

ÉVALUATION physik.fr

CLASSE : Terminale

E3C : ☐ E3C1 ☒ E3C2 ☐ E3C3

VOIE : ☒ Générale

ENSEIGNEMENT : Enseignement scientifique

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1 h

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui ☐ Non

Thème « Le futur des énergies »

Vitraux médiévaux et panneaux photovoltaïques

Sur 10 points

Des chercheurs ont découvert que le rouge des vitraux médiévaux était renforcé par la présence de nanoparticules de cuivre qui améliorent l'absorption de la lumière par la matière.

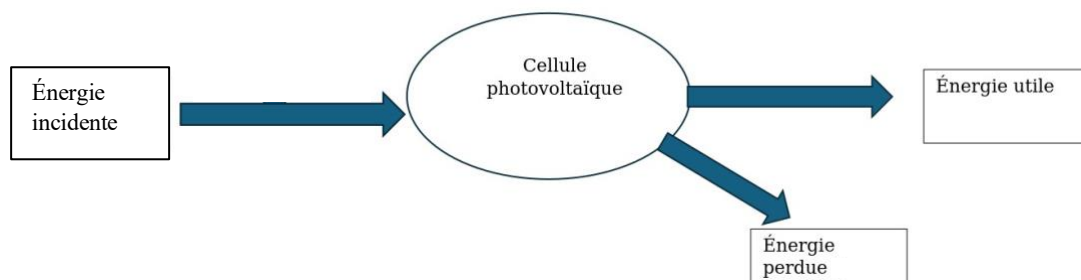
La découverte de ce phénomène ouvre de nouvelles pistes pour améliorer les performances des cellules photovoltaïques. On s'intéresse ici à ces pistes.

Document 1 – Propriétés électriques des semi-conducteurs contenus dans les cellules photovoltaïques

Les propriétés électriques d'un semi-conducteur dépendent d'une bande énergétique appelée le « gap ». Les photons du spectre solaire dont l'énergie est inférieure à celle du gap du semi-conducteur ne peuvent pas être exploités par la cellule photovoltaïque. Pour les photons dont l'énergie est supérieure à celle du gap, l'excédent d'énergie est converti en chaleur.

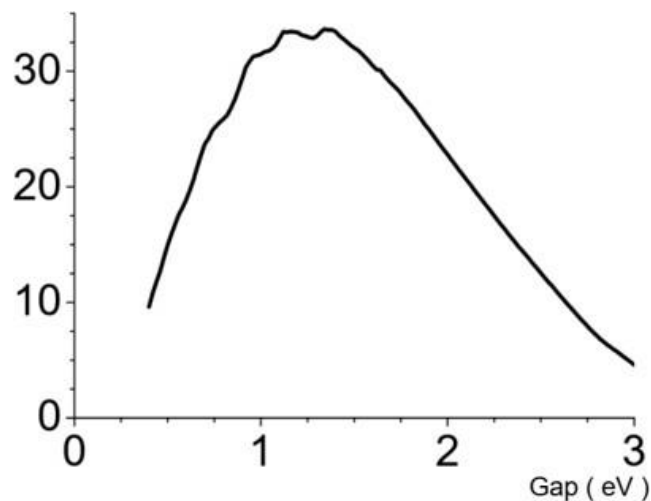
Source : connaissancedesenergies.org

On peut représenter le bilan d'énergie pour une cellule photovoltaïque par le diagramme suivant :



Le rendement des semi-conducteurs a été étudié par Shockley et Queisser en 1961. Ils ont montré que ce rendement ne pouvait pas dépasser un maximum théorique dépendant de l'énergie associée au gap. Le graphique suivant illustre cette propriété.

