

## AE 02 La cellule photovoltaïque, un générateur de courant électrique

### Prérequis

- Bilan énergétique d'un convertisseur
- Puissance électrique délivrée par un générateur :  $P = U_{PN}.I$
- Savoir brancher un ampèremètre et un voltmètre pour effectuer des mesures électriques

### Contexte

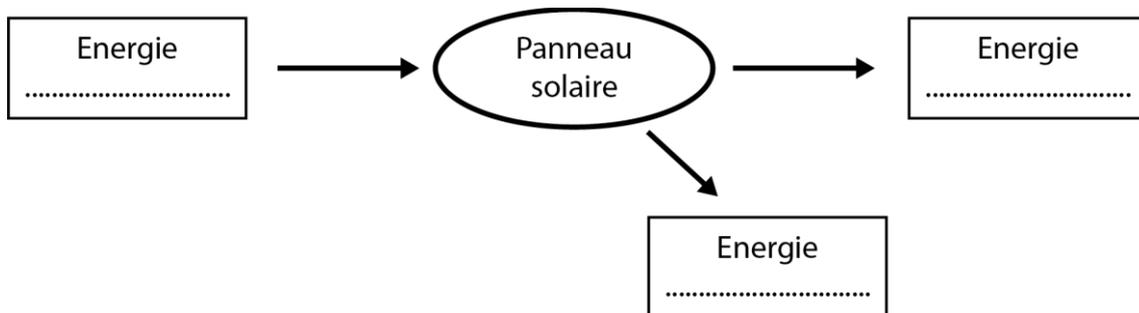
Utiliser l'énergie émise par le Soleil pour produire de l'électricité c'est possible et cela se développe de manière considérable ces dernières années. Le nombre de panneaux photovoltaïques ne fait que croître en France et dans le monde, et les entreprises innovent pour les rendre de plus en plus efficaces. Cette conversion se fait par l'intermédiaire de cellules photovoltaïques regroupées en panneaux solaires. La conversion d'énergie en tant que telle n'est pas polluante, mais l'impact environnemental de ces panneaux ne peut pas être considéré comme négligeable.

**Problème :** pour un éclairage moyen en France, déterminer la surface d'un générateur photovoltaïque qui fournirait la même puissance électrique que celle d'une centrale nucléaire.

### Partie théorique

1. Bilan énergétique du convertisseur « panneau solaire ».

Compléter le schéma ci-dessous avec les expressions suivantes : « énergie électrique », « énergie lumineuse » et « énergie thermique ».



Le rendement de la cellule s'en déduit naturellement par la formule :

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{lumineuse}}$$

La puissance lumineuse se mesure avec un luxmètre.

La conversion lux  $\rightarrow$  W s'écrit :  $P_{lum} = 2,5 \times S(\text{en } m^2) \times \frac{\text{Eclairage mesuré en lux}}{100}$

### Le panneau solaire une solution pour le développement durable ?

« Le panneau solaire photovoltaïque capte l'énergie émise par le Soleil et la convertit en énergie électrique. La conversion d'énergie n'est pas productrice de dioxyde de carbone : il est communément admis qu'il s'agit d'une production d'énergie électrique « non polluante ».

La plupart des productions industrielles ont un impact sur l'environnement et sur le réchauffement de la planète, la fabrication des panneaux solaires n'y échappe pas.

Fabrication, transport, installation consomment toutes sortes d'énergies et sont générateurs de dioxyde de carbone. Toutefois, sur 20 ans de durée de vie, les émissions de dioxyde de carbone par kilowattheure électrique produit par un panneau photovoltaïque, représentent de 7 à 37 % des émissions par kilowattheure produit par une centrale thermique classique.

On peut donc considérer que l'énergie produite par les panneaux solaires sera quatre fois moins polluante que celle produite par une centrale thermique ou une chaudière individuelle. »

D'après <http://www.eco-conduite-attitude.com/panneau-solaire-solution-developpement-durable/>

### Énergie solaire photovoltaïque

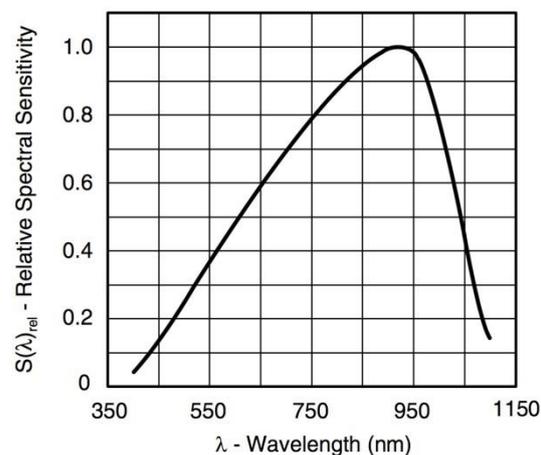
« Le terme « photovoltaïque » peut désigner le phénomène physique (l'effet photovoltaïque découvert par Alexandre Edmond Becquerel en 1839) ou la technologie associée. L'énergie solaire photovoltaïque est l'énergie produite par la transformation d'une partie du rayonnement solaire au moyen d'une cellule photovoltaïque. Schématiquement, un photon dans des conditions énergétiques favorables peut mettre en mouvement un électron, produisant ainsi un courant électrique.

