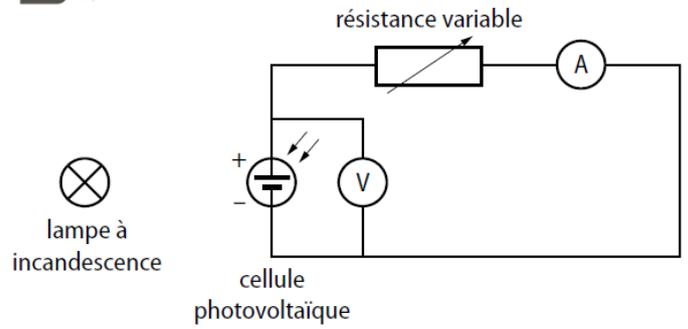
3. La conservation de l'énergie du photon s'exprime :

$h \cdot \nu = E_c + W(\text{Zn})$.

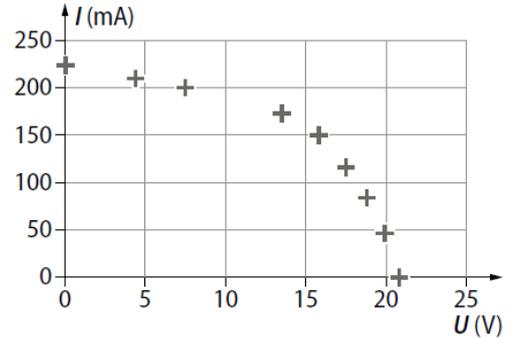
$E_c = \frac{h \cdot c}{\lambda} - W(\text{Zn})$

AN :
 $E_c = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{302 \times 10^{-9}} - 3,36 \times 1,602 \times 10^{-19}$
 $= 1,20 \times 10^{-19} \text{ J}$

29 1.



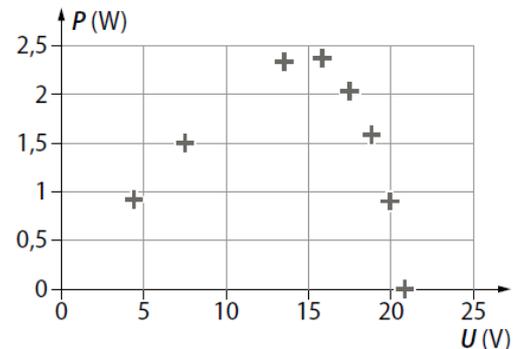
2.



3. a. On calcule $P = U \cdot I$ pour chaque valeur de U :

U (V)	20,8	19,9	18,8	17,5	15,8	13,5	7,5	4,4	0,061
P (W)	0	0,906	1,58	2,03	2,37	2,34	1,50	0,924	0,014

On trace $P = f(U)$.



On lit la valeur maximale : $P_{\text{électrique}} = 2,4 \text{ W}$.

b. $\eta = \frac{P_{\text{électrique}}}{P_{\text{lumineuse}}} \times 100$

Or $P_{\text{lumineuse}} = E \cdot S$, où E est l'éclairement.

$\eta = \frac{2,4}{97 \times 0,25} \times 100 = 10 \%$

c. Un rendement de 10 % signifie que 10 % de l'énergie lumineuse est convertie en énergie électrique et que 90 % de l'énergie lumineuse est « perdue » par réflexion ou convertie sous forme d'énergie thermique. Ce rendement n'est pas très élevé mais correspond au rendement moyen d'une cellule photovoltaïque.