Rendement théorique maximum (%)



Source : <https://solaredition.com>

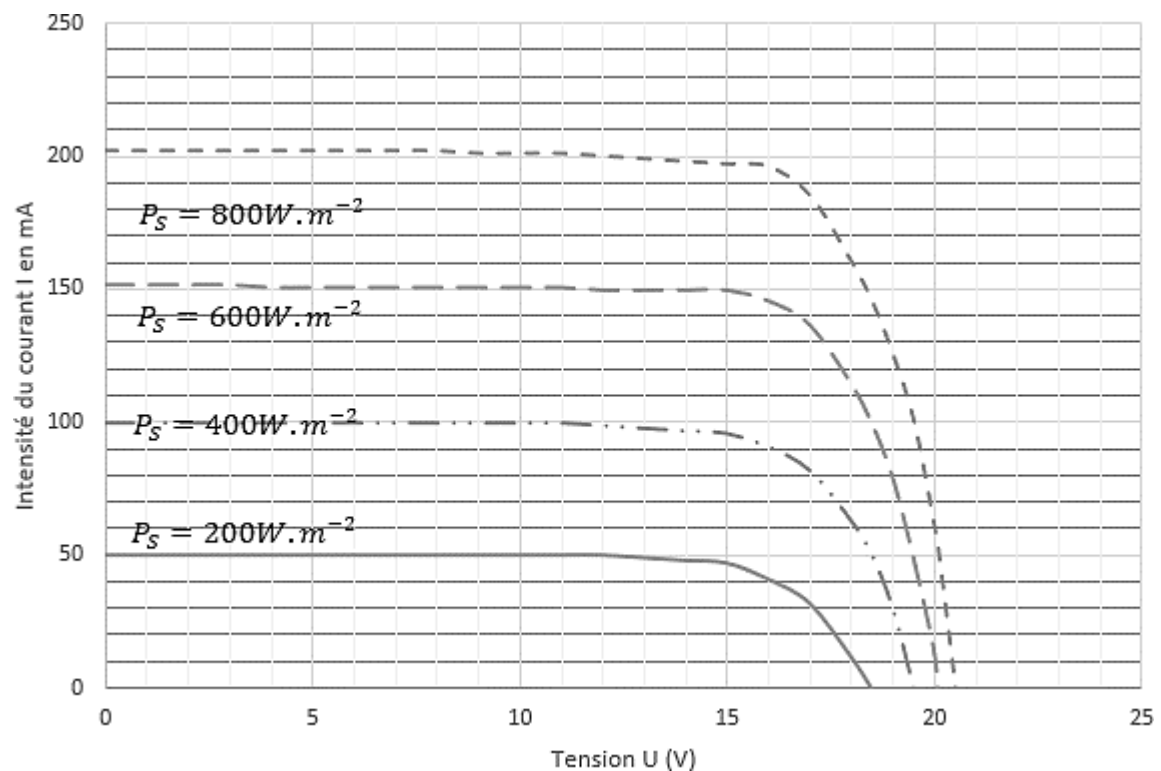
Tableau indiquant les caractéristiques de différents semi-conducteurs :

Nom du semi-conducteur	Germanium	Silicium	Arséniure de gallium	Phosphure de gallium	Sulfure de cadmium
Symbole	Ge	Si	GaAs	GaP	CdS
Energie du gap (eV)	0,7	1,1	1,4	2,3	2,4
Prix (€) au kg (2025)	4000	60	600	150	110

Source : produit par l'auteur

- 1- Indiquer la nature de « l'énergie incidente », celle de « l'énergie utile » et celle de « l'énergie perdue » du document 1.
- 2- En utilisant le document 1 classer les semi-conducteurs par ordre décroissant de rendement théorique.
- 3- Proposer une hypothèse expliquant le fait que le semi-conducteur le plus efficace n'est pas celui qui est le plus utilisé pour la fabrication des panneaux photovoltaïques.

