

Devoir n°1**Panneaux photovoltaïques****55 minutes***Les cellules multi-jonctions*

Les cellules multi-jonctions ont été développées pour des applications spatiales. Elles ont une grande efficacité de conversion.

Les cellules solaires à multi-jonctions sont constituées de plusieurs couches minces de semi-conducteurs différents. La cellule multi-jonction typique pour application spatiale est la triple jonction constituée de l'empilement des semi-conducteurs GaInP/GaAs/Ge dont le rendement avoisine les 30 %. Chaque semi-conducteur est caractérisé par une énergie minimum appelée gap. Les photons ayant une énergie inférieure à ce gap ne peuvent pas être absorbés par le semi-conducteur et ne contribuent donc pas à la génération d'électricité. Ils traversent la couche de semi-conducteur. Les photons d'énergie supérieure au gap provoquent un échauffement du matériau. Il est donc intéressant de superposer judicieusement des semi-conducteurs de gaps différents, permettant de mieux exploiter le spectre solaire et ainsi d'augmenter l'efficacité des panneaux photovoltaïques.

Données

Gap du phosphure de gallium-indium (GaInP) : 2,24 eV

Gap de l'arséniure de gallium (GaAs) : 1,42 eV

Gap du germanium (Ge) : 0,66 eV

1 électron-volt (eV) = $1,60 \cdot 10^{-19}$ J

L'énergie d'un photon est associée à sa longueur d'onde par la relation :

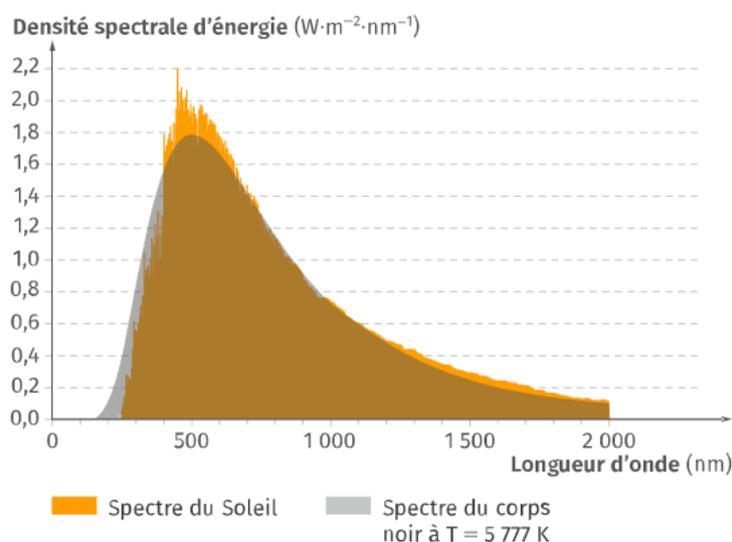
$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

E : énergie (J)

h : constante de Planck ($6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s)

c : vitesse de la lumière ($3,00 \cdot 10^8$ m·s⁻¹)

λ : longueur d'onde (m)

Spectre du soleil*Ensoleillement dans le centre de la France*

Par une belle journée d'été, dans le centre de la France, la puissance surfacique du rayonnement solaire est voisine de $1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$.

L'ensoleillement *quotidien* moyen sur l'année (donc en tenant compte du jour et de la nuit, de l'été et de l'hiver, des nuages occasionnels, etc.) dans le milieu de la France est de $3,8 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$. Cela signifie que chaque mètre carré reçoit, en moyenne sur toute l'année, une énergie de rayonnement solaire de $3,8 \text{ kWh}$ chaque jour.

1. Photons et semi-conducteurs

1.1. Soit un photon de lumière bleue, associée à une longueur d'onde de 430 nm, et un photon de lumière rouge, de longueur d'onde 700 nm. Calculer l'énergie de ces photons, en électron-volt.

