

**DESCRIPTIF DE SUJET DESTINE AU PROFESSEUR**

|   |  |  |
|---|--|--|
| Compétences exigibles du B.O.                             | <b>Convertir l'énergie et économiser les ressources</b>  | Pratiquer une démarche expérimentale pour exprimer la tension aux bornes d'un générateur et d'un récepteur en fonction de l'intensité du courant électrique. |
| Tâches à réaliser par le candidat                         | <p>Dans ce sujet, on demande au candidat de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>proposer un protocole expérimental pour déterminer les caractéristiques d'une cellule photovoltaïque ;</li> <li>le réaliser ;</li> <li>exploiter les mesures obtenues pour déterminer un avantage d'installer des centrales solaires en orbite.</li> </ul>  |  |
| Compétences évaluées<br>Coefficients respectifs           | <p>Cette épreuve permet d'évaluer les compétences :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyser (ANA) ; coefficient 2</li> <li>Réaliser (REA) ; coefficient 2</li> <li>Valider (VAL) ; coefficient 2</li> </ul>  |  |
| Préparation du poste de travail                           | <p>Précaution de sécurité : tous les appareils qui doivent être connectés au secteur le sont avant l'arrivée du candidat.</p> <p>Prévoir :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Imprimer à l'avance les solutions partielles ou totales pour les élèves en grande difficulté.</li> <li>L'ordinateur est en fonctionnement et le tableur est ouvert et réduit dans la barre des tâches.</li> </ul>  |  |
| Déroulement de l'épreuve<br>Gestion des différents appels | <p>Minutage conseillé :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyser (14 min)</li> <li>Réaliser (14 min)</li> <li>Valider (14 min)</li> </ul> <p>Il est prévu <b>3 appels</b> obligatoires de la part du candidat.<br/> Lors de l'<b>appel 1</b>, l'examineur vérifie la cohérence du protocole proposé.<br/> Lors de l'<b>appel 2</b>, l'examineur vérifie que le montage est correct, que le candidat effectue des mesures avec précision.<br/> Lors de l'<b>appel 3</b>, l'examineur vérifie que le candidat est capable d'exploiter ces mesures et d'en déduire un avantage.<br/> Le professeur observe le candidat en continu. Dans la partie « réaliser » le professeur est attentif à la façon dont le candidat évolue dans l'environnement du laboratoire, organise son poste de travail, utilise le matériel avec pertinence, respecte les procédures et les règles de sécurité.</p> |  |
| Remarques   | <p>Cette ECE sera réalisée sur une durée de 45 minutes environ.</p> <p>Ainsi, pour un TP d'1h30, on peut partager la classe en deux : un groupe est évalué en ECE pendant que l'autre groupe travaille un exercice (ou un DS) puis on inverse les rôles au bout de 42 minutes.</p>   |  |

## 1. Pour chaque poste

### Paillasse élèves :

- ordinateur avec un tableur (OpenOffice, par exemple)
- lampe avec une ampoule (40 W minimum)
- cellule photovoltaïque
- interrupteur
- 2 multimètres
- fils de connexion (4 rouges, 4 noirs)
- rhéostat (environ 500  $\Omega$ )
- une résistance de protection de 10  $\Omega$

### Paillasse professeur :

- des multimètres de rechange

### Documents mis à disposition des élèves :

RAS

## 2. Particularités du sujet, conseils de mise en œuvre

RAS

## ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

### Compétences travaillées (capacités et attitudes) :

- **ANA** : proposer un protocole expérimental.
- **REA** : suivre un protocole ; effectuer des mesures ; utiliser le matériel de manière adaptée.
- **VAL** : exploiter et interpréter des mesures ; analyser des résultats.

ANA

REA

VAL

20

## CONTEXTE

### Extrait de Wikipédia :

Une **centrale solaire orbitale (CSO)** ou **satellite de puissance solaire (SPS)**, serait un satellite artificiel construit en orbite haute qui utiliserait une transmission d'énergie par micro-ondes ou par laser pour envoyer de l'énergie solaire à une très grande antenne sur Terre où elle pourrait être utilisée à la place de sources d'énergie conventionnelles.

L'avantage de placer une centrale solaire en orbite, est qu'elle n'y serait pas affectée par les cycles jour-nuit, la météo et les saisons, en raison de sa vue constante du Soleil.

Cependant les coûts de construction sont très élevés et la CSO ne sera pas capable de concurrencer les sources d'énergie actuelles à moins que ne soit découvert un moyen de réduire le coût des lancements ou qu'une industrie spatiale soit développée afin qu'on puisse construire ce type de centrales à partir de matériaux pris sur d'autres planètes ou astéroïdes à basse gravité.

