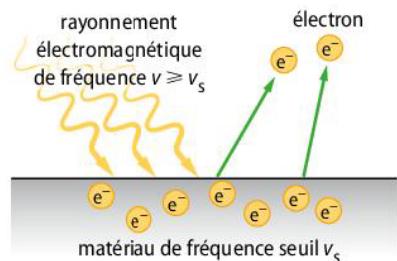


Le vocabulaire à retenir

Les relations à connaître

1 Propriétés de l'effet photoélectrique

Principe de l'effet photoélectrique



L'effet photoélectrique dépend de la **fréquence seuil v_s** . L'énergie cinétique de l'électron dépend de la fréquence.

Interprétation en 1905 par Einstein qui utilise la notion de photon

Nom : photon

Fonction : particule de lumière

Masse : $m = 0$ au reposCharge : $q = 0\text{ C}$ Énergie : $E = h\nu$ Vitesse : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dans le vide

2 Aspect énergétique

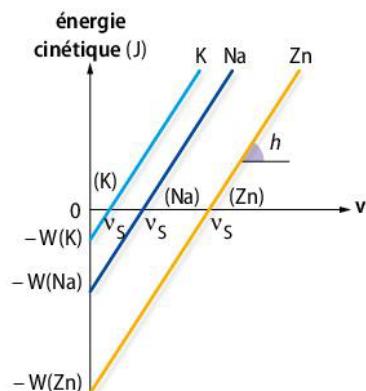
Travail d'extraction d'un électron

$$\text{travail d'extraction} \rightarrow W = h\nu_s \quad \begin{matrix} \text{fréquence (Hz)} \\ \text{constante de Planck} \\ h = 6,63 \times 10^{-34} (\text{J} \cdot \text{s}) \end{matrix}$$

Conservation de l'énergie

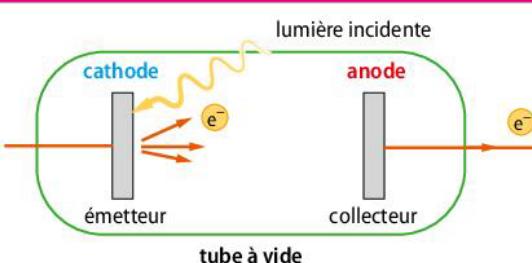
$$\begin{matrix} \text{énergie du} & \text{travail d'extraction} & \text{fréquence} \\ \text{photon (J)} & (J) & (\text{Hz}) \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ \text{énergie} & \rightarrow E_c = E_{\text{photon}} - W = h\nu - h\nu_s = h(\nu - \nu_s) & \\ \text{cinétique} & & \\ \text{de l'électron} & & \\ (J) & & \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{constante de Planck} \\ h = 6,63 \times 10^{-34} (\text{J} \cdot \text{s}) & \text{fréquence seuil (Hz)} \\ \downarrow & \downarrow \\ & \nu_s \end{matrix}$$

Tracé de l'énergie cinétique de l'électron en fonction de la fréquence

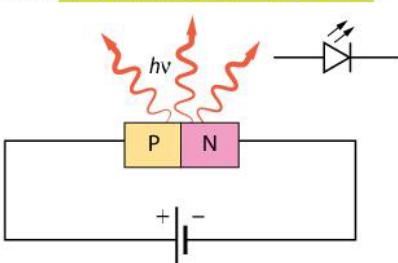


3 Applications de l'interaction photon-matière

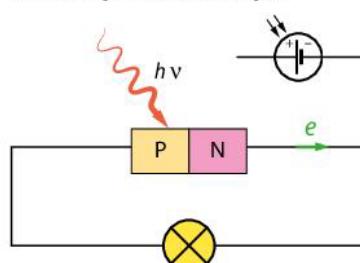
Cellule photoélectrique



DEL (diode électroluminescente)



Cellule photovoltaïque

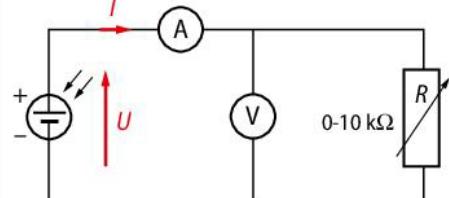


Rendement d'une cellule photovoltaïque

$$\eta = \frac{E_{\text{utile}}}{E_{\text{fournie}}} = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{lumineuse}}} \times 100$$