Les cellules photovoltaïques sont fabriquées avec des matériaux principalement produits à partir de silicium. Ces matériaux semi-conducteurs émettent des électrons lorsqu'ils sont soumis à l'action de la lumière. Ceux-ci sont éjectés du matériau et ils circulent dans un circuit fermé, produisant ainsi de l'électricité. »

D'après <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-photovoltaique>

### La photodiode PW34 en silicium

Ci-dessous, une photographie d'une photodiode ainsi qu'un graphe représentant sa sensibilité spectrale.



Plus la sensibilité de la photodiode est élevée, plus la conversion d'énergie est efficace.

3. Rappeler les valeurs des longueurs d'onde limites du spectre de la lumière visible.
4. Quelle est la longueur d'onde approximative pour laquelle cette photodiode possède une efficacité maximale ? Dans quel domaine des ondes électromagnétiques se situe cette longueur d'onde ?

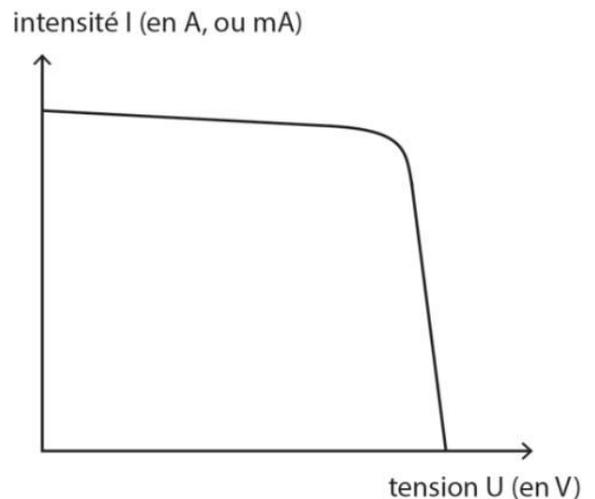
### Centrale nucléaire

5. Effectuer une recherche documentaire et proposer une valeur de la puissance fournie par une centrale nucléaire.

## Partie expérimentale

### Caractéristique courant-tension d'une cellule photovoltaïque

On peut repérer deux points particuliers sur cette caractéristique : le premier permet de connaître l'intensité du courant électrique de court-circuit du panneau ( $I_{cc}$  : lorsque la tension électrique est nulle), le second la tension électrique de circuit ouvert ( $U_{co}$  : lorsque l'intensité du courant électrique est nulle).



### Matériel disponible

- Une cellule photovoltaïque
- Une lampe de bureau
- Un rhéostat de  $10\text{ k}\Omega$  (ou une boîte de résistances de 0 à  $10\text{ k}\Omega$ )
- Deux multimètres
- Des fils électriques
- Un ordinateur muni d'un tableur-grapheur
- Un luxmètre

### Matériel supplémentaire disponible :

- Morceaux de carton opaque représentant  $\frac{1}{3}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$  de la surface utile du panneau ;
- Ruban adhésif.

Repérer les deux points particuliers de la caractéristique cités dans le document relatif à la caractéristique courant-tension d'une cellule photovoltaïque. Proposer deux schémas électriques qui permettent de mesurer  $I_{cc}$  et  $U_{co}$  du panneau.

6. Appeler le professeur pour valider les montages, puis réaliser les mesures et noter les résultats.

Remarque : le panneau sera placé à environ 40 cm de la lampe et perpendiculairement aux rayons lumineux.

### Efficacité de la conversion

Chaque photon dans des conditions d'énergie favorable produit un électron participant au courant électrique. Mais tous les photons, énergétiquement favorables, ne sont pas absorbés pour autant, certains sont réfléchis par la surface du panneau par exemple.

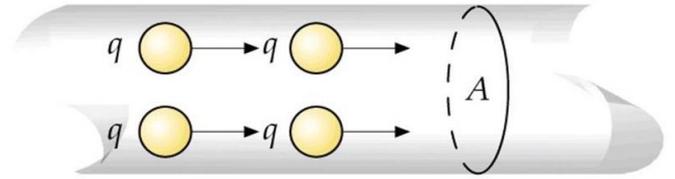
Toutefois, on peut considérer que dans des conditions d'éclairage données (même source lumineuse, même distance, même inclinaison du panneau) le nombre d'électrons participant au courant électrique est proportionnel au nombre de photons énergétiquement favorables qui atteignent le panneau.

7. Fixer les conditions d'éclairage comme précédemment, ajuster le montage dans les conditions pour mesurer  $I_{cc}$ . Placer tour à tour les caches en carton de sorte à masquer une partie de la surface active du panneau. Mesurer le courant de court-circuit à chaque fois.

- option 1 : consigner les résultats dans un tableau ; - option 2 : placer les mesures sur un graphique.

### La nature du courant électrique et son intensité

Le courant électrique correspond à un mouvement d'ensemble de porteurs de charges électriques, comme le montre le schéma ci-contre.