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale\\_solaire\\_orbitale](http://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale_solaire_orbitale)

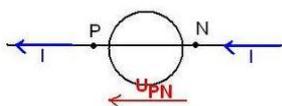
**Le but de l'épreuve est de comprendre des avantages de construire des centrales solaires spatiales.**

## DOCUMENTS A VOTRE DISPOSITION

### Document 1 : Extrait d'un cours de Physique.

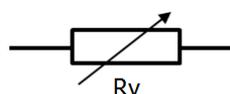
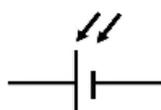
#### Etude énergétique d'un générateur

- La tension  $U_{PN}$  aux bornes d'un générateur de tension, traversé par un courant électrique d'intensité  $I$  sortant par la borne P est égale à :  $U_{PN} = E - rI$

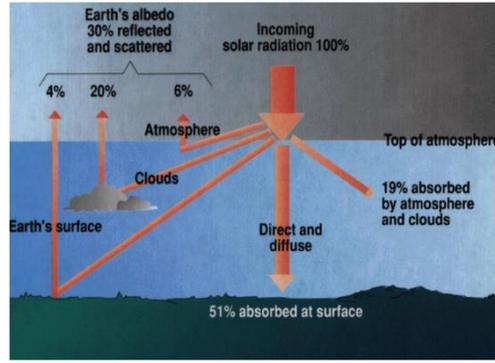


- L'énergie électrique fournie  $E_{\text{elec}}$  par le générateur au reste du circuit pendant la durée  $\Delta t$  est :  $E_{\text{elec}} = U_{PN} I \Delta t$
  - La puissance électrique  $P_{\text{elec}}$  du transfert d'énergie par le générateur au reste du circuit est :  $P_{\text{elec}} = U_{PN} I$
- avec  $I$  en ampère (A),  $E$  force électromotrice en volt (V),  $r$  résistance interne en ohm ( $\Omega$ ),  $U_{PN}$  en volt (V),  $E_{\text{elec}}$  en joule (J) (si  $\Delta t$  est en seconde) et  $P_{\text{elec}}$  en watt (W) ;

### Document 2 : Symboles de la cellule photovoltaïque et du rhéostat (résistance variable).



**Document 3 : Transformation de l'énergie solaire incidente par l'atmosphère.**



<http://www.lmd.ens.fr/legras/Cours/L3-meteo/radiatifNN.pdf>

**TRAVAIL A EFFECTUER**

**1. Analyse du problème (14 min conseillées)**

Comment fonctionne une cellule photovoltaïque ?

La cellule photovoltaïque alimente un conducteur ohmique (résistance de protection) de  $10 \Omega$  pour éviter un court-circuit.

A l'aide du matériel mis à votre disposition, proposer un protocole expérimental permettant de mesurer la tension  $U_{PN}$  aux bornes de la cellule photovoltaïque et l'intensité  $I$  qui la traverse pour différents points de fonctionnement. Un schéma précis du montage est attendu.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



|                  |   |
|------------------|---|
| <b>APPEL N°1</b> | <b>Appeler le professeur pour lui présenter le protocole ou en cas de difficulté.</b> |
|------------------|---|

**2. Réalisation du protocole (14 minutes).**

Réalisez votre protocole expérimental pour deux éclairagements différents ainsi qu'une feuille de calcul au format Open Office pour présenter vos mesures de  $U_{PN}$  et  $I$  (On attend un tableau par éclairagement).

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>APPEL N°2</b> | <b>Appeler le professeur pour lui présenter une mesure ou en cas de difficulté.</b> |
|------------------|---|

**3. Exploitation des mesures (14 minutes).**

3.1. Utilisez la feuille de calcul pour exploiter vos mesures, afin de conclure quant à l'influence de l'éclairagement sur la puissance électrique  $P_{elec}$  maximale (grandeur à ajouter et à calculer dans la feuille de calcul, déjà ouverte) fournie par la cellule photovoltaïque. L'exploitation de courbes est attendue.

.....  
.....

3.2. L'extrait souligné de Wikipédia présente un des avantages de placer des centrales solaires dans l'espace plutôt que sur les toits des maisons. Rédiger une conclusion présentant un autre avantage.

.....  
.....

|                  |   |
|------------------|---|
| <b>APPEL N°3</b> | <b>Appeler le professeur pour lui présenter l'exploitation ou en cas de difficulté.</b> |
|------------------|---|

Le candidat est en situation d'évaluation, l'examinateur ne doit pas fournir d'explicitation des erreurs ni de la démarche à conduire. Ses interventions sont précises, elles servent de relance pour faire réagir le candidat ou bien pour lui permettre d'avancer pour être évalué sur d'autres compétences.