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

Mesure de $P_{\text{électrique}}$



DONNÉES

Célérité de la lumière dans le vide $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$;
constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; 1 eV = $1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

1 Propriétés de l'effet photoélectrique

	A	B	C
1 L'effet photoélectrique s'explique avec :	l'aspect particulaire de la lumière.	l'aspect ondulatoire de la lumière.	la dualité onde-particule de la lumière.
2 L'effet photoélectrique se produit :	en dessous d'une fréquence seuil.	au-dessus d'une fréquence seuil.	pour n'importe quelle fréquence.
3 Le cobalt a une fréquence seuil de $1,2 \times 10^{15} \text{ Hz}$. L'effet photoélectrique se produit :	pour une longueur d'onde dans le vide supérieure à 250 nm.	pour une longueur d'onde dans le vide inférieure à 250 nm.	pour une longueur d'onde dans le vide égale à 250 nm.

2 Aspect énergétique

	A	B	C
4 Le travail d'extraction est l'énergie :	à fournir pour extraire un photon.	à fournir pour extraire un électron.	libérée lors de l'extraction d'un électron.
5 Le cobalt a une fréquence seuil de $1,2 \times 10^{15} \text{ Hz}$. Le travail d'extraction vaut :	$8,0 \times 10^{-19} \text{ J}$.	$5,5 \times 10^{-49} \text{ J}$.	$1,7 \times 10^{-40} \text{ J}$.
6 La conservation de l'énergie dans le cas de l'effet photoélectrique s'écrit :	$h\nu = E_{\text{c électron}} + W$	$h\nu = E_{\text{c électron}} + h\nu_s$	$h\nu = E_{\text{c électron}} - W$

3 Applications de l'interaction photon-matière

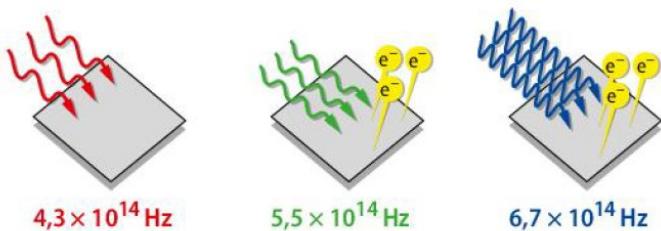
	A	B	C
7 Le(s) dispositif(s) qui exploite(nt) l'effet photoélectrique est(sont) :	la résistance.	le luxmètre.	le spectrophotomètre.
8 Le rendement d'une cellule photovoltaïque se calcule :	$\eta = \frac{P_{\text{lumineuse}}}{P_{\text{électrique}}} \times 100$	$\eta = \frac{E_{\text{lumineuse}}}{E_{\text{électrique}}} \times 100$	$\eta = \frac{P_{\text{électrique}}}{P_{\text{lumineuse}}} \times 100$
9 Pour mesurer la puissance électrique maximale fournie par une cellule photovoltaïque, on réalise le montage :			

DONNÉES

- Célérité de la lumière dans le vide
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$; constante de Planck
 $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
- $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$; $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

10 Schéma

On trouve le schéma suivant sur un site internet traitant de l'effet photoélectrique.



- Pourquoi s'agit-il bien d'effet photoélectrique sur ce schéma ?
- a. Définir ce qu'est la fréquence seuil.
b. Quelle information sur la fréquence seuil du matériau étudié peut-on extraire de ce document ?

14 Électron ou non

Le schéma suivant indique les longueurs d'onde seuil de différents matériaux.

UV	650 nm	Cs
UV	540 nm	K
UV	500 nm	Ba
UV	370 nm	Zn

On éclaire ces matériaux avec les rayonnements suivants :

- un rayonnement de longueur d'onde $\lambda = 500 \text{ nm}$;
- un rayonnement de fréquence $v = 7,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$;
- un rayonnement ultraviolet.

