Correction des exercices du chapitre 16 :

Attention les corrections ne sont pas toujours rédigées correctement.
Les solutions rédigées sont faites en classe ou dans le livre avec les exercices résolus p 414-415

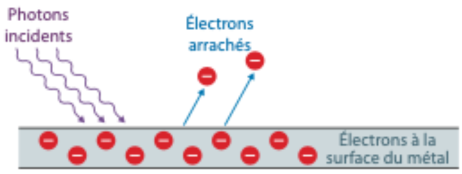
QCM .... p. 413

1. C ; **2.** C ; **3.** A ; **4.** B ; **5.** B ; **6.** A ; **7.** B ; **8.** C.

Exercices — Appliquer le cours .... p. 416

3 Connaître l'effet photoélectrique

L'effet photoélectrique est le phénomène d'éjection d'électrons d'un métal sous l'effet de radiations lumineuses.



4 Décrire l'effet photoélectrique

1.

Métal	Fréquence (Hz)	Longueur d'onde (nm)
Plomb Pb	$1{,}02 \times 10^{15}$	294
Potassium K	$5{,}52 \times 10^{14}$	543
Magnésium Mg	$8{,}82 \times 10^{14}$	340

2. Pour que l'effet photoélectrique se produise quel que soit le métal, il faut utiliser des radiations de longueur d'onde suffisamment petite, donc des UV ($\lambda \leqslant 294$ nm).

5 Interpréter l'effet photoélectrique

1. Des électrons sont arrachés au zinc métallique, ce qui entraîne un déficit de charges négatives et donc un excès de charges positives.

2. L'énergie d'un photon est donnée par :

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

Cela conduit à :

λ (nm)	$\mathscr{E}_{photon}$ (J)
330	$6{,}03 \times 10^{-19}$
400	$4{,}97 \times 10^{-19}$

3. La radiation de longueur d'onde $\lambda_2 = 400$ nm ne permet pas à la plaque de zinc de se charger positivement car aucun photon ne possède une énergie suffisante pour arracher un électron à la surface du métal.

6 Expliquer l'effet photoélectrique

1. Ces quanta de lumière sont nommés photons.

2. Ces quanta permettent d'expliquer l'effet photoélectrique car c'est l'interaction d'un photon avec la matière qui entraîne l'extraction d'un électron. L'énergie du photon doit être suffisante, l'extraction est alors instantanée. De plus, l'énergie de l'électron extrait augmente quand la fréquence de la radiation augmente, ce qui est conforme à la description des ondes électromagnétiques par des quanta, car l'énergie d'un photon augmente quand la fréquence augmente.

Avec le modèle ondulatoire, on devrait observer un arrachage pour toute intensité lumineuse, il suffirait d'attendre assez longtemps pour que suffisamment d'énergie soit transférée quelle que soit la radiation utilisée, ce qui n'est pas le cas. De plus, avec le modèle ondulatoire, l'énergie cinétique des électrons extraits ne devrait pas dépendre de la fréquence de la radiation lumineuse, or elle en dépend.

7 Réaliser un bilan d'énergie

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

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

$\mathscr{E}_{c\,max} = (5{,}03\ \text{eV} - 4{,}67\ \text{eV}) \times 1{,}60 \times 10^{-19}\ \text{J}\cdot\text{eV}^{-1}$

d'où $\mathscr{E}_{c\,max} = 5{,}76 \times 10^{-20}$ J.

8 Calculer l'énergie d'un photon

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

2. $\mathscr{E}_{photon} = 6{,}93 \times 10^{-19}\ \text{J} + \frac{1}{2} \times 9{,}11 \times 10^{-31}\ \text{kg} \times (7{,}60 \times 10^{5}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1})^2$

$\mathscr{E}_{photon} = 9{,}56 \times 10^{-19}$ J.

3. $\lambda\ (\text{en m}) = \dfrac{h\ (\text{en J}\cdot\text{s}) \times c\ (\text{en m}\cdot\text{s}^{-1})}{\varepsilon_{photon}\ (\text{en J})}$.

D'où $\lambda = \dfrac{6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s} \times 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{9{,}56 \times 10^{-19}\ \text{J}}$.

$\lambda = 2{,}08 \times 10^{-7}$ m $= 208$ nm

Cela correspond à une radiation UV.

