

III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

| | |
|------------------------------------|------------------------------|
| NOM : Bonaparte | Prénom : Napoléon |
| Centre d'examen : École de Brienne | n° d'inscription : 123456789 |

Ce sujet comporte **cinq** feuilles individuelles sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses. Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve. En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche. L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'utilisation d'une calculatrice ou d'un ordinateur autres que ceux fournis n'est pas autorisée.

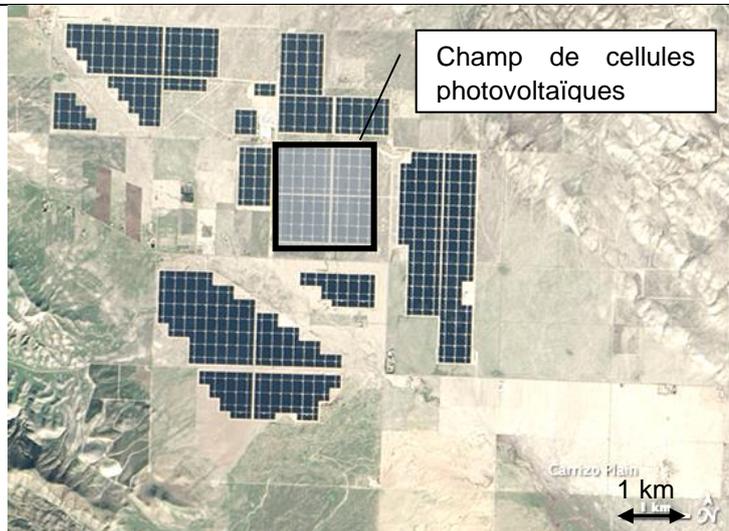
CONTEXTE DU SUJET

L'énergie solaire aux États-Unis, longtemps limitée à la Californie, connaît une croissance très rapide dans une trentaine d'États depuis la mise en place de politiques de soutien à partir de 2008-2009.

La filière photovoltaïque fournissait seulement 0,39 % de la production nationale d'électricité en 2014, mais cette part a été multipliée par cent en cinq ans (2009-2014).

Les États-Unis détenaient en 2012 le troisième rang mondial des producteurs d'électricité photovoltaïque avec 14,3 % du total mondial, derrière l'Allemagne et l'Italie.

Sur les dix plus puissantes centrales électriques solaires du monde, six se trouvent dans les déserts du Sud-Ouest des États-Unis. La photographie ci-dessus montre la centrale « Topaz Solar Farm » située dans le comté de San Luis Obispo en Californie et opérationnelle depuis novembre 2014.

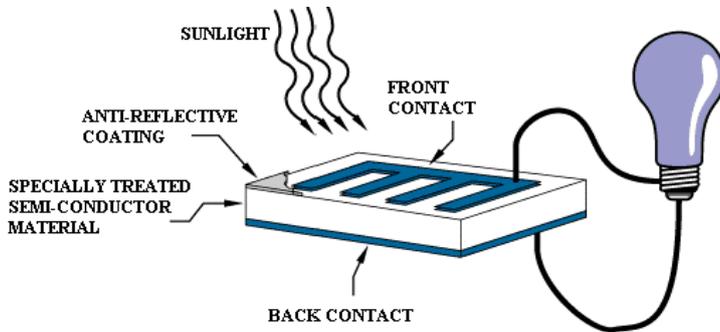


D'après Wikipédia

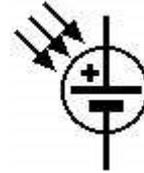
Le but de cette épreuve est de déterminer expérimentalement le rendement d'une cellule photovoltaïque du laboratoire puis l'ordre de grandeur de la puissance électrique qui pourrait être fournie par une partie du « champ » de cellules photovoltaïques photographié ci-dessus, en supposant qu'elles aient des caractéristiques identiques à celle qui fait l'objet de l'étude.

