

**20** Effet photoélectrique et panneaux photovoltaïques

Partie I

1.

$$\mathcal{E}_{\text{photon}} \text{ en J} = \frac{h \times c}{\lambda_1}$$

Annotations:  $h$  en  $\text{J} \cdot \text{s}$ ,  $c$  en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $\lambda$  en  $\text{m}$ .

$$\mathcal{E}_{\text{photon1}} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{400 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$\mathcal{E}_{\text{photon1}} = 4,97 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

2. Si on n'observe pas d'effet photoélectrique lorsque la longueur d'onde est  $\lambda_2 = 700 \text{ nm}$ , 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 :  $\mathcal{E}_{\text{photon}} = W_{\text{extraction}} + \mathcal{E}_{c \text{ max}}$ .

L'énergie cinétique maximale de l'électron est alors :

$$\mathcal{E}_{c \text{ max}} = \mathcal{E}_{\text{photon}} - W_{\text{extraction}}$$

$$\text{On a } W_{\text{extraction}} = 2,29 \text{ eV} = 3,66 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

$$\text{Donc } \mathcal{E}_{c \text{ max}} = 4,97 \times 10^{-19} \text{ J} - 3,66 \times 10^{-19} \text{ J} = 1,31 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

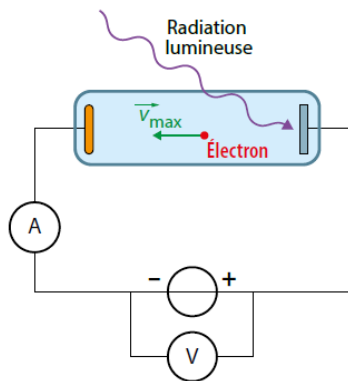
$$\text{De plus, } \mathcal{E}_{c \text{ max}} = \frac{1}{2} \times m_e \times v_{\text{max}}^2.$$

La valeur de la vitesse maximale d'un électron est donc :

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \mathcal{E}_{c \text{ max}}}{m_e}},$$

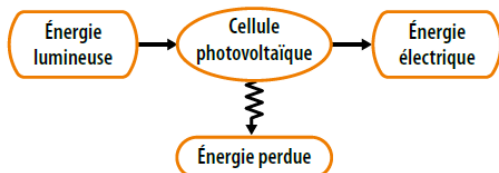
$$\text{soit } v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,31 \times 10^{-19} \text{ J}}{9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}}} = 5,36 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

5.



## Partie II

1.



2.a. On relève, pour un éclairement de  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ , une puissance maximale de  $180\text{ W}$ .

b. La tension de fonctionnement est alors proche de  $24\text{ V}$ .

c. On a alors :  $I = \frac{\mathcal{P}_{\text{élec}}}{U}$ , soit  $I = \frac{180\text{ W}}{24\text{ V}} = 7,5\text{ A}$ .

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

La puissance lumineuse reçue par le panneau est proportionnelle à la puissance lumineuse surfacique et à la surface.

De plus, *surface = longueur × largeur*. Donc :

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

$$\mathcal{P}_{\text{lum}} = 1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \times 1\,318 \times 10^{-3}\text{ m} \times 994 \times 10^{-3}\text{ m}$$

$$\mathcal{P}_{\text{lum}} = 1,31 \times 10^3\text{ W}$$

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

Donc le rendement maximal est :

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

4.a. Lorsque l'éclairement est de  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ , la puissance électrique maximale d'un panneau est égale à  $180\text{ W}$ .

Dans ces conditions, pour produire  $3,5\text{ kWc}$  il faut :

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

b. L'énergie lumineuse par unité de surface reçue à Lyon cumulée sur une année est égale à  $1\,450\text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ .

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  $\mathcal{E}_{\text{élec}} = 3,80 \times 10^3\text{ kW}\cdot\text{h}$ .

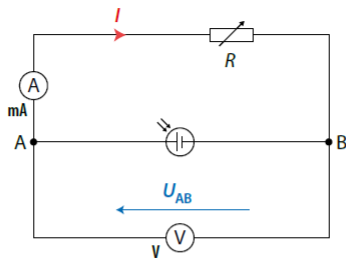
Avec un prix de vente égal  $0,20\text{ €/kW}\cdot\text{h}$ , le revenu sera :

$$3,80 \times 10^3\text{ kW}\cdot\text{h} \times 0,20\text{ €/kW}\cdot\text{h} = 760\text{ €}.$$

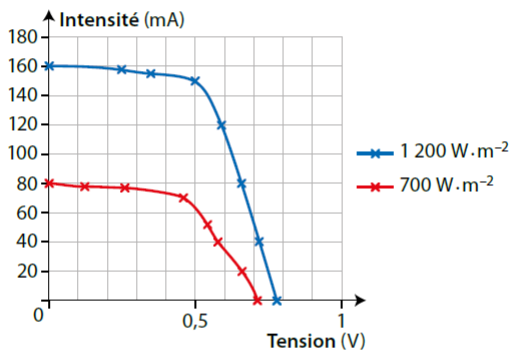
## Préparation à l'ECE

### Partie I

1.



2.



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

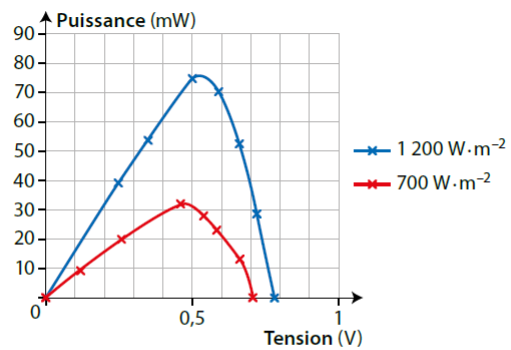
• Cas 1 : éclairement de  $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

$U_{AB}$ (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  $1200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

$U_{AB}$ (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  $E = 700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  :

$\mathcal{P}_{\text{lum}} = 1,23 \text{ W}$ , et d'après le graphique  $\mathcal{P}_{\text{élec max}} = 33 \text{ mW}$ ,

donc  $\eta = \frac{0,033 \text{ W}}{1,23 \text{ W}} = 0,027$  soit 2,7 %.

• Pour  $E = 1200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  :

$\mathcal{P}_{\text{lum}} = 2,12 \text{ W}$ , et d'après le graphique  $\mathcal{P}_{\text{élec max}} = 76 \text{ mW}$ ,

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  $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  :  $U = 0,48 \text{ V}$  ;

• pour  $1200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  :  $U = 0,53 \text{ V}$ .

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

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

• pour  $1200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  :  $I = 143 \text{ mA}$ .

### 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  $U = 10 \times 0,53 \text{ V} = 5,3 \text{ V}$ .

b. Dans une association série, l'intensité du courant qui traverse chaque dipôle est identique, soit ici  $I = 143 \text{ mA}$ .

c.  $\mathcal{P}_{\text{élec}} = U \times I$

$\mathcal{P}_{\text{élec}} = 5,3 \text{ V} \times 0,143 \text{ A} = 0,76 \text{ W}$ .

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  $U = 0,53 \text{ V}$ .

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  $I = 1,43 \text{ A}$ .

$\mathcal{P}_{\text{élec}}$  (en W) =  $U$  (en V)  $\times$   $I$  (en A)

$\mathcal{P}_{\text{élec}} = 0,53 \text{ V} \times 1,43 \text{ A} = 0,76 \text{ W}$ .

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).