9 Calculer des rendements

1. La puissance électrique disponible diminue lorsque l'éclairement E diminue.

2. $\eta = \dfrac{\mathscr{P}_{élec}\ (\text{en W})}{\mathscr{P}_{lum}\ (\text{en W})}$

avec $\mathscr{P}_{lum}\ (\text{en W}) = E\ (\text{en W}\cdot\text{m}^{-2}) \times S\ (\text{en m}^2)$.

3. La surface du panneau est $S = 1{,}1$ m².
D'après le graphique, on a donc :

$\mathscr{P}_{lum}$ (W)	$\mathscr{P}_{élec}$ (W)
1 100	100
660	60
220	20

Dans tous ces cas, $\eta_{max} = 0{,}09$ soit 9 %. Ce rendement ne dépend pas de l'éclairement.

10 Exploiter un rendement

1. L'augmentation du rendement des cellules permet une augmentation de la puissance électrique disponible.

2. $\mathscr{P}_{élec} = \eta \times \mathscr{P}_{lum}$

$\mathscr{P}_{élec} = \dfrac{22{,}3}{100} \times 1{,}13 \times 10^{1}\ \text{W} = 2{,}52$ W.

11 Citer des applications de l'interaction photon-matière

- Dans le capteur de lumière d'un appareil photographique numérique, des photons sont absorbés ; leur énergie permet d'arracher des électrons au semi-conducteur constituant le capteur.
- Dans une diode électroluminescente, le courant électrique provoque l'émission de photons.

12 Reconnaître l'absorption ou l'émission de photons

a) Cellule photoélectrique : absorption de photons.
b) Chargeur photovoltaïque : absorption de photons.
c) DEL infrarouge de télécommande : émission de photons.

Exercices — S'entraîner .... p. 417

13 Connaître les critères de réussite — Conservation de l'énergie

1.a. On relève graphiquement la fréquence seuil à partir de laquelle un électron est arraché : $\nu_S = 8{,}8 \times 10^{14}$ Hz

On en déduit la longueur d'onde seuil : $\lambda_S\ (\text{en m}) = \dfrac{c\ (\text{en m}\cdot\text{s}^{-1})}{\nu_S\ (\text{en Hz})}$

Donc $\lambda_S = \dfrac{3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{8{,}8 \times 10^{14}\ \text{Hz}} = 3{,}4 \times 10^{-7}$ m.

b. λ_S est la longueur d'onde qui correspond à l'énergie minimale permettant d'arracher un électron à la surface du zinc. C'est donc

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

donc $\mathscr{E}_{c\,max} = \mathscr{E}_{photon} - W_{extraction}$

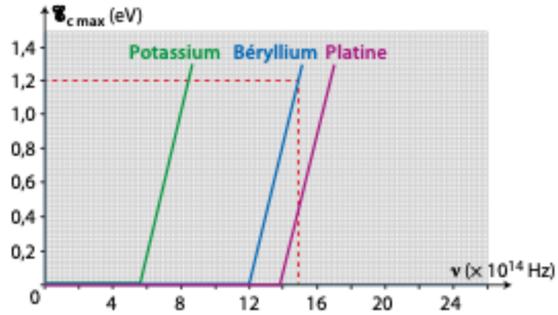
soit $\mathscr{E}_{c\,max} = h \times \nu - W_{extraction}$

b. L'équation précédente montre que $\mathscr{E}_{c\,max}$ 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

18 Résolution de problème
Une maison autonome ?

Introduction

On cherche à savoir si l'installation de 10 panneaux photovoltaïques permet de couvrir les besoins d'une habitation.

Solution détaillée :

Pour connaître l'énergie électrique produite, il faut évaluer le rendement des panneaux et connaître l'énergie lumineuse reçue.

Étape 1 : Évaluation du rendement des panneaux

L'énergie lumineuse par unité de surface cumulée sur une année à Bordeaux est donnée dans le doc. **A**. Elle est comprise entre 1 450 kW · h · m^{-2} et 1 600 kW · h · m^{-2}. On peut prendre une moyenne de 1 525 kW · h · m^{-2}.

La durée d'ensoleillement est 2 050 h sur l'année.

L'ensoleillement moyen est donc :

$$E = \frac{1\,525 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}}{2\,050 \text{ h}} = 0{,}743\,9 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}.$$

Pour déterminer le rendement, on choisit dans les données du doc. **B** la courbe moyenne la plus proche. C'est celle pour laquelle $E = 800$ W · m^{-2}.

Les caractéristiques d'un panneau photovoltaïque utilisé sont données dans le doc. **B**. La surface du panneau est égale à 1,46 m^2.

