15 Énergie cinétique des électrons

1.a. D'après la formule indiquée dans l'énoncé :

$\mathscr{E}_{c\,max}$ (en J) = e (en C) × U_a (en V)

$\mathscr{E}_{c\,max} = 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{C} \times 2{,}80\ \text{V} = 4{,}48 \times 10^{-19}\ \text{J}$.

b. Par définition, $\mathscr{E}_{c\,max} = \frac{1}{2} \times m_e \times v^2_{max}$.

Il vient donc $v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times \mathscr{E}_{c\,max}}{m_e}}$

soit $v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 4{,}48 \times 10^{-19}\ \text{J}}{9{,}11 \times 10^{-31}\ \text{kg}}} = 9{,}92 \times 10^5\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2. Le bilan énergétique de l'effet photoélectrique s'écrit :

$\mathscr{E}_{photon} = W_{extraction} + \mathscr{E}_{c\,max}$.

3. Il découle de ce bilan : $W_{extraction} = \mathscr{E}_{photon} - \mathscr{E}_{c\,max}$

L'énergie d'un photon est :

$$\mathscr{E}_{photon}\ (\text{en J}) = \frac{h\ (\text{en J} \cdot \text{s}) \times c\ (\text{en m} \cdot \text{s}^{-1})}{\lambda\ (\text{en m})}.$$

L'énergie cinétique maximale est $\mathscr{E}_{c\,max} = e \times U_a$.

On en tire : $W_{extraction} = \frac{h \times c}{\lambda} - e \times U_a$.

D'où :

$$W_{extraction} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J} \cdot \text{s} \times 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{171 \times 10^{-9}\ \text{m}} - 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{C} \times 2{,}80\ \text{V}$$

$W_{extraction} = 7{,}15 \times 10^{-19}$ J.

4. L'énergie d'un photon associée à une radiation de 350 nm est :

$$\mathscr{E}_{photon} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J} \cdot \text{s} \times 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{350 \times 10^{-9}\ \text{m}}$$

$\mathscr{E}_{photon} = 5{,}68 \times 10^{-19}$ J.

Cette énergie est inférieure au travail d'extraction : l'effet photoélectrique ne peut donc pas se produire pour ce métal avec cette radiation.

17 Comparaison de l'effet photoélectrique

1. Les longueurs d'onde des radiations visibles sont comprises entre 400 nm et 800 nm.
Les fréquences correspondantes sont données par :

$$\nu\ (\text{en Hz}) = \frac{c\ (\text{en m} \cdot \text{s}^{-1})}{\lambda\ (\text{en m})}.$$

On en déduit les fréquences correspondantes :

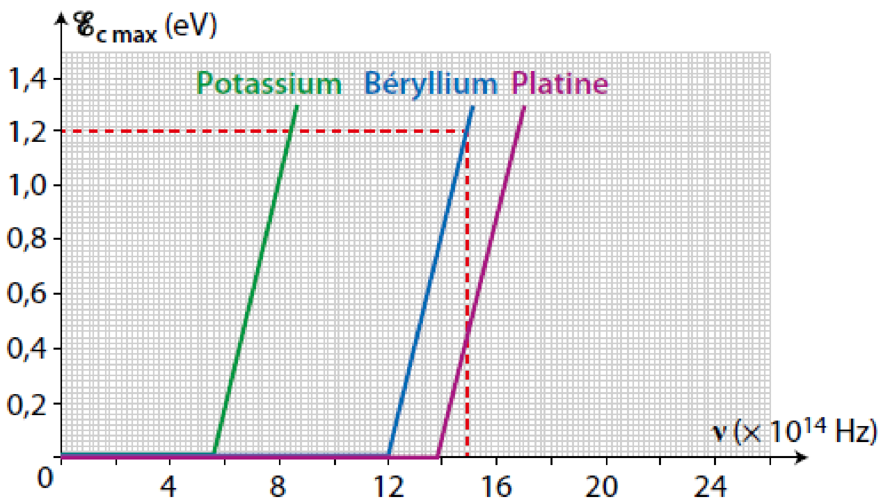
λ (en m)	ν (en Hz)
400	$7{,}50 \times 10^{14}$
800	$3{,}75 \times 10^{14}$

Par lecture graphique, on constate que le potassium est le seul des trois métaux cités pour lequel la fréquence seuil (environ $5{,}5 \times 10^{14}$ Hz) se situe entre les fréquences extrêmes des radiations visibles. Les deux autres métaux ont des fréquences seuils plus grandes.
Le potassium est donc le seul de ces trois métaux pour lequel l'effet photoélectrique est possible en utilisant des radiations lumineuses visibles.

2.a. Le bilan d'énergie s'écrit : $\mathscr{E}_{\text{photon}} = W_{\text{extraction}} + \mathscr{E}_{\text{c max}}$
donc $\mathscr{E}_{\text{c max}} = \mathscr{E}_{\text{photon}} - W_{\text{extraction}}$
soit $\mathscr{E}_{\text{c max}} = h \times \nu - W_{\text{extraction}}$

b. L'équation précédente montre que $\mathscr{E}_{\text{c max}}$ est une fonction affine de la fréquence ν.
Le coefficient directeur est égal à la constante de Planck h. C'est le même pour toutes les courbes.
L'ordonnée à l'origine est l'opposée du travail d'extraction, elle dépend du métal.

c. Pour déterminer le coefficient directeur on prend deux points sur l'une des courbes.



Par exemple, sur la courbe du béryllium on a :
$\mathscr{E}_{c\,max} = 0$ eV pour $\nu = 12{,}0 \times 10^{14}$ Hz
et $\mathscr{E}_{c\,max} = 1{,}2$ eV pour $\nu = 14{,}9 \times 10^{14}$ Hz.
On en déduit :

$$h = \frac{1{,}2\ \text{eV} - 0\ \text{eV}}{14{,}9 \times 10^{14}\ \text{s}^{-1} - 12{,}0 \times 10^{14}\ \text{s}^{-1}} = 4{,}1 \times 10^{-15}\ \text{eV} \cdot \text{s}$$

Il faut multiplier par $1{,}6 \times 10^{-19}$ J · eV^{-1} pour convertir en J · s.
Il vient alors $h = 6{,}6 \times 10^{-34}$ J · s.
Remarque : on retrouve un résultat cohérent avec la valeur admise : $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s.

Pour déterminer le travail d'extraction on relève les fréquences seuils. Le travail d'extraction est égal à l'énergie d'un photon de fréquence égale à la fréquence seuil : $W_{extraction} = h \times \nu_S$.

Métal	ν_S	$W_{extraction}$
Potassium	$5{,}5 \times 10^{14}$ Hz	$3{,}6 \times 10^{-19}$ J
Béryllium	$12{,}0 \times 10^{14}$ Hz	$7{,}96 \times 10^{-19}$ J
Platine	$13{,}8 \times 10^{14}$ Hz	$9{,}15 \times 10^{-19}$ J