

# EXERCICES CHAPITRE FONCTIONNEMENT D'UN PANNEAU SOLAIRE

## Exercice 1: Étude d'un panneau photovoltaïque

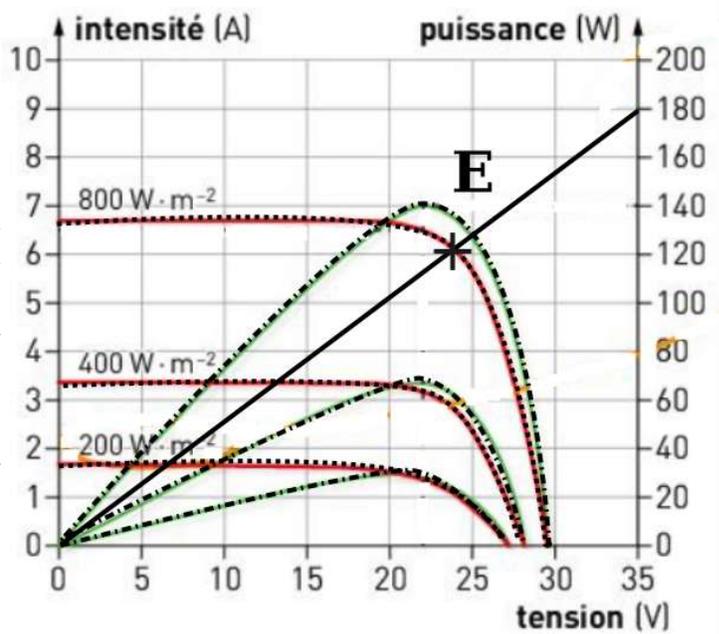
On considère un panneau photovoltaïque auquel est associé Le document ci-contre. Ce panneau reçoit un éclairement de  $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

1. Relever la valeur de la puissance électrique maximale  $P_m$
2. Relever le couple  $(I_m, U_m)$  au courant et à la tension nominale.
3. Décrire l'évolution de l'intensité de court-circuit et la puissance électrique maximale quand l'éclairement augmente.

On branche le panneau à un petit réfrigérateur. La caractéristique du récepteur est ajouté sur le graphique.

4. Déterminer les coordonnées du point de fonctionnement E.
5. Déterminer la puissance électrique délivrée par le panneau.
6. Conclure quant au fonctionnement de ce même réfrigérateur pour un éclairement de  $400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

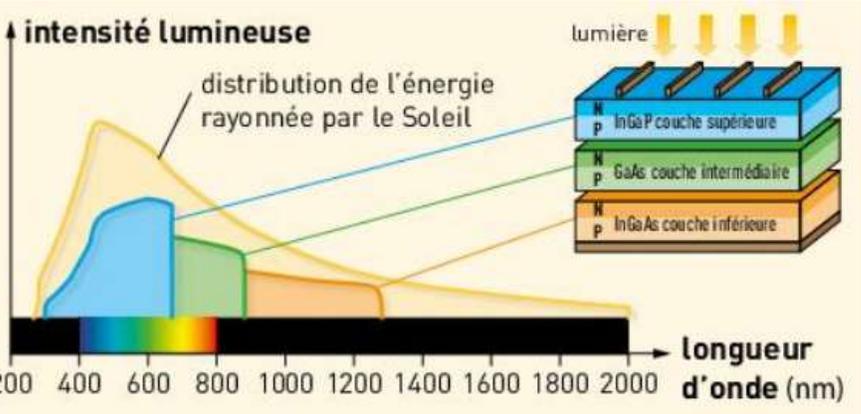
Intensité et puissance en fonction de la tension



— intensité en fonction de la tension  
— puissance en fonction de la tension

## Exercice 2: La cellule triple jonction

La cellule photovoltaïque triple jonction est constituée de trois semi-conducteurs différents : la couche supérieure en phosphore d'indium-gallium InGaP, une deuxième couche en arséniure de gallium GaAs, puis une couche inférieure en arséniure d'indium-gallium InGaAs. Cette technologie permet d'améliorer grandement le rendement des cellules photovoltaïques qui se situe autour de 15 % pour une technologie au silicium monocristallin.