Indiquer pour chaque rayonnement sur quel matériau se produit un effet photoélectrique.

16 Travail d'extraction

Soient les matériaux de seuil photoélectrique suivant.

Matériau	Fréquence seuil	Longueur d'onde seuil	Travail d'extraction
a. Argent (Ag)		$0,27 \mu\text{m}$	
b. Platine (Pt)	$4,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$		
c. Césium(Cs)		$0,19 \mu\text{m}$	
d. Calcium(Ca)	$6,7 \times 10^{14} \text{ Hz}$		

- Rappeler la définition, le symbole et l'unité du travail d'extraction.
- Donner la relation entre le travail d'extraction et la fréquence seuil.

c. En déduire la relation entre le travail d'extraction et la longueur d'onde seuil.

2. Recopier et compléter le tableau ci-dessus.

3. Recopier et compléter les phrases suivantes.

- Plus la longueur d'onde seuil... et plus le travail d'extraction...
- Plus la fréquence seuil... et plus le travail d'extraction...

17 Laser bleu

Un laser bleu de longueur d'onde $\lambda = 450 \text{ nm}$ extrait un électron d'une électrode en césum de travail d'extraction 1,95 eV.

- Calculer l'énergie cinétique de l'électron en J puis en eV.
- Calculer la vitesse d'expulsion de l'électron.



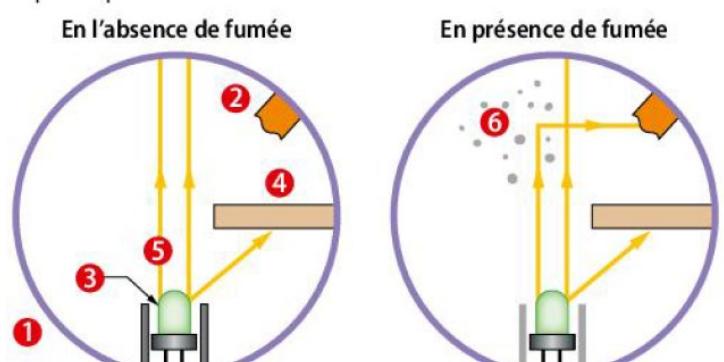
18 Potassium

Soit un échantillon de potassium de travail d'extraction $W = 2,29 \text{ eV}$. Il est éclairé par un rayonnement de fréquence $v = 6,0 \times 10^{14} \text{ Hz}$.

- Rappeler la relation entre le travail d'extraction, la fréquence, du rayonnement et l'énergie cinétique de l'électron émis.
- Quel principe utilise-t-on pour établir cette relation ?
- Calculer l'énergie cinétique de l'électron
- En déduire la vitesse de l'électron.

22 Détecteur de fumée

Le principe d'un détecteur de fumée est schématisé ainsi.



1 : chambre optique

2 : capteur de lumière

3 : DEL

4 : cache opaque

5 : rayon de lumière

6 : particules de fumée

- Quel composant utilise l'effet photoélectrique ? Justifier
- Quel composant utilise l'effet électroluminescent ?

- Dans quel composant a-t-il absorption de photon ?
- Dans quel composant y a-t-il émission de photon ?

3. Résumer le principe du détecteur de fumée.

23 Étude d'une cellule

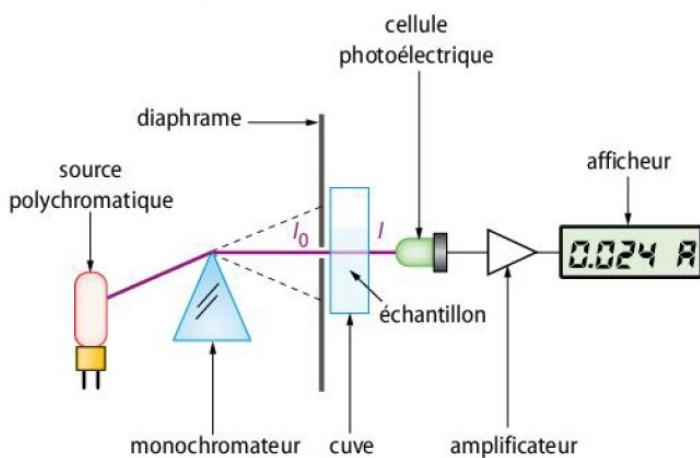
Lors d'une séance de TP, on éclaire une cellule photovoltaïque de longueur 5 cm et de largeur 4 cm avec une lampe de bureau placée à 10 cm de la cellule. La cellule reçoit un éclairage de 7 000 lx. On mesure $I = 0,18 \text{ A}$ et $U = 0,10 \text{ V}$ pour la puissance électrique maximale.

