

Activité Experimentale 20 - Les Cellules Photovoltaïques

Elliot Jullier

May 5, 2021

1 Fonctionnement de la Cellule Photovoltaïque

1.1 Pourquoi la cathode (2) est une grille et non une plaque comme l'anode (5)?

La cathode est une grille car elle doit laisser passer les photons qui sont la source d'énergie électrique qui est ensuite convertie en énergie électrique.

1.2 Pourquoi utiliser des semi-conducteurs dopés dans les couches (3) et (4)?

Dans la couche dite 'couche n ', le phosphore a 5 électrons de valence, alors que le silicium a 4 électrons de valence. L'atome de phosphore a un électron de plus que le matériel qui l'entoure et sera considéré comme portant une charge négative. Au contraire, dans la 'couche p ', les atomes de bore ont 3 électrons et cette lacune peut donc être assimilée à une charge positive. Quand on met les deux couches ensemble, il y a une couche positive et une couche négative ce qui crée un champ électrique entre les deux couches.

1.3 Soit l'énergie transportée par un photon et ΔE le "gap" de la bande interdite du silicium. Quelle inégalité doit exister entre l'énergie du photon et ΔE pour qu'un photon arrache un électron à un atome de silicium?

L'inégalité nécessaire pour que l'électron soit arraché par le photon est : $E_{\text{photon}} \geq \Delta E$ car il faut que l'énergie transférée du photon à l'électron soit suffisante pour faire passer l'électron de la bande de valence à la bande conductrice.

1.4 Quel est le rôle du champ électrique interne dans la cellule photovoltaïque?

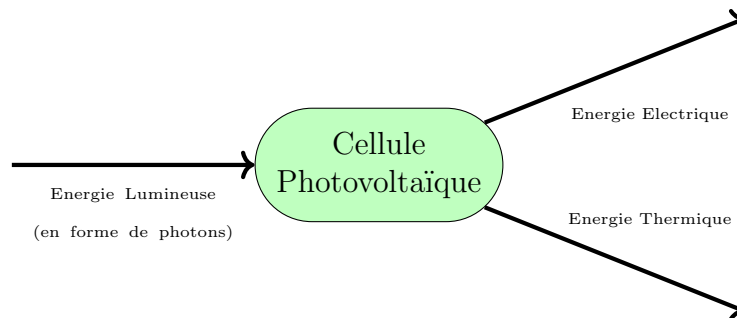
Le rôle du champ électrique est de déplacer les électrons libres situés dans la bande conductrice des atomes de silicium vers la cathode négative afin de générer du courant.

1.5 De quel(s) parametre(s) peut dépendre l'intensité du courant électrique débité par la cellule photovoltaïque?

Premièrement, le paramètre qui fait le plus varier l'intensité du courant électrique est l'intensité lumineuse, la relation entre les deux est proportionnelle. Une plus haute intensité lumineuse revient à dire une plus grande quantité de photons, ce qui, en interagissant avec la cellule, libère plus d'électrons libéré qui, une fois mis en action par le champ électrique, résulte en une plus haute intensité car $I = \frac{q}{t}$, le nombres de charges par unité de temps, et ainsi plus d'électrons résulte en une plus haute intensité du courant.

Deuxièmement, la température a une relation quasiment inversement proportionnelle avec l'intensité : quand la température augmente, les électrons ont plus de mal à passer ce qui équivaut à dire qu'une hausse de température résulte en une hausse de résistance. De plus, les cellules photovoltaïques ont une tension qui varie peu, donc l'intensité doit diminuer puisque la résistance augmente car $U = IR$.

1.6 Représenter la chaîne énergétique faisant apparaître les conversions d'énergies réalisées par une cellule photovoltaïque.



1.7. Une cellule photovoltaïque est-elle un récepteur ou un générateur électrique?

Une cellule photovoltaïque est un générateur électrique.