Pour une puissance lumineuse surfacique égale à 800 W · m^{-2}, la puissance lumineuse reçue est donc :

$\mathscr{P}_{lum} = 800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \times 1{,}46 \text{ m}^2 = 1{,}17 \times 10^3$ W.

Il s'agit maintenant de déterminer la puissance électrique maximale à partir du schéma **B**. La puissance électrique est donnée par la relation $\mathscr{P}_{élec} = U \times I$. Donc la puissance augmente quand U augmente à I constant ou quand I augmente à U constant.

On remarque sur le graphique que la puissance augmente jusqu'à ce que la tension dépasse 35 V environ. En effet, pour des tensions inférieures à 35 V, l'intensité est constante mais ensuite pour des tensions supérieures à 35 V, l'intensité diminue fortement.

La puissance électrique maximale est obtenue pour une tension proche de 35 V. L'intensité correspondante est proche de 6 A.

On a alors $\mathscr{P}_{élec} = 35 \text{ V} \times 6 \text{ A} = 2 \times 10^2$ W.

Le rendement du panneau est $\eta = \frac{\mathscr{P}_{élec}}{\mathscr{P}_{lum}}$;

donc $\eta = \frac{2 \times 10^2 \text{ W}}{1{,}17 \times 10^3 \text{ W}} = 0{,}17$, soit environ 17 %.

Étape 2 : Évaluation de la production

L'énergie lumineuse reçue par un panneau est égale à l'énergie lumineuse surfacique reçue multipliée par la surface du panneau :

$\mathscr{E}_{lum} = 1\,525 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2} \times 1{,}46 \text{ m}^2 = 2{,}23 \times 10^3$ kW · h.

Avec un rendement de 17 %, l'énergie électrique produite par un panneau est :

$\mathscr{E}_{élec\text{-}1\ panneau} = 2{,}23 \times 10^3 \text{ kW} \cdot \text{h} \times 0{,}17 = 3{,}8 \times 10^2$ kW · h.

Avec 10 panneaux cette énergie produite sera 10 fois plus grande : $\mathscr{E}_{élec} = 3{,}8 \times 10^3$ kW · h.

Étape 3 : Confrontation avec les besoins de l'habitation

Les caractéristiques du logement sont données dans le doc. **D**. Ce logement est de classe A. La consommation totale sur une année est égale à l'énergie surfacique évaluée dans le diagnostic énergétique multipliée par la surface du logement, soit ici :

$\mathscr{E} = 25 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2} \times 120 \text{ m}^2 = 3{,}0 \times 10^3$ kW · h.

L'énergie électrique produite ($3{,}8 \times 10^3$ kW · h) est donc supérieure aux besoins ($3{,}0 \times 10^3$ kW · h).

Conclusion

L'installation de 10 panneaux fournira une énergie électrique supérieure aux besoins, elle semble donc suffisante. Cependant, dans ces calculs, on s'est basé sur une valeur approximative de l'énergie surfacique annuelle et on n'a pas tenu compte des pertes par effet Joule dans les systèmes électriques de fonctionnement des panneaux (régulation de la tension fournie...). Une marge de sécurité est de plus nécessaire, il est possible qu'elle soit atteinte avec les 10 panneaux car la production calculée est supérieure d'environ 25 % aux besoins prévus. Il faudra cependant d'autres dispositifs d'approvisionnement car la production comme la consommation ne sont pas constantes sur toute une année.

19 Python
Programmons l'effet photoélectrique

Ressources pour le professeur à télécharger : Fichier Python

1. La ligne du programme qui traduit la conservation d'énergie lors de l'effet photoélectrique est la ligne :

```
Ec=Ephoton-effet_photo[metal]
```

2.a. Pour une longueur d'onde de radiation incidente $\lambda = 530$ nm, l'effet photoélectrique est observé avec le potassium :
$W_{extraction} = 2{,}3$ eV $= 3{,}7 \times 10^{-19}$ J,
$\mathcal{E}_{c\ max} = 4{,}6 \times 10^{-2}$ eV $= 7{,}3 \times 10^{-21}$ J,
$v_{max} = 1{,}3 \times 10^{5}$ m·s^{-1}.
b. On a maintenant :
$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{1{,}30 \times 10^{15}\ \text{s}^{-1}} = 2{,}31 \times 10^{-7}\ \text{m} = 231\ \text{nm}.$$
Le platine et l'or sont les éléments cités qui ne peuvent pas conduire à un effet photoélectrique dans ces conditions.