### Doc 1. Comparaison de spectres

Sur le graphique ci-dessous sont représentées la distribution en longueur d'onde de l'énergie rayonnée par le Soleil et la sensibilité en longueur d'onde de la cellule triple jonction.

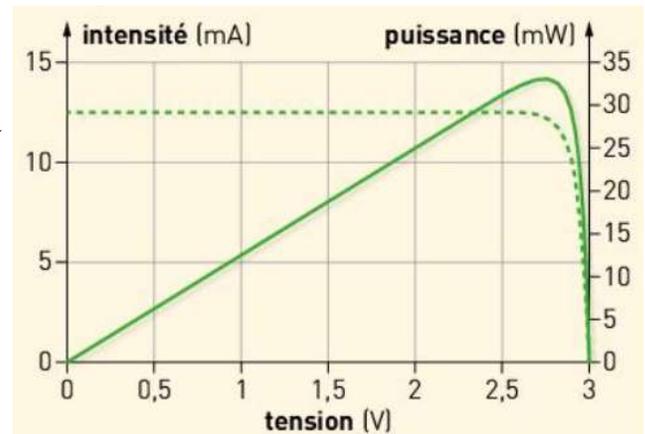
### Doc 2. Caractéristique intensité-tension

Caractéristique intensité-tension de la cellule triple-jonction de surface  $S = 8,9 \times 10^{-5} \text{ m}^2$  avec un éclairement de  $1\,000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  :

..... Évolution de l'intensité du courant électrique en fonction de la tension.

\_\_\_ évolution de la puissance électrique délivrée en fonction de la tension.

1. Pourquoi peut-on dire que ces trois jonctions peuvent effectivement exploiter l'énergie radiative du Soleil ?
2. Représenter le bilan thermique qui a lieu dans une cellule photovoltaïque.
3. Déterminer la puissance maximale délivrée par la cellule.
4. Calculer la résistance maximisant la puissance.
5. Montrer que la puissance lumineuse reçue par la cellule est  $P = 0,089 \text{ W}$ .
6. Calculer le rendement de la cellule et conclure.



### Exercice 3: Le projet Solar Impulse

Entre mars 2015 et juillet 2016, l'avion suisse Solar Impulse 2 est le premier avion à effectuer un tour du monde grâce à la seule énergie solaire.

#### Doc 1. Quelques données techniques de l'avion

- Surface des cellules :  $S = 270 \text{ m}^2$
- 4 moteurs électriques de puissance  $P_{\text{moteur}} = 13 \text{ kW}$  chacun
- 4 blocs de batteries d'énergie  $E = 0,139 \text{ GJ}$  chacun
- Masse de l'avion :  $m = 2\,300 \text{ kg}$
- Vitesse maximale :  $v = 140 \text{ km.h}^{-1}$
- Le jour, l'avion est soumis à une puissance solaire surfacique moyenne de valeur  $1,00 \text{ kW.m}^{-2}$ .

#### Doc 2. Puissance surfacique

La puissance solaire surfacique  $P_s$  exprimé en Watt par mètre carré ( $\text{W.m}^{-2}$ ) correspond à la puissance reçue  $P$  en watt (W) par unité de surface  $S$  en mètre carré ( $\text{m}^2$ ). On la calcule en partant de la puissance totale reçue divisé par la surface :  $P_s = \frac{P}{S}$

1. Calculer la valeur de la puissance solaire  $P$  reçue par l'ensemble des cellules solaires de l'avion.
2. Montrer que les cellules photovoltaïques peuvent fournir une puissance électrique de valeur  $P_e = 62,1 \text{ kW}$ . **Donnée :**  $r = 23,0 \%$ .
3. Cette puissance est-elle suffisante pour faire fonctionner les quatre moteurs à plein régime ?
4. En moyenne, un quart de la puissance électrique produite est utilisée pour la recharge des batteries. Montrer qu'une durée  $\Delta t = 10$  heures d'exposition solaire est nécessaire à la recharge totale des batteries de l'avion.
5. Quel type d'énergie propulse l'avion durant le vol de jour ? Que permet la recharge des batteries ?

