

But du TP : Mesurer le rendement d'une cellule photovoltaïque.

Dans le cadre du label « lycée éco-responsable », le lycée international développe des projets visant à optimiser l'impact environnemental quotidien du lycée en matière d'énergie, d'eau, biodiversité et déchets. Une question se pose alors :

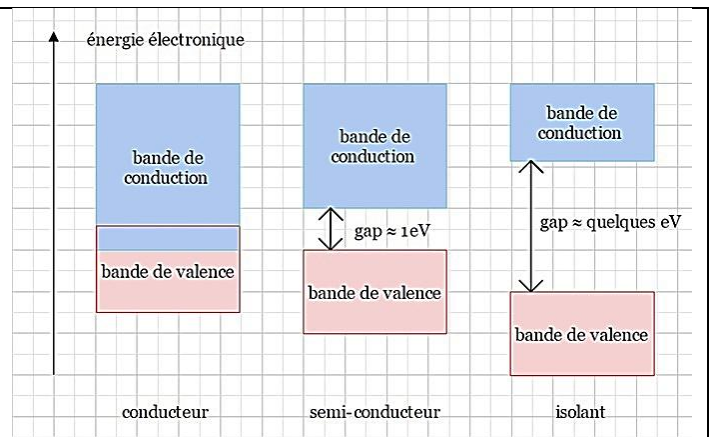
Le Lycée International pourrait-il être autosuffisant en électricité grâce à des panneaux solaires placés sur les toits ?

Document 1 : Isolants, conducteurs et semi-conducteurs

Dans un solide, l'énergie des électrons est quantifiée. Les niveaux d'énergies autorisés se regroupent en paquets appelés bandes et sont séparés par des bandes interdites appelées « gap ».

Un courant électrique ne peut circuler que si un ou plusieurs électrons se trouvent dans la bande de conduction.

Lorsque les électrons sont dans leur état d'énergie minimale (état fondamental), les électrons se trouvent dans la bande de valence



Document 2 : La cellule photovoltaïque

Principe simplifié

Les cellules photovoltaïques sont constituées de couches de silicium ($Z = 14$ soit 4 électrons sur sa couche de valence) dopées.

La couche supérieure est dopée avec des atomes de phosphore P ($Z = 15$ soit 5 électrons sur la couche de valence) : les atomes de phosphore apportent un électron excédentaire .

La couche inférieure est dopée avec des atomes de Bore ($Z = 5$ soit 3 électrons sur sa couche de valence) : les atomes de Bore apportent un trou soit un déficit électronique .

Il apparaît un champ électrique entre les deux couches.

Grandeurs caractéristiques

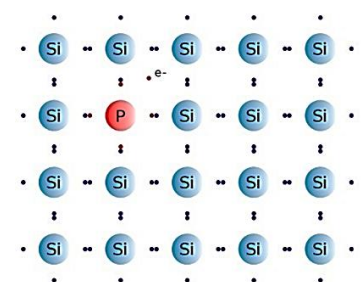
Pour une irradiance I_{rr} (aussi appelé éclairement ou flux lumineux surfacique) donné, la cellule photovoltaïque fournit au circuit une puissance électrique P (en watt). Une tension électrique U (en volt) existe entre ses bornes et elle délivre un courant d'intensité I (en ampère), les trois grandeurs P , I et U sont liées par la relation : $P = U \cdot I$

Le rendement de la cellule photovoltaïque η est le quotient de la puissance électrique maximale générée sur la cellule, par la puissance lumineuse qu'elle reçoit :

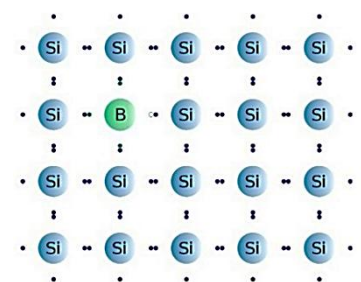
$$\eta = \frac{P_{\text{électrique produite}}}{P_{\text{lumineuse reçue}}} = \frac{P_{\text{électrique produite}}}{I_{rr} \times S_{\text{cellule}}}$$

où I_{rr} est l'irradiance de la cellule mesurée en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ et S la surface de la cellule photovoltaïque exprimée en m^2 .

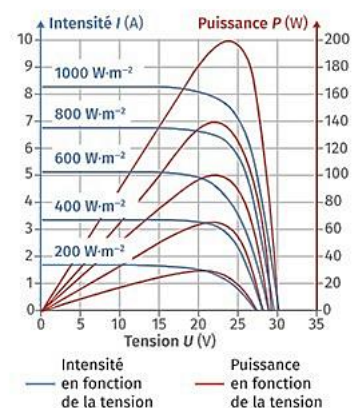
L'irradiance I_{rr} mesurée, varie avec la distance lampe-luxmètre et l'orientation de la source lumineuse.