Remarque : pour le platine $W_{extraction} = 5{,}8$ eV.
Et on a maintenant :
$\mathcal{E}_{photon} = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J·s $\times 1{,}30 \times 10^{15}$ s^{-1}
$\mathcal{E}_{photon} = 8{,}62 \times 10^{-19}$ J ou 5,39 eV.

Donc $\mathcal{E}_{photon} < W_{extraction}$, cela explique pourquoi l'extraction n'est pas possible avec le platine.
Pour l'or $W_{extraction} = 5{,}4$ eV et $\mathcal{E}_{photon} = 5{,}39$ eV.
Donc $\mathcal{E}_{photon} < W_{extraction}$, l'extraction n'est pas possible avec l'or.
3. Pour le métal calcium et une longueur d'onde $\lambda = 280$ nm, le programme affiche notamment :
$W_{extraction} = 2{,}9$ eV $= 4{,}6 \times 10^{-19}$ J,
$\mathcal{E}_{c\ max} = 1{,}5$ eV $= 2{,}5 \times 10^{-19}$ J.
L'énergie d'un photon peut être calculée à partir de la longueur d'onde :
$$\mathcal{E}_{photon} = \frac{h \times c}{\lambda} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J} \cdot \text{s} \times 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{280 \times 10^{-9}\ \text{m}}$$
$\mathcal{E}_{photon} = 7{,}10 \times 10^{-19}$ J.
Cela vérifie la conservation de l'énergie :
$\mathcal{E}_{photon} = W_{extraction} + \mathcal{E}_{c\ max}$.

Vers le Bac

p. 420

Préparation à l'écrit

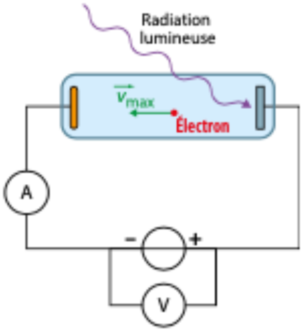
20 Effet photoélectrique et panneaux photovoltaïques

Partie I

1.
h en J·s
c en m·s^{-1}
$$\mathcal{E}_{photon_1} = \frac{h \times c}{\lambda_1}$$
$\mathcal{E}_{photon}$ en J
λ en m

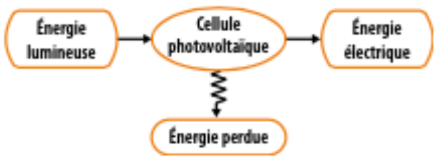
$$\mathcal{E}_{photon1} = \frac{6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J} \cdot \text{s} \times 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{400 \times 10^{-9}\ \text{m}}$$
$\mathcal{E}_{photon1} = 4{,}97 \times 10^{-19}$ J.
2. Si on n'observe pas d'effet photoélectrique lorsque la longueur d'onde est $\lambda_2 = 700$ nm, c'est que l'énergie de chaque photon n'est alors pas suffisante pour extraire un électron, elle est donc inférieure au travail d'extraction.
3. Le modèle ondulatoire prévoit que l'énergie lumineuse augmente avec la durée d'éclairement. Avec ce modèle, une augmentation de la durée d'éclairement devrait permettre d'extraire des électrons. Ce n'est pas ce qui est observé. L'effet photoélectrique a donc remis en cause le modèle ondulatoire de la lumière.
4. L'énergie du photon permettant d'extraire un électron est en partie utilisée pour extraire un électron. L'excédent est communiqué à l'électron sous forme d'énergie cinétique.
Pour un électron proche de la surface du métal, la loi de conservation de l'énergie impose : $\mathcal{E}_{photon} = W_{extraction} + \mathcal{E}_{c\ max}$.
L'énergie cinétique maximale de l'électron est alors :
$\mathcal{E}_{c\ max} = \mathcal{E}_{photon} - W_{extraction}$
On a $W_{extraction} = 2{,}29$ eV $= 3{,}66 \times 10^{-19}$ J.
Donc $\mathcal{E}_{c\ max} = 4{,}97 \times 10^{-19}$ J $- 3{,}66 \times 10^{-19}$ J $= 1{,}31 \times 10^{-19}$ J.
De plus, $\mathcal{E}_{c\ max} = \frac{1}{2} \times m_e \times v_{max}^2$.
La valeur de la vitesse maximale d'un électron est donc :
$$v_{max} = \sqrt{\frac{2\ \mathcal{E}_{c\ max}}{m_e}},$$
$$\text{soit } v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 1{,}31 \times 10^{-19}\ \text{J}}{9{,}11 \times 10^{-31}\ \text{kg}}} = 5{,}36 \times 10^{5}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

5.