Document 2 – Caractéristique externe d'une cellule photovoltaïque en fonction de la puissance surfacique P_s reçue par le panneau photovoltaïque



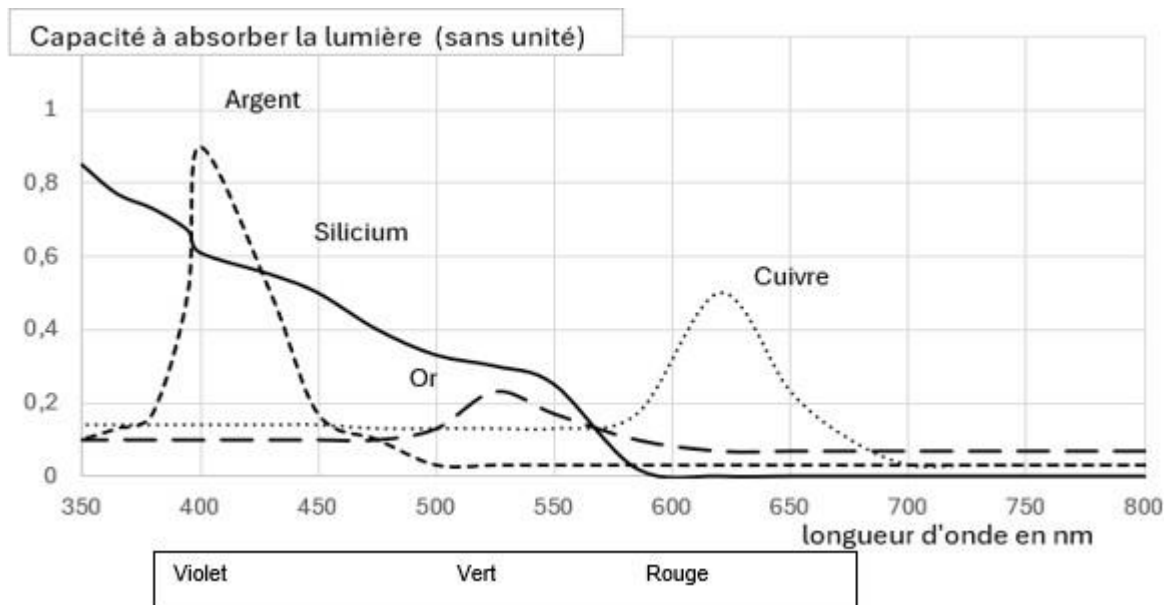
Source : mesures réalisées par l'auteur

On s'intéresse à une cellule photovoltaïque au silicium, de forme rectangulaire, de dimensions 20 cm x 10 cm. Cette cellule est soumise à un éclairage dont la puissance par unité de surface est égale à 600 W.m^{-2}

- 4- Calculer la puissance totale reçue par la cellule photovoltaïque.
- 5- À l'aide du graphique du document 2, déterminer la puissance de sortie de la cellule pour une tension $U=15 \text{ V}$, compte tenu de l'intensité du courant correspondant à la puissance surfacique reçue égale à 600 W.m^{-2} .
- 6- Montrer que le rendement de la cellule est supérieur à 18 %, pour une puissance surfacique reçue égale à 600 W.m^{-2} et une tension de sortie égale à 15 V.
- 7- Comparer et commenter ce rendement vis-à-vis du rendement théorique maximum figurant dans le document 1.

L'une des voies de recherche actuelles consiste à optimiser la captation des photons afin qu'ils contribuent efficacement au processus de conversion d'énergie. Les chercheurs ont montré que le rouge éclatant des vitraux, dû à la vibration à certaines fréquences lumineuses des nanoparticules de cuivre injectées, constitue un phénomène assez proche de l'effet photovoltaïque.

Document 3 – Spectres d'absorption comparés de nanoparticules de différents métaux



Source : Le Mans université (<https://www.researchgate.net/publication/325245689>)

- 8- En utilisant le document 3, expliquer en quoi l'utilisation de nanoparticules de cuivre pourrait permettre d'augmenter le rendement des panneaux photovoltaïques au silicium.