Dopage de type N

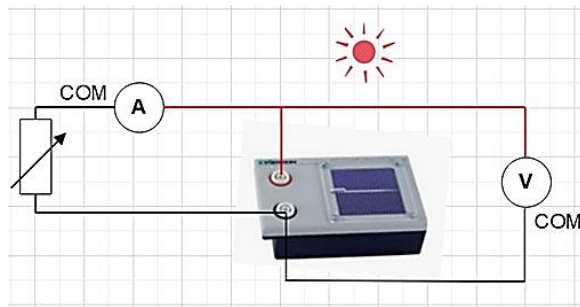


Dopage de type P



Matériel à disposition :

- Cellules photovoltaïques
- Fils de connexion
- Lampe de bureau
- Multimètres
- Boîte à décade



On procède au montage expérimental suivant :

Une lampe de bureau est centrée et positionnée 8 cm au-dessus de la cellule photovoltaïque de surface $S = 25 \text{ cm}^2$. Pendant toute la durée des mesures, sa position ne devra pas être modifiée. Pour cette lampe, une irradiance de 300 lux correspond à 20 W.m^{-2} .

L'irradiance Irr , dans ces conditions, est : $Irr = 1\,330 \text{ lux}$.

Nous allons réaliser une série de mesures afin de tracer la caractéristique courant-tension $I = f(U)$. Pour cela, mesurer la tension U et l'intensité du courant I délivré par la cellule photovoltaïque pour les valeurs de résistances suivantes :

- Pour R variant de 0 à $10 \, \Omega$: toutes les valeurs par pas de $1 \, \Omega$
- Pour R variant de 10 à $30 \, \Omega$: toutes les valeurs par pas de $5 \, \Omega$
- Pour R variant de 30 à $100 \, \Omega$: prendre les valeurs tous les $10 \, \Omega$

Attention : Pour les mesures de tension, utiliser le calibre 2V ; pour les mesures d'intensité, utiliser les multimètre ROUGE en calibre mA.

1. La cellule photovoltaïque est-elle un générateur électrique ou un récepteur électrique ? Justifier brièvement.

2. Tracer la caractéristique courant-tension $I = f(U)$ avec un tableur.

3. Lorsque la tension U aux bornes de la cellule est nulle, la cellule délivre un courant d'intensité I_{CC} (intensité en court-circuit).

Lorsque la cellule est en circuit ouvert, l'intensité délivrée par la cellule est nulle : la tension aux bornes de la cellule est notée U_{CO} (tension en circuit ouvert).

Déterminer graphiquement les valeurs de I_{CC} et U_{CO} à partir de la courbe $I = f(U)$.

Appeler le professeur pour évaluer les résultats

4. Sur une nouvelle feuille de graphique du tableur, tracer la caractéristique puissance-tension, $P_{elec} = f(U)$ de la cellule photovoltaïque. En déduire la puissance électrique maximale P_{max} générée sur la cellule.

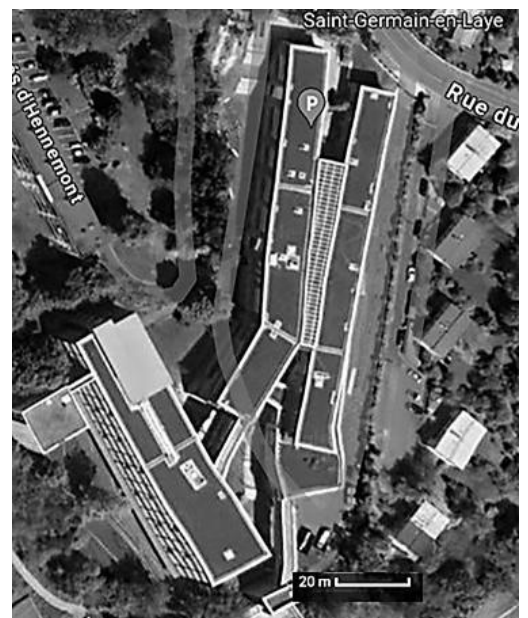
5. Calculer le rendement de la cellule photovoltaïque étudiée. Commenter le résultat obtenu.

Appeler le professeur pour évaluer les résultats

La consommation moyenne en électricité du Lycée International est de 1800 mWh/an, ce qui implique une puissance électrique totale à produire de 205,4 kW.

6. Déterminer la surface nécessaire si le lycée souhaite que 10% de sa consommation électrique totale provienne de cellules photovoltaïques placées sur les toits, en supposant que l'éclairement sur les cellules photovoltaïque soit similaire à celui de la lampe dans ce TP et que les conditions sont optimales.

En estimant grossièrement la surface disponible sur les toits grâce à la photo ci-contre, commenter le résultat.



CQFR en page suivante

❖ Rendement d'une cellule photovoltaïque

Pour une irradiance Irr donné, la cellule photovoltaïque fournit au circuit une puissance électrique P (en watt), reliée à la tension électrique U (en volt) et à l'intensité du courant I (en ampère) par la relation :

$$P = U.I$$

Le rendement de la cellule photovoltaïque η est le quotient de la puissance électrique maximale générée sur la cellule, par la puissance lumineuse qu'elle reçoit :

$$\eta = \frac{P_{\text{électrique produite}}}{P_{\text{lumineuse reçue}}} = \frac{P_{\text{électrique produite}}}{Irr \times S_{\text{cellule}}}$$

où Irr est l'irradiance de la cellule mesuré en W.m^{-2} et S la surface de la cellule photovoltaïque exprimée en m^2 .