Partie II

1.



2.a. On relève, pour un éclairement de 1 000 W·m^{-2}, une puissance maximale de 180 W.
b. La tension de fonctionnement est alors proche de 24 V.
c. On a alors : $I = \frac{\mathcal{P}_{élec}}{U}$, soit $I = \frac{180\ \text{W}}{24\ \text{V}} = 7{,}5$ A.
3. Le rendement est $\eta = \frac{\mathcal{P}_{élec}}{\mathcal{P}_{lum}}$.
La puissance lumineuse reçue par le panneau est proportionnelle à la puissance lumineuse surfacique et à la surface.
De plus, *surface* = *longueur* × *largeur*. Donc :
$\mathcal{P}_{lum}$ (en W) $= E$ (en W·m^{-2}) $\times S$ (en m^2)
$\mathcal{P}_{lum} = 1\,000$ W·m$^{-2} \times 1\,318 \times 10^{-3}$ m $\times 994 \times 10^{-3}$ m
$\mathcal{P}_{lum} = 1{,}31 \times 10^{3}$ W

La puissance électrique maximale a été déterminée précédemment : $\mathcal{P}_{\text{élec}} = 180$ W
Donc le rendement maximal est :

$$\eta = \frac{180 \text{ W}}{1{,}31 \times 10^3 \text{ W}} = 0{,}137 \text{ ou } 13{,}7 \text{ \%}.$$

4.a. Lorsque l'éclairement est de 1 000 $W \cdot m^{-2}$, la puissance électrique maximale d'un panneau est égale à 180 W.
Dans ces conditions, pour produire 3,5 kWc il faut :

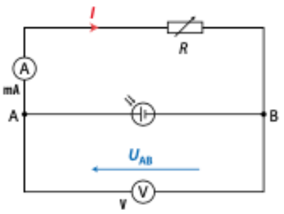
$$\frac{3{,}5 \times 10^3}{180} = 19{,}4 \text{ panneaux, soit 20 panneaux.}$$

b. L'énergie lumineuse par unité de surface reçue à Lyon cumulée sur une année est égale à 1 450 $kWh \cdot m^{-2}$.
Avec 20 panneaux, l'énergie lumineuse reçue sera :
$\mathcal{E}_{\text{lum}} = 1\,450 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2} \times 1\,318 \times 10^{-3} \text{ m} \times 994 \times 10^{-3} \text{ m} \times 20$
$\mathcal{E}_{\text{lum}} = 3{,}80 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$.
Le rendement étant 10 %, l'énergie électrique produite sera $\mathcal{E}_{\text{élec}} = 3{,}80 \times 10^3 \text{ kW} \cdot \text{h}$.
Avec un prix de vente égal 0,20 €/kW·h, le revenu sera :
$3{,}80 \times 10^3 \text{ kW} \cdot \text{h} \times 0{,}20 \text{ €/kW} \cdot \text{h} = 760$ €.

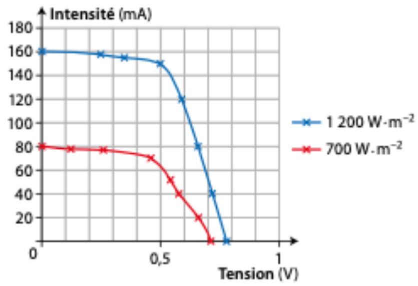
Préparation à l'ECE

Partie I

1.



2.



3.a. Calcul à effectuer : $\mathcal{P}_{\text{élec}}$ (en W) $= U$ (en V) $\times I$ (en A).

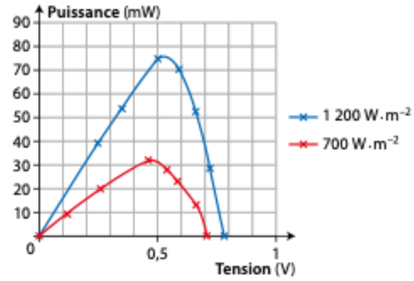
• Cas 1 : éclairement de 700 $W \cdot m^{-2}$

U_{AB} (V)	0,71	0,66	0,58	0,54	0,46	0,26	0,12	0
I (mA)	0	20	40	52	70	77	78	80
$\mathcal{P}_{\text{élec}}$ (mW)	0	13,2	23,2	28,1	32,2	20,0	9,4	0

• Cas 2 : éclairement de 1 200 $W \cdot m^{-2}$

U_{AB} (V)	0,78	0,72	0,66	0,59	0,5	0,35	0,25	0
I (mA)	0	40	80	120	150	155	158	160
$\mathcal{P}_{\text{élec}}$ (mW)	0	28,8	52,8	70,8	75,0	54,3	39,5	0

b.