DOCUMENTS MIS À DISPOSITION DU CANDIDAT

Document 1 : Fonctionnement d'une cellule photovoltaïque



Symbole :



Lorsque la cellule reçoit de la lumière, une tension électrique apparaît à ses bornes. Elle se comporte alors comme un générateur.

Anti-reflexive coating : revêtement anti-reflet

D'après Wikimedia Commons, photovoltaic cell

Document 2 : Grandeurs caractéristiques

Pour un éclairement E donné, la cellule photovoltaïque se comporte comme un générateur qui fournit au circuit une puissance électrique P . Elle délivre alors un courant d'intensité I et une tension électrique U apparaît à ses bornes. Les trois grandeurs P , I et U sont liées par la relation :

$$P = U \cdot I$$

P en watts, I en ampères et U en volts.

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

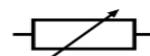
$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{lum}}$$

où $P_{lum} = E \cdot S$ avec E l'éclairement de la cellule mesuré en $W \cdot m^{-2}$ et S la surface de la cellule photovoltaïque exprimée en m^2 .

L'éclairement E mesuré, varie avec la distance lampe-luxmètre et l'orientation de la source lumineuse.

Matériel mis à disposition du candidat

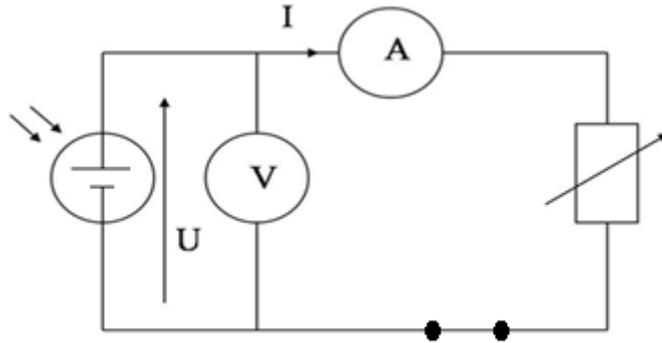
- une calette type « collège » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- une lampe pour laquelle **Donné en classe** lux correspond à **Donné en classe** $W \cdot m^{-2}$. L'inclinaison de cette lampe a été réglé au préalable.
- un montage comprenant :
 - une cellule photovoltaïque de surface $S =$ **Donné en classe** m^2
 - un interrupteur
 - deux multimètres numériques (un ampèremètre et un voltmètre)
 - un rhéostat dont la résistance est réglable entre 0 et 100 Ω
- des fils électriques
- un luxmètre et sa notice simplifiée
- une règle graduée de 30 cm ou un mètre ruban
- un ordinateur avec tableur-grapheur et sa notice d'utilisation simplifiée



TRAVAIL À EFFECTUER**1. Paramètres expérimentaux** (10 minutes conseillées)

Le montage ci-dessous permet de mesurer la tension U aux bornes d'une cellule photovoltaïque et l'intensité I qu'elle génère lorsqu'elle est éclairée par une lampe avec une intensité lumineuse constante.

Schéma du montage :



On souhaite obtenir le graphe $P = f(U)$ de la cellule photovoltaïque utilisée à l'aide de ce montage. En maintenant la distance lampe-cellule photovoltaïque constante, indiquer les grandeurs qu'il faudra faire varier pour obtenir différents points de mesure.

Pour obtenir différents points de mesure, il faudra faire varier la valeur du rhéostat (sur les extremums de l'ampérage). On obtiendra ainsi différentes valeurs de tension U (sur le voltmètre) et d'intensité I (sur l'ampèremètre). Et sachant que $P = U \cdot I$, on pourra tracer le graphe $P = f(U)$ sur Excel qui correspond à la puissance électrique (en ordonnée) en fonction de la tension électrique (en abscisse).

APPEL n°1

**Appeler le professeur pour vérifier les grandeurs choisies
ou en cas de difficulté**

**2. Acquisition de valeurs numériques à l'aide du montage** (30 minutes conseillées)

La distance lampe-cellule photovoltaïque doit être fixée à 15,0 cm.

