



Fiche : Effet photoélectrique et interactions lumière-matière

FICHE • P16 • TERMINALE

Spécialité de terminale, programme officiel. Cours original rédigé avec une IA. Le cours de ton enseignant fait foi.

Sommaire du cours

L'essentiel	1
Formules et définitions à connaître	2
Pièges à éviter	2
Je me teste	3

L'essentiel

- Dans ses échanges d'énergie avec la matière, la lumière se comporte comme un ensemble de photons d'énergie $E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$.
- Un électronvolt vaut $1,60 \times 10^{-19}$ J, et l'énergie d'un photon en eV vaut environ 1 240 divisé par sa longueur d'onde en nm.
- Une source monochromatique de puissance P émet $N = P / (h \cdot \nu)$ photons par seconde.
- L'effet photoélectrique est l'émission d'électrons par un métal éclairé par un rayonnement électromagnétique.
- L'émission n'a lieu qu'au-dessus d'une fréquence seuil propre au métal, quelle que soit l'intensité de la lumière, et elle est instantanée.
- L'intensité lumineuse fixe le nombre d'électrons émis par seconde, la fréquence fixe leur énergie cinétique maximale.
- Le modèle ondulatoire n'explique pas ces faits ; Einstein les interprète en 1905 par l'absorption d'un photon entier par un seul électron.
- Le travail d'extraction W est l'énergie minimale pour extraire un électron du métal, et le bilan d'énergie donne $E_{c,max} = h \cdot \nu - W$.
- Le seuil correspond à $\nu_0 = W/h$, soit $\lambda_0 = h \cdot c / W$: il y a émission si $\lambda < \lambda_0$.
- La droite $E_{c,max}$ en fonction de ν a pour pente h, la même pour tous les métaux, et coupe l'axe des fréquences en ν_0 .
- Un atome n'absorbe ou n'émet un photon que si son énergie est exactement égale à l'écart entre deux de ses niveaux d'énergie.
- Un photon d'énergie supérieure à l'énergie d'ionisation peut ioniser l'atome, l'excédent devenant énergie cinétique de l'électron.
- Dans un semi-conducteur, un photon d'énergie au moins égale au gap E_g crée une paire électron-trou : c'est le principe de la photodiode et de la cellule photovoltaïque.
- Une DEL émet des photons d'énergie voisine du gap de son matériau, ce qui fixe sa couleur.



- Le rendement d'une cellule photovoltaïque vaut $\eta = U \cdot I / (E \cdot S)$; il est maximal au point de puissance maximale de sa caractéristique.

Formules et définitions à connaître

Grandeur	Formule	Unités	Condition de validité
Énergie d'un photon	$E = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$	J (ou eV), Hz, m	λ dans le vide
Nombre de photons par seconde	$N = P / (h \cdot \nu)$	s^{-1} , P en W	source monochromatique
Énergie cinétique maximale	$E_{c,max} = h \cdot \nu - W$	J ou eV (même unité)	$h \cdot \nu \geq W$
Fréquence seuil, longueur d'onde seuil	$\nu_0 = W/h$; $\lambda_0 = h \cdot c / W$	Hz ; m	
Vitesse maximale	$v = \sqrt{2 \cdot E_{c,max} / m}$	$m \cdot s^{-1}$, E_c en J, m en kg	non relativiste
Absorption ou émission atomique	$h \cdot \nu = E_p - E_n$	J ou eV	transition entre niveaux liés
Seuil d'un semi-conducteur	$\lambda_{max} = h \cdot c / E_g$	m	
Rendement photovoltaïque	$\eta = U \cdot I / (E \cdot S)$	sans unité, E en $W \cdot m^{-2}$, S en m^2	
Constantes	$h = 6,63 \times 10^{-34} J \cdot s$; $c = 3,00 \times 10^8 m \cdot s^{-1}$; $1 eV = 1,60 \times 10^{-19} J$		

Pièges à éviter

- Croire qu'une lumière plus intense peut compenser une fréquence trop basse : sous le seuil, aucun électron n'est émis.
- Soustraire une énergie en joules et une énergie en électronvolts.
- Calculer une vitesse avec une énergie en eV au lieu de joules.



- Oublier que le seuil est une longueur d'onde maximale : l'émission exige $\lambda < \lambda_0$.
- Exiger une énergie exacte pour l'effet photoélectrique ou l'ionisation, ou accepter une énergie approximative pour une transition entre niveaux liés.
- Oublier de convertir la surface en m^2 dans le calcul d'un rendement photovoltaïque.

Je me teste

1. Énergie en eV d'un photon de 620 nm ? → Environ 2,0 eV.
2. Que fixe l'intensité de la lumière dans l'effet photoélectrique ? → Le nombre d'électrons émis par seconde.
3. Relation donnant $E_{c,\text{max}}$? → $E_{c,\text{max}} = h \cdot \nu - W$.
4. Longueur d'onde seuil d'un métal de travail d'extraction 2,48 eV ? → Environ 500 nm.
5. Que représente la pente de $E_{c,\text{max}}$ en fonction de ν ? → La constante de Planck h .
6. Qui a interprété l'effet photoélectrique, et quand ? → Einstein, en 1905.
7. Condition d'absorption d'un photon par un atome ? → $h \cdot \nu$ égal à l'écart entre deux niveaux d'énergie.
8. Longueur d'onde maximale détectée par le silicium ($E_g = 1,12 \text{ eV}$) ? → Environ 1 100 nm.
9. Rendement d'une cellule de $0,010 \text{ m}^2$ qui fournit 1,5 W sous $1\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$? → 15 %.
10. Qu'est-ce qui fixe la couleur d'une DEL ? → Le gap de son semi-conducteur.