4.a. Le rendement est $\eta = \frac{\mathcal{P}_{\text{élec}}}{\mathcal{P}_{\text{lum}}}$.

La puissance lumineuse est $\mathcal{P}_{\text{lum}} = E \times S$ où E est l'éclairement et S la surface du capteur.
Ici $S = 0{,}042 \text{ m} \times 0{,}042 \text{ m} = 1{,}76 \times 10^{-3} \text{ m}^2$.
• Pour $E = 700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$:
$\mathcal{P}_{\text{lum}} = 1{,}23$ W, et d'après le graphique $\mathcal{P}_{\text{élec max}} = 33$ mW,
donc $\eta = \frac{0{,}033 \text{ W}}{1{,}23 \text{ W}} = 0{,}027$ soit 2,7 %.

• Pour $E = 1\,200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$:
$\mathcal{P}_{\text{lum}} = 2{,}12$ W, et d'après le graphique $\mathcal{P}_{\text{élec max}} = 76$ mW,
donc $\eta = \frac{0{,}076 \text{ W}}{2{,}12 \text{ W}} = 0{,}036$ soit 3,6 %.

b. La tension correspondant au rendement maximal est obtenue par lecture graphique :
• pour 700 $W \cdot m^{-2}$: $U = 0{,}48$ V ;
• pour 1 200 $W \cdot m^{-2}$: $U = 0{,}53$ V.

c. On calcule l'intensité par $I = \frac{\mathcal{P}_{\text{élec max}}}{U}$:

• pour 700 $W \cdot m^{-2}$: $I = 68{,}8$ mA ;
• pour 1 200 $W \cdot m^{-2}$: $I = 143$ mA.

Partie II

1.a. Dans une association série, la tension aux bornes de l'association est égale à la somme des tensions aux bornes de chaque dipôle. Donc $U = 10 \times U_{\text{cellule max}}$, soit $U = 10 \times 0{,}53 \text{ V} = 5{,}3$ V.
b. Dans une association série, l'intensité du courant qui traverse chaque dipôle est identique, soit ici $I = 143$ mA.
c. $\mathcal{P}_{\text{élec}} = U \times I$
$\mathcal{P}_{\text{élec}} = 5{,}3 \text{ V} \times 0{,}143 \text{ A} = 0{,}76$ W.
La puissance sera 10 fois plus grande que la puissance obtenue pour une seule cellule.
2. Dans une association dérivation, chaque module est soumis à la même tension $U = 0{,}53$ V.
Dans une association dérivation l'intensité du courant est la somme des intensités des courants délivrés par chaque module :
$I = 10 \times I_{\text{cellule max}}$, soit $I = 1{,}43$ A.
$\mathcal{P}_{\text{élec}}$ (en W) $= U$ (en V) $\times I$ (en A)
$\mathcal{P}_{\text{élec}} = 0{,}53 \text{ V} \times 1{,}43 \text{ A} = 0{,}76$ W.
La puissance sera ici aussi 10 fois plus grande que la puissance obtenue pour une seule cellule.
3. À partir du calcul du rendement, il n'y a aucune association à privilégier.
Remarque : les pertes par effet Joule ne seront pas les mêmes et dépendent notamment des caractéristiques (intensité, tension) de l'appareil disposé en aval (un régulateur en général).

Vers l'oral

p. 422

Je m'exprime à l'oral sur

La lumière : un flux de photons

• **Comment calculer l'énergie d'un photon ?**
L'énergie d'un photon se calcule à partir de la fréquence ν de la radiation associée et de la constante de Planck h ou bien à partir de la longueur d'onde λ de la radiation associée et de la constante de Planck h.

h en J·s ; c en m·s⁻¹

$$\mathcal{E}_{\text{photon}} = h \times \nu = \frac{h \times c}{\lambda}$$

$\mathcal{E}_{\text{photon}}$ en J ; ν en Hz ; λ en m

• **Quel est le principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque ?**
Une cellule photovoltaïque absorbe des photons et convertit leur énergie en énergie électrique.

• **Quelles sont les longueurs d'onde des radiations visibles ?**
Les longueurs d'onde des radiations visibles sont comprises entre 400 nm pour le violet et 800 nm pour le rouge.