Chaque porteur possède une « charge électrique » notée  $q$  et exprimée en coulomb (C). Lorsqu'un courant électrique est établi dans un conducteur (un fil de cuivre par exemple), à chaque seconde un certain nombre de porteurs de charge traversent une section donnée du conducteur (ici, elle est notée «  $A$  »).

Ainsi, plus le nombre de porteurs de charge électrique traversant  $A$  en 1 seconde est important, plus la charge électrique ayant traversé  $A$  sera grande aussi, et finalement plus l'intensité du courant sera élevée.

L'intensité du courant électrique se calcule avec la relation :

$$I = \frac{\text{charge électrique ayant traversé } A}{\text{durée d'observation}} = \frac{Q}{\Delta t}$$

$I$  s'exprime en « ampère » (A) ;  $Q$  s'exprime en « coulomb » (C)  $\Delta t$  s'exprime en «seconde» (s).

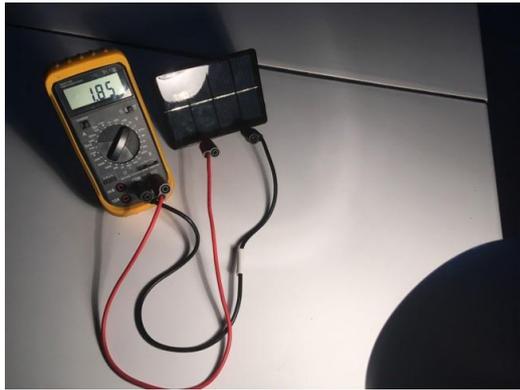
8. Les mesures confirment-elles la définition de l'intensité du courant électrique, présentées dans le document ci-dessus ?

Compte rendu : présenter de manière structurée et cohérente, la démarche adoptée afin de répondre au problème posé. Conclure.

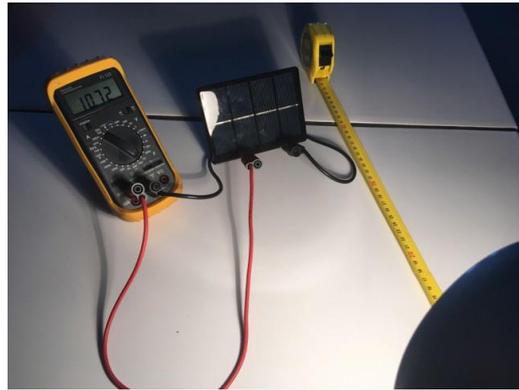
Développer votre conclusion en présentant brièvement l'impact environnemental (positif, comme négatif) de l'utilisation de panneaux solaires pour produire de l'énergie électrique.

## Éléments pour le compte rendu :

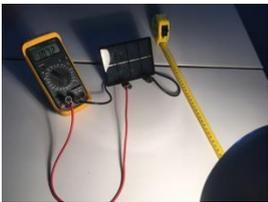
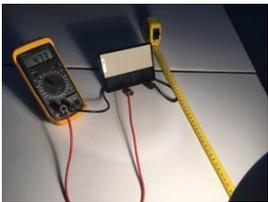
- Reformuler la problématique : faire apparaître ce à quoi sert une cellule photovoltaïque ; quelle est l'influence de la surface d'éclairement ; comment faire le lien entre le dispositif réel (notamment avec un éclairage solaire et une surface  $S$  cherchée) et le dispositif expérimental (avec un éclairage par une lampe et une surface  $S'$  à mesurer).
- Quelles mesures sont nécessaires pour répondre à la problématique ? Schéma des montages. Protocoles.
- Mesures, tableaux de mesures.



$$U_{CC0} = 1,85 \text{ V}$$



$$I_{CC} = 10,72 \text{ mA}$$

1 panneau éclairé	2/3 de panneau éclairé	1/2 de panneau éclairé	1/3 de panneau éclairé
			
$I_{CC} = 10,72 \text{ mA}$	$I_{CC} = 7,57 \text{ mA}$	$I_{CC} = 5,96 \text{ mA}$	$I_{CC} = 4,73 \text{ mA}$
$I_{CC0}$	$\frac{I_{CC0}}{I_{CC}} = 0,71 \approx 2/3$	$\frac{I_{CC0}}{I_{CC}} = 0,56 \approx 1/2$	$\frac{I_{CC0}}{I_{CC}} = 0,44 \approx 1/3$

On constate, entre autres, que la valeur de l'intensité du courant électrique augmente lorsque la surface exposée  $S_{expo}$  du panneau photovoltaïque augmente. Or, si  $S_{expo}$  augmente, le nombre de photons énergétiquement favorables qui atteignent le panneau augmente également, ce qui produit davantage de porteurs de charge.

Ainsi, plus il y a de porteurs de charges en circulation plus l'intensité du courant est élevée : on peut interpréter l'intensité du courant électrique comme un débit de charges. (Remarque : la question de la vitesse des porteurs de charge n'est pas abordée.)

- Exploitation des mesures : proportionnalité de la puissance électrique et de la surface d'éclairement ; calcul du rendement ; calcul de la surface  $S$ .
- Conclusion : synthèse du travail, commentaires sur les résultats.