

# EXERCICES : INTERACTION LUMIERE-MATIERE

## Exercice 1 (extrait de 2015 métropole)

On étudie l'équipement en panneaux solaires d'un bâtiment « BEPOS » (à énergie positive)

Pour respecter la loi Grenelle 1 du 3 août 2009, la production annuelle d'énergie renouvelable du bâtiment BEPOS doit être supérieure à la consommation annuelle d'énergie non renouvelable, qui est estimée pour ce projet à 66 MW.h (Mégawattheure).

Pour assurer cette production, on envisage d'installer des panneaux solaires et deux éoliennes.

Des panneaux solaires photovoltaïques doivent couvrir une surface de 98 m<sup>2</sup>.

1. Sous quelle forme d'énergie utile le panneau photovoltaïque transforme-t-il l'énergie solaire ?
2. Dans le projet, les panneaux solaires photovoltaïques doivent contenir du silicium polycristallin.

2.1. En utilisant le document B1, calculer l'énergie minimale qu'un photon doit posséder pour « arracher » un électron du réseau du silicium. Exprimer le résultat en joule.

Donnée.  $1,0 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

2.2. Sachant que la vitesse d'une onde électromagnétique dans l'air est  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ , montrer que la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde associée à ce photon est  $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ .

Donnée.  $E = h \cdot \nu$  où  $E$  est l'énergie du photon qui s'exprime en joule (J),  $h$  est la constante de Planck égale à  $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  et  $\nu$  la fréquence de l'onde associée qui s'exprime en hertz (Hz).

2.3. D'après le document B2, à quel domaine du spectre solaire ce photon appartient-il ?

2.4. Sachant que chaque panneau photovoltaïque, de surface égale à 1,65 m<sup>2</sup>, peut produire une puissance maximale de 235 W, calculer la puissance maximale que peuvent fournir les 98 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques que l'on envisage d'installer sur le toit.

2.5. En considérant un ensoleillement de 12 h en moyenne par jour, on montre que ces panneaux photovoltaïques peuvent produire une énergie de  $2,2 \cdot 10^{11} \text{ J}$  en une année. Vérifiez que ce résultat est correct.

Données.  $E = P \cdot \Delta t$  avec  $P$  la puissance exprimée en watt (W),  $\Delta t$  la durée exprimée en seconde (s) et  $E$  l'énergie en joule (J).

3. Le chef de projet espère qu'avant la date limite de dépôt du dossier, un autre type de panneaux solaires plus performant sera commercialisé : les panneaux photovoltaïques triple jonctions. Ils remplaceraient alors ceux qui étaient prévus.

En utilisant le document B1, expliquer pourquoi les panneaux photovoltaïques triple jonctions sont plus performants que les panneaux photovoltaïques au silicium polycristallin.

### Document B1 – Cellules photovoltaïques

Une cellule photovoltaïque est constituée d'un matériau semi-conducteur comme le silicium polycristallin.

Pour produire un courant électrique, il faut « arracher » un électron du réseau du semi-conducteur. L'énergie nécessaire peut être fournie par un photon du rayonnement électromagnétique.

Pour le silicium polycristallin, l'énergie du photon doit au moins être égale à 1,12 eV.

Une cellule au silicium polycristallin absorbe environ 20% des radiations visibles et infrarouges A (IR-A) du spectre solaire.

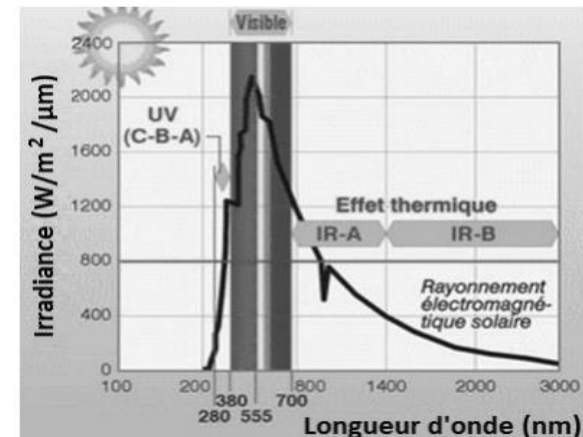
Cellule triple jonction : Prochainement, un autre type de cellule doit être commercialisé : la cellule photovoltaïque à triple jonction. L'une d'elles est constituée des couches minces suivantes :

- une première couche en phosphure d'indium-gallium InGaP qui absorbe environ 55% des radiations ultraviolettes du spectre solaire ;
- une seconde couche en arséniure de gallium GaAs qui absorbe environ 20% des radiations visibles du spectre solaire ;
- une troisième couche en arséniure d'indium-gallium InGaAs qui absorbe environ 40% des radiations infrarouges A et B du spectre solaire.

### Document B2 – Le spectre solaire

Le spectre solaire se répartit selon trois types de rayonnement :

- les ultraviolets (UVA et UVB) qui représentent environ 5 % de la quantité totale du rayonnement solaire ;
- la partie visible du spectre. C'est dans ce domaine visible que l'énergie solaire est la plus intense. Elle représente 50 % de la quantité totale du rayonnement solaire ;
- les infrarouges (IRA et IRB) qui représentent environ 45 % du spectre solaire.