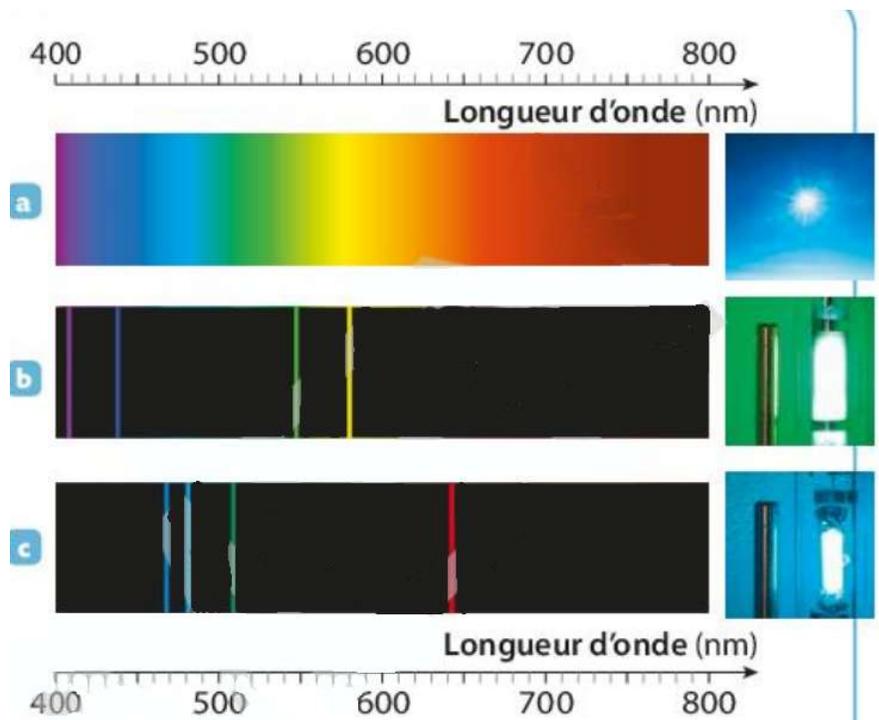
### Exercice 4: Sources lumineuses

Il est possible de très facilement analyser une source lumineuse à l'aide d'un spectroscope en carton (Doc 1). En remplaçant l'œil de l'observateur par l'un appareil photo, on obtient les spectres de différentes sources (doc 2). Une exploitation de la photo permet de déterminer facilement la valeur de certaines longueurs d'ondes. (Doc. 3). Un tableau permet d'identifier facilement le type d'atome (Doc. 4).



> Observation à travers un spectroscope

Doc 1. spectroscope



Doc 2: spectre des sources lumineuses

### Doc 3.Énergies des raies de quelques éléments chimiques.

Les radiations colorées, correspondant chacune à des raies du spectre, sont repérées par leur longueur d'onde  $\lambda$  correspondant à une énergie.

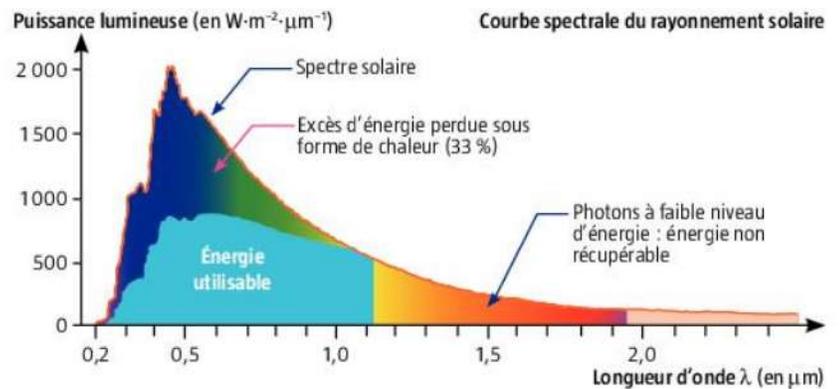
Entité chimique	énergie associée (eV)
mercure	3,07 ; 2,85; 2,27; 2,14
cadmium	2,65 ; 2,59; 2,44; 1,93