1.2.a. Indiquer quelle part de l'énergie de chacun de ces photons sera convertie énergie électrique dans chacune des situations suivantes, où l'ordre de couches varie. Le photon arrive par le haut. Présenter vos résultats **en recopiant le tableau sur votre copie** et en le complétant (si vous répondez sur l'énoncé, je ne noterai pas la question).

Ge	GaInP	GaInP
GaAs	Ge	GaAs
GaInP	GaAs	Ge
Situation 1	Situation 2	Situation 3

Tableau à compléter

	Énergie convertie (eV)	
	Photon 430 nm	Photon 700 nm
Situation 1		
Situation 2		
Situation 3		

1.2.b. En déduire quelle est la superposition la plus judicieuse à choisir. Justifier brièvement votre choix.

1.2.c. Expliquer pourquoi il n'est pas judicieux de réaliser un panneau solaire avec une seule couche en utilisant du GaInP. Vous préciserez quelle partie du spectre solaire ne peut pas être absorbée par le GaInP.

1.3.a. Quelle est la longueur d'onde maximale d'un photon pouvant être absorbé par le germanium ?

1.3.b. Le germanium est-il capable d'absorber la plus grande partie des rayonnements (UV, visibles et infrarouges) du Soleil ?

1.3.c. Pourquoi ne serait-il tout de même pas judicieux d'utiliser seulement du germanium pour réaliser un panneau solaire ?

2. Panneaux solaire et production d'énergie

On considère une installation de 10 m² de ces panneaux solaires à haut rendement, dans le centre de la France.

2.1. Donner la définition du rendement d'un panneau photovoltaïque.

2.2. Calculer la puissance électrique produite par cette installation lors d'une journée d'été.

2.3. Calculer l'énergie électrique produite par cette installation, sur l'ensemble de l'année.

2.4. Si on compte qu'une famille de 4 personnes habitant dans une maison a une consommation électrique mensuelle moyenne de 500 kW·h (hors chauffage, dont on ne tiendra pas compte dans cette question), l'installation suffit-elle à fournir l'énergie électrique nécessaire ? Quelle proportion des besoins recouvre-t-elle ?

Correction

1.1. $E = \frac{hc}{\lambda} = 2,89 \text{ eV}$ et $1,78 \text{ eV}$

1.2.a. Énergie convertie dans les différentes situations.

	Énergie convertie (eV)	
	Photon 430 nm	Photon 700 nm
Situation 1	0,66	0,66
Situation 2	2,24	0,66
Situation 3	2,24	1,42

B si une seule faute

C si une faute pour un photon ou une situation, 0 si plus

D si une seule situation juste.

0 si une faute par situation

1.2.b. Situation 3. Il faut mettre les couches par ordre de gap décroissant. De cette manière, les photons incidents seront absorbés par la couche dont le gap est le plus proche de leur énergie.

A si choix cohérent avec énergies calculées à la question précédente

1.2.c. Ce panneau ne peut pas absorber les photons d'énergie inférieure à 2,24 eV soit un rayonnement de longueur d'onde maximale de 550 nm. Toutes la partie du spectre solaire située au-delà de 550 nm ne sera pas absorbée.

C si rien de quantitatif

1.3.a. $\lambda_{\max} = 1880 \text{ nm}$ environ.

B si pas unité

1.3.b. Oui car le spectre solaire se situe principalement entre environ 250 nm et 2000 nm.

1.3.c. Car le germanium ne peut récupérer que 0,66 eV par photon absorbé.

2.1. Rendement = puissance électrique produite ÷ puissance de rayonnement reçue.

2.2. $P = 1000 \times 0,3 \times 10 = 3000 \text{ W}$

0 si rendement pas pris en compte

2.3. $E = 3,8 \times 0,3 \times 10 \times 365 = 4,2 \text{ MW}\cdot\text{h/an}$

C si rendement pas pris en compte

2.4. Énergie annuelle nécessaire : $500 \times 12 = 6,0 \text{ MW}\cdot\text{h}$

L'énergie produite représente 70 % des besoins.