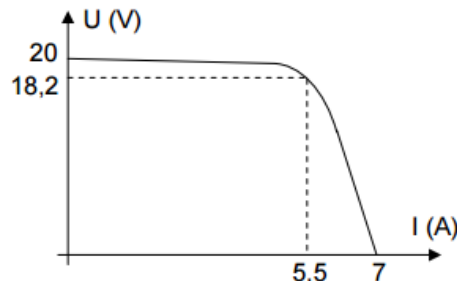


## Exercice 2 (extrait de 2014 antilles)

Lors de la dernière édition du Vendée Globe, l'intégralité de la flotte était équipée d'au moins un système de production énergétique alternatif que sont les éoliennes, les panneaux solaires ou les hydrogénérateurs.

### B.1 Panneaux photovoltaïques

On donne la caractéristique tension-courant des panneaux utilisés pour un rayonnement de puissance  $P_{\text{rayonnement}} = 1000 \text{ W.m}^{-2}$ .



**B.1.1** Sachant que les valeurs nominales correspondent au point de fonctionnement pour lequel la puissance fournie par le panneau photovoltaïque est maximale, compléter le tableau des valeurs caractéristiques sur le **document réponse n°2 page 11/12**.

**B.1.2** Calculer la puissance maximale  $P_{\text{MAX}}$  d'un panneau photovoltaïque pour les conditions de rayonnement indiquées.

**B.1.2** Calculer la puissance maximale  $P_{\text{MAX}}$  d'un panneau photovoltaïque pour les conditions de rayonnement indiquées.

**B.1.3** La surface de ce panneau est  $S = 0,556 \text{ m}^2$ . Calculer la puissance reçue, notée  $P_{\text{reçue}}$ , dans les conditions de rayonnement indiquées.

**B.1.4** Compléter le schéma du bilan de puissance du panneau photovoltaïque sur le **document réponse n°3 page 11/12**.

**B.1.6** L'énergie électrique nécessaire par jour à bord du voilier est  $E_{\text{jour}} = 4,00 \text{ kW.h}$ . De plus, la valeur de la puissance produite par mètre carré de panneau est  $P = 180 \text{ W.m}^{-2}$  pour un rayonnement de puissance  $1000 \text{ W.m}^{-2}$ .

**B.1.6.1** Calculer l'énergie  $E_{\text{panneau}}$  produite par un mètre carré de panneau pour une journée proposant 5 heures d'un rayonnement supposé équivalent à  $1000 \text{ W.m}^{-2}$ .

**B.1.6.2** En déduire la surface de panneaux devant être installée sur le bateau.

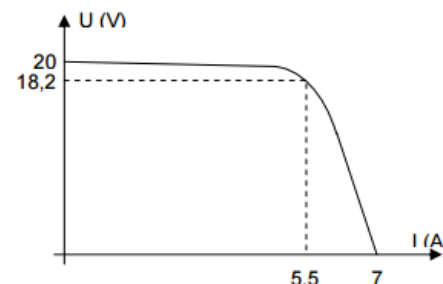
**B.1.6.3** Quels paramètres peuvent influencer sur l'énergie produite par ces panneaux solaires photovoltaïques ?

### Document réponse n°2 : Caractéristiques des panneaux solaires photovoltaïques

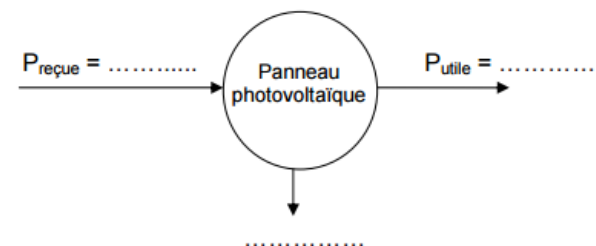
Valeurs caractéristiques : (à compléter)

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Tension nominale           |  |
| Intensité nominale         |  |
| Tension à vide             |  |
| Intensité de court-circuit |  |

Caractéristique tension - courant :



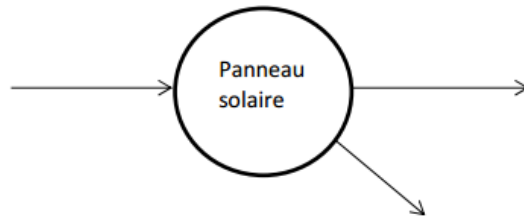
### Document réponse n°3 : Bilan de puissance du panneau photovoltaïque