1. Attribuer à chaque spectre le terme d'émission continue ou d'émission de raies.
2. Rappeler la relation de Planck en précisant les unités.
3. Déterminer l'énergie associée aux raies des spectres b
4. Expliquer l'origine des raies
5. Déterminer l'atome correspondant au spectre b (justifier).

### Doc 4. Courbe spectrale du rayonnement solaire

Le graphique représenté ci-contre indique que :

- Si l'énergie des photons est supérieure à  $E=1,12$  eV (appelée « gap du silicium »), ceux-ci peuvent extraire des électrons de la cellule qui conduiront le courant électrique dans le circuit extérieur à la cellule. L'énergie excédentaire sera perdue : elle représente 33 % de l'énergie radiative solaire ;
- si l'énergie des photons est inférieure à  $E=1,12$  eV, ceux-ci ne pourront être absorbés.

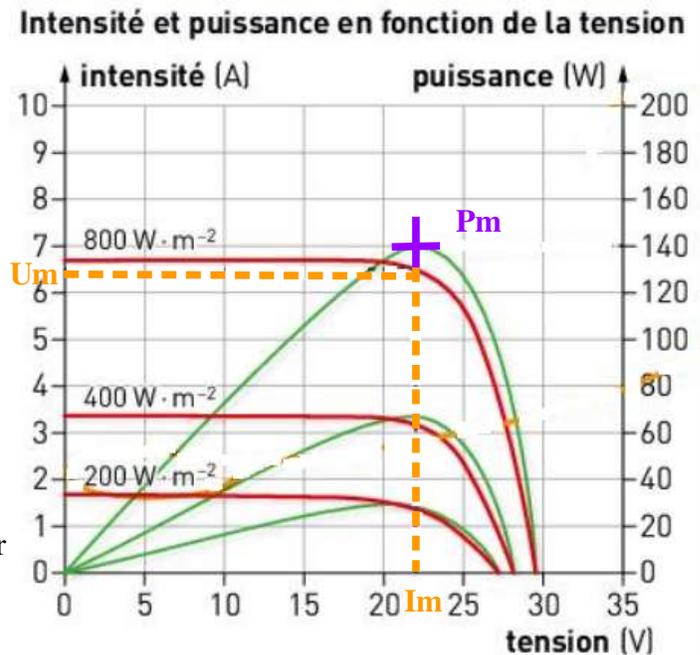


6. Déterminer la longueur d'onde (en nm) du photon dont l'énergie est égale à  $E$ . Conclure quant à la nature de la lumière nécessaire pour que l'électron franchisse le gap.

# CORRECTION

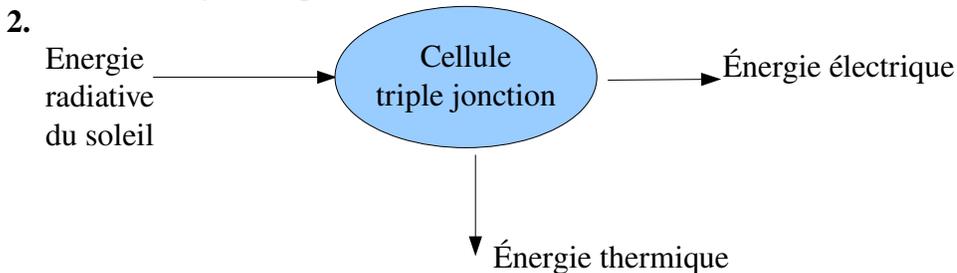
## Exercice 1: Étude d'un panneau photovoltaïque