Les erreurs détectées par le professeur en continu ou lors d'un appel sont forcément suivies d'un questionnement ouvert si ces erreurs conduisent l'élève à une impasse.

### 1. Analyse du problème

La compétence ANA est mobilisée et évaluée lors de l'appel 1.

**Les critères retenus pour l'évaluation de la compétence ANA sont les suivants : concevoir un protocole expérimental ; proposer le schéma d'un montage.**

Le candidat doit être capable :

- d'indiquer qu'il faut éclairer la cellule photovoltaïque (**Attention ! L'éclairement doit être constant pendant toute la phase de mesures.**) ;
- de faire le schéma correct du montage qui permet de mesurer la tension  $U_{PN}$  et l'intensité  $I$  ;
- d'indiquer qu'il faut ajuster le rhéostat sur différentes positions pour avoir au moins six couples de mesures.

Si le candidat a réalisé l'ensemble du travail attendu de manière satisfaisante, le niveau obtenu pour la compétence ANA est le **niveau A**.

Si certains points sont flous ou non présents, l'examinateur pourra les faire préciser au candidat à l'aide de questions ouvertes. L'examinateur attend que le candidat sache corriger seul un oubli ou une maladresse. Si le candidat y parvient le niveau acquis pour ANA reste le **niveau A**.

Si malgré le questionnement ouvert de l'examinateur, le protocole proposé (appel 1) est toujours incomplet, l'examinateur fournira au candidat une solution partielle adaptée en fonction des besoins du candidat. Le niveau acquis est alors le **niveau B**. Des exemples de solutions partielles permettant d'apporter une aide ciblée dans la proposition du protocole sont proposés ci-après. Cette liste n'est pas exhaustive. On pourra aussi imaginer apporter une solution partielle à l'oral plutôt que par une fiche « coup de pouce » pour valider les points correspondant à l'appel 1.

Si deux solutions partielles sont fournies au candidat, le niveau acquis est le **niveau C**.

Si malgré les deux solutions partielles, le candidat est toujours en échec au bout de 20 minutes, le niveau acquis est le **niveau D**. La solution totale lui est fournie.

### Exemples de solutions partielles

#### **Solution partielle 1 : point de fonctionnement ?**

Une cellule photovoltaïque est-elle un récepteur ou un générateur ?

Un rhéostat est un conducteur ohmique dont la résistance est variable.

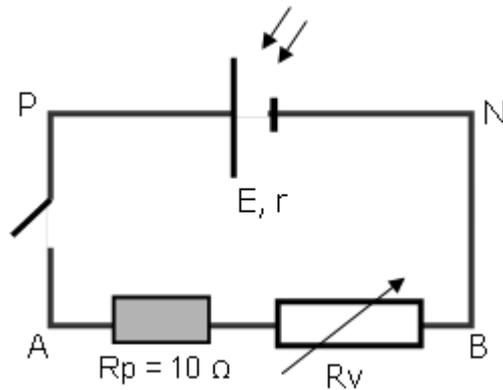
Comment peut-on associer les deux pour obtenir un circuit dans lequel on peut faire varier l'intensité ?

En faisant varier 5 fois la valeur de l'intensité, on obtient 5 points de fonctionnement (c'est-à-dire 5 couples de valeurs ( $U_{PN}$ ,  $I$ )).

*En déduire un protocole complet.*

**Solution partielle 2 : Un schéma est attendu. Lequel ?**

1 - Considérer le montage suivant :



2 - Schématiser les appareils permettant de mesurer la tension  $U_{PN}$  aux bornes de la cellule photovoltaïque et l'intensité  $I$  qui la traverse. (Préciser les bornes des appareils de mesures.)

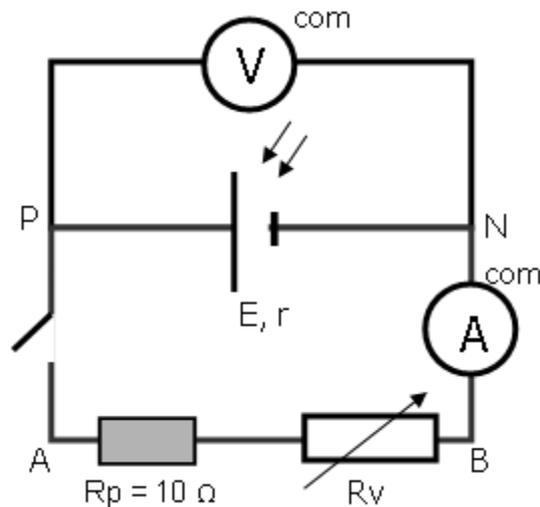
3 – Que peut-