### Exercice 3 (extrait de 2013 métropole)

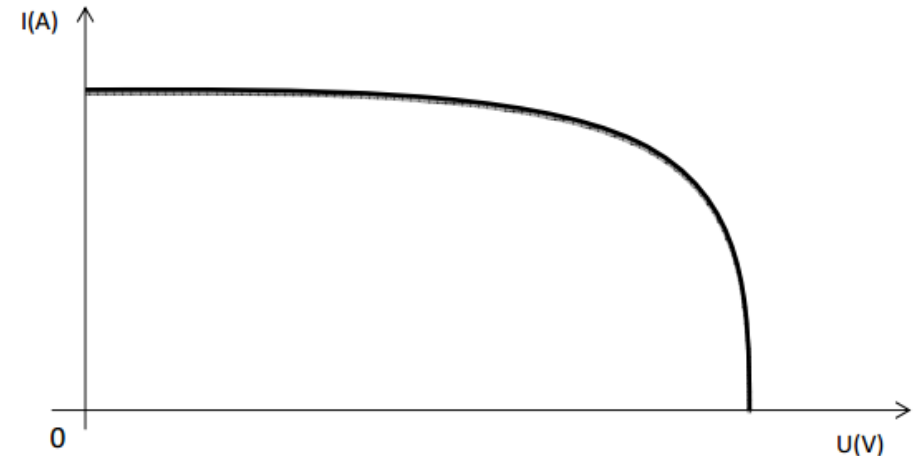
Monsieur Moncar cherche à être autonome en énergie électrique. Il décide pour cela d'équiper son camping-car d'un panneau solaire.

- 2.1 Quels sont de façon générale les deux modes d'exploitation de l'énergie solaire que l'on peut utiliser dans un habitat comme un camping-car ?
- 2.2 De quel type de panneau solaire Monsieur Moncar doit-il s'équiper ?
- 2.3 En vous référant aux documents C6 et C7, reproduire l'allure de la caractéristique Intensité-Tension de ce panneau solaire en plaçant sur les axes les valeurs de l'intensité du courant de court-circuit et de la tension en circuit ouvert.
- 2.4 Calcul de la puissance crête :
  - 2.4.1 Écrire la relation entre les grandeurs Puissance, Tension et Intensité en régime continu, en précisant les unités des grandeurs figurant dans cette relation.
  - 2.4.2 Calculer la valeur de l'intensité du courant à la puissance crête.
- 2.5 Recopier et compléter la chaîne énergétique ci-dessous :



- 2.6 Le rendement du panneau solaire est donné par la relation :  $\eta = \frac{P_{\text{électrique}}}{P_{\text{solaire}}}$ 
  - 2.6.1 Montrer que la puissance solaire reçue par le panneau solaire est de l'ordre de 640 W.
  - 2.6.2 Calculer le rendement maximal de ce panneau solaire.

### C6- Allure de la caractéristique Intensité-Tension d'un panneau solaire :



### C7- Caractéristiques du panneau solaire :

- Puissance crête (puissance maximale) : 80 W
- Tension à la puissance crête : 17,4 V
- Tension de circuit ouvert : 19,1 V
- Intensité du courant de court-circuit : 4,8 A
- Dimensions de la partie vitrée :  
1146 mm x 555mm
- Poids 8,35 kg

Ces données sont mesurées dans les conditions d'essai standard (STC) :

Eclairement énergétique de  $1\text{kW.m}^{-2}$  à la température de  $25^{\circ}\text{C}$ .

D'après <http://www.solarboutik.com/269-kit-solaire-camping-car-vechline-75w.html>

#### **Exercice 4**

1) Le sodium émet une lumière jaune de longueur d'onde  $\lambda = 589 \text{ nm}$ .  
Quelle est l'énergie portée par un photon de longueur d'onde  $\lambda = 589 \text{ nm}$  ?

2) Soit un photon d'énergie  $E = 0,14 \text{ eV}$   
Déterminer la longueur d'onde de ce photon. Dans quel domaine du spectre se situe ce photon ?

Pour le calcium, le travail d'extraction est  $\Phi = 4,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

♦ Déterminer l'énergie cinétique d'un électron extrait par effet photoélectrique d'un échantillon de calcium éclairé par un photon d'énergie  $E = 7,8 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

Le travail d'extraction du cuivre est  $\Phi = 7,53 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

♦ Déterminer sa fréquence seuil, fréquence au-dessus de laquelle on peut observer l'effet photoélectrique.

#### **Exercice 5**

On éclaire la cathode d'une cellule photoélectrique au potassium par une source lumineuse de longueur d'onde  $\lambda = 490 \text{ nm}$  et dont la puissance du rayonnement vaut  $P = 4,50 \times 10^{-7} \text{ W}$ . Le travail d'extraction du potassium est  $\Phi = 2,29 \text{ eV}$ .

1. Calculer l'énergie des photons et vérifier que l'extraction des électrons est possible.

2. Calculer le nombre de photons reçus en 1 s.

3. Sachant que l'on obtient une intensité  $I = 2,00 \times 10^{-8} \text{ A}$  lorsque tous les électrons arrachés à la cathode arrivent sur l'anode, calculer le nombre d'électrons extraits de la cathode en 1 s.

4. Déterminer le rendement quantique de la cellule, c'est-à-dire le rapport du nombre d'électrons extraits sur le nombre de photons reçus par la cathode.