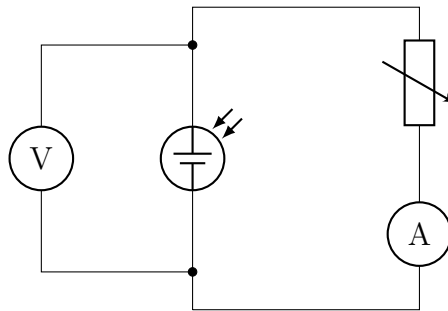
2 Détermination du Rendement d'une Cellule Photovoltaïque

2.1 Proposer un protocole expérimental afin de déterminer la puissance maximale de la cellule photovoltaïque en précisant:

- les paramètres à fixer
- les grandeurs à mesurer
- l'exploitation des mesures
- le schéma du montage expérimental

Le matériel nécessaire est: une lampe, une cellule photovoltaïque, une résistance variable, deux multimètres, 5 fils électriques au minimum et un tableur.

1. Mettre en place un circuit électrique qui permet de mesurer l'intensité et la tension d'une cellule photovoltaïque en fonction d'une résistance variable.



2. Dans un tableur, on note les différentes valeurs de l'intensité (en Ampères) et de la tension (en Volts) pour la résistance allant de $0\ \Omega$ à $20\ \Omega$.
3. On calcule la puissance pour chacune des mesures et on le présente dans un tableau. On détermine sur le graphique pour quelle résistance la puissance fournie par la cellule photovoltaïque est maximale.

2.2 Mettre en œuvre votre protocole expérimental.

Fait en classe.

2.3 Déterminer la puissance maximale de la cellule photovoltaïque à notre disposition.

D'après nos mesures, la puissance maximale de $0.00220\ W$ est atteinte pour $R = 4\ \Omega$.

2.4 En déduire son rendement et commenter.

Le calcul du rendement est:

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reçue}}}$$

On a $P_{\text{utile}} = 0.00220 \text{ W}$, on cherche donc à calculer $P_{\text{reçue}}$.

D'après la formule qui donne la puissance lumineuse:

$$P_{\text{reçue}} = E \cdot S$$

avec $P_{\text{reçue}}$ en W , E l'éclairement en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ et S la surface éclairée en m^2 .

La surface de la cellule photovoltaïque est de $7,1 \text{ cm}$ par $4,1 \text{ cm}$ donc:

$$7,1 \cdot 10^{-2} \cdot 4,1 \cdot 10^{-2} = 0.002911 \text{ m}^2$$

En gardant la même position de lampe, on garde le même éclairement et on trouve:

$$6500 \text{ lux} = \frac{6500}{126} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \approx 51,58 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Ce qui donne:

$$P_{\text{reçue}} = 51,58 \cdot 0,0029 = 0,1496 \text{ W}$$

Donc:

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reçue}}} = \frac{0,00220}{0,1496} = 0,147 = 14,7\%$$

2.5 Evaluer l'ordre de grandeur de la puissance maximale fournie par le "champ" de cellules photovoltaïques représentées par un carré blanc sur la photographie. On fera l'hypothèse que les cellules et l'éclairement sont les mêmes que dans l'expérience.

L'échelle sur la photographie est de $1 \text{ cm} \longleftrightarrow 1 \text{ km}$ et on mesure le carré blanc qui a un côté de $1,4 \text{ cm} \longleftrightarrow 1,4 \text{ km}$ donc l'aire est de :

$$\mathcal{A}_{\text{carré blanc}} = 1,4 \cdot 10^3 \cdot 1,4 \cdot 10^3 = 1\,960\,000 \text{ m}^2$$

D'après l'énoncé, les conditions d'éclairage et de résistance sont identiques à l'expérience effectuée auparavant donc l'éclairement est de $51,58 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ donc :

$$P_{\text{reçue}} = 51,58 \cdot 1\,960\,000 = 101\,096\,800 \text{ W}$$

De plus, puisque $\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{reçue}}}$,
Alors :

$$P_{\text{utile}} = P_{\text{reçue}} \cdot \eta = 101\,096\,800 \cdot 0,147 = 14\,861\,229 \text{ W} \approx 14,86 \text{ MW}$$

L'aire coloriée en blanc dans la photographie produit environ $14,86 \text{ MW}$ si l'on a les mêmes conditions que dans l'expérience.