1. Par lecture graphique,  $P_m=140\text{ W}$
2. Par lecture graphique, le couple est  $(6,5\text{ A} ; 23\text{ V})$
3. Plus l'éclairement en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  augmente plus la puissance déléguée augmente. On passe de  $30\text{ W}$  pour  $200\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  à  $140\text{ W}$  pour  $800\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  soit plus du triple.
4. On a  $I_E=6,0\text{ A}$  et  $U_E=24\text{ V}$ .
5. On a  $P_E=140\text{ W}$
6. Pour un éclairement de  $E=200\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ , la puissance est de  $25\text{ W}$ . Sûrement insuffisant pour faire fonctionner le réfrigérateur.



## Exercice 2: La cellule triple jonction

1. Dans le doc1, on constate que chaque matériau absorbe dans des domaines bien précis entre  $250\text{ nm}$  et  $650\text{ nm}$  pour le InGaP, entre  $650\text{ nm}$  et  $850\text{ nm}$  pour le GaAs et entre  $850\text{ nm}$  et  $1300\text{ nm}$ . Ces domaines couvrent une zone correspondant au maximum d'intensité rayonnée par le Soleil.



3. Par lecture graphique, la puissance maximale est de  $P_m=33\text{ mW}$

4.  $P = E \times S = 8,39 \times 10^{-5} \times 1000 = 0,089\text{ W}$

4.a)  $\eta = \frac{\text{puissance électrique maximale délivrée par cellule}}{\text{puissance lumineuse reçue par cellule}} = \frac{33 \times 10^{-3}}{0,089} = 0,37$

## Exercice 3: Le projet Solar Impulse

1.  $P_s = \frac{P}{S} \rightarrow P = P_s \times S = 1 \times 10^3 \times 270 = 2,70 \times 10^5\text{ W}$

2.  $\eta = \frac{P_e}{P} \rightarrow P_e = \eta \times P = 0,23 \times 2,7 \times 10^5 = 62\,100\text{ W} = 62,1\text{ kW}$

3.  $P_{\text{consommé}} = 4 \times P_{\text{moteur}} = 52\text{ kW}$  La puissance produite par les panneaux est supérieure à celle utilisée par les moteurs.

4.  $E = P \times \Delta t \rightarrow \Delta t = \frac{E_{\text{totale}}}{P/4} = \frac{4 \times 0,139 \times 10^9}{62,1 \times 10^3 / 4} = 35813\text{ s}$

$$\Delta t = \frac{35813}{3600} = 9,9\text{ h}$$

5. L'énergie solaire fait voler l'avion le jour et les batteries permettent de faire voler l'avion la nuit.

**Exercice 4: Sources lumineuses**

1. Spectre A= spectre d'émission continue et spectres b et c spectre de raies d'émission

2.  $\lambda = \frac{1243}{\Delta E}$   $\Delta E(\text{eV})$  et  $\lambda(\text{nm})$

3. les raies du spectre b sont déterminées par lecture du doc 2 et regroupées dans tableau suivant

$\lambda(\text{nm})$	410	430	540	570
$\Delta E(\text{eV})$	$\Delta E = \frac{1243}{\lambda} = \frac{1243}{410}$ $\Delta E = 3,03 \text{ eV}$	$\Delta E = \frac{1243}{\lambda} = \frac{1243}{430}$ $\Delta E = 2,89 \text{ eV}$	$\Delta E = \frac{1243}{\lambda} = \frac{1243}{540}$ $\Delta E = 2,3 \text{ eV}$	$\Delta E = \frac{1243}{\lambda} = \frac{1243}{570}$ $\Delta E = 2,2 \text{ eV}$

4. L'origine des raies provient de la désexcitation des électrons provenant de la transition des électrons de l'état excité vers l'état fondamental.

5. En comparant la valeur des énergies du doc3, on retrouve l'atome de mercure.

6.  $\lambda = \frac{1243}{\Delta E} = \frac{1243}{1,12} = 1109 \text{ nm}$  , il s'agit d'une radiation invisible faisant partie du domaine de l'infrarouge.