Données : on admettra que $100 \text{ lx} = 1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$; on a la relation $P_{\text{lumineuse}} = E \times S$ avec E l'éclairage en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ et S la surface de la cellule en m^2 .

1. Calculer la puissance lumineuse reçue.
2. Calculer la puissance électrique maximale.
3. a. Calculer le rendement de la cellule.
b. Commenter le résultat obtenu.

24 Spectrophotomètre

Un spectrophotomètre est utilisé pour mesurer l'absorbance dans le domaine du visible d'une solution colorée. Son principe simplifié est schématisé ci-dessous.



Données : domaine du visible.



1. Quel élément convertit l'intensité lumineuse en électricité ?
2. Quel effet est exploité dans ce dispositif ?
3. Quelle condition doit respecter la longueur d'onde seuil de la cathode de la cellule ? Recopier en justifiant la réponse correcte parmi les réponses proposées ci-dessous :
 - a. $\lambda_S \leq 400 \text{ nm}$
 - b. $\lambda_S \leq 800 \text{ nm}$
 - c. $\lambda_S \geq 400 \text{ nm}$

27 Zinc électrique

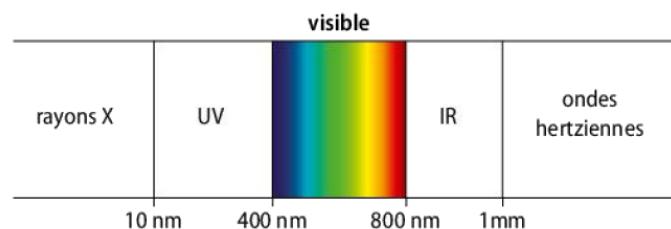
On éclaire une plaque de zinc avec une lampe à vapeur de mercure dont les principales raies d'émission ont les longueurs d'onde suivantes : 302 nm ; 313 nm ; 365 nm ; 405 nm ; 436 nm ; 546 nm ; 578 nm.

Données : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$;
 $eV = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$, $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $W(\text{Zn}) = 3,36 \text{ eV}$.

1. Rappeler la définition de l'effet photoélectrique.
2. Montrer qu'il y a émission d'un électron uniquement pour les longueurs d'onde du domaine des ultraviolets.

3. Calculer l'énergie cinétique de l'électron extrait par un photon de longueur d'onde 302 nm.

Données : domaines d'ondes électromagnétiques



29 Caractéristiques d'un module



Un fabricant fournit les données suivantes pour un module photovoltaïque en silicium monocristallin de surface $S = 0,25 \text{ m}^2$ utilisé pour l'habitat :

Pour une irradiance solaire standard de $1 000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$:

Puissance maximale (P_m) : 5 W.

On souhaite tracer la courbe $I = f(U)$ et $P = g(U)$ pour cette cellule photovoltaïque. On obtient les mesures suivantes pour une lampe d'éclairage $97 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

$U (\text{V})$	20,8	19,9	18,8	17,5	15,8	13,5	7,5	4,4	0,061
$I (\text{mA})$	0,0	45,5	84,1	116	150	173	200	210	224

1. Représenter le schéma du montage à réaliser pour obtenir ces mesures.
2. Sur une feuille de papier millimétré ou à l'aide d'un logiciel tableur-grapheur, tracer la caractéristique $I = f(U)$.
3. a. Déterminer en expliquant la démarche la puissance électrique maximale $P_{\text{électrique}}$
b. Calculer le rendement.
c. Commenter le résultat obtenu.