Mesurer l'éclairement à l'aide du luxmètre.

$$E = \text{Voir en classe} \text{ lux}$$

Effectuer ensuite la conversion de l'éclairement E en W.m^{-2} :

$$E = \text{Voir en classe} \text{ W.m}^{-2}$$

En utilisant le montage et en faisant varier la valeur de la résistance du rhéostat sur tout l'intervalle disponible :

- effectuer les mesures nécessaires pour tracer la courbe $P = f(U)$ de la cellule utilisée
- les reporter tout au long de la manipulation, dans le tableur-grapheur mis à disposition sur l'ordinateur.

Tracer la courbe $P = f(U)$ de la cellule utilisée.

Ne pas chercher à modéliser cette courbe

| APPEL n°2 | | |
|---|--|---|
|  | Appeler le professeur pour la vérification de la courbe obtenue ou en cas de difficulté |  |

3. Interprétation des résultats (10 minutes conseillées)

A l'aide des résultats expérimentaux ci-dessus et des documents fournis, proposer une méthode permettant de déterminer le rendement η de la cellule photovoltaïque étudiée. Le calculer et commenter la valeur obtenue.

- D'après le document 2, $\eta = P_{\max}/P_{\text{lum}}$. On cherche les valeurs de P_{\max} et P_{lum} .
- Pour trouver P_{\max} , référez-vous à la courbe que vous avez tracé sur Excel et prenez la valeur de l'ordonnée pour laquelle la courbe est la plus haute.
- Pour trouver P_{lum} , il faut utiliser la formule $P_{\text{lum}} = E \cdot S$ donnée dans le document 2. L'éclairement E correspond à la valeur que vous avez fourni dans la question 2. La surface S vous est normalement donnée dans l'encart « Matériel mis à disposition du candidat ». Il ne vous reste plus qu'à appliquer ces valeurs dans la formule de P_{lum} .
- Vous avez désormais les valeurs de P_{\max} et de P_{lum} , vous pouvez maintenant calculer le rendement.
- Vous êtes censé obtenir une valeur très faible (entre 1 et 5% de rendement). Vous pouvez en déduire que le rendement des cellules photovoltaïques est très faible.

| APPEL n°3 | | |
|---|--|---|
|  | Appeler le professeur pour lui présenter les conclusions ou en cas de difficultés |  |

4. Détermination d'un ordre de grandeur (10 minutes conseillées)

Évaluer l'ordre de grandeur de la puissance maximale fournie par le « champ » de cellules photovoltaïques représenté dans le cadre en pointillés sur la photographie du contexte du sujet. Présenter le raisonnement en exposant les hypothèses et en explicitant les calculs effectués.

On admet, pour cela, que les cellules et l'éclairement sont les mêmes que dans l'expérience qui vient d'être faite.
Défaire le montage et ranger la paille avant de quitter la salle.

- Commencez par déterminer la surface du champ de cellules photovoltaïques. Pour cela, prenez une règle et mesurez les dimensions du champ sur la photo du « Contexte du sujet ». Pour convertir les valeurs, l'échelle vous est donnée (0,9cm mesuré à la règle = 1 km en taille réelle). Vous pouvez appeler cette valeur S_{champ} (pour Surface du champ).

- Vous avez calculé la valeur de S_{champ} et vous connaissez la valeur de S_{cellule} . Ainsi vous pouvez déduire le nombre de cellules que contient le champ en calculant $S_{\text{champ}}/S_{\text{cellule}}$. Vous êtes censé trouver plusieurs centaines de milliers de cellules.
- Il ne vous reste plus qu'à calculer la puissance maximale fournie par la champ en faisant ce calcul :
Nombre de cellules \times P_{max}
- Vous êtes censé obtenir une puissance de l'ordre du Mégawatt (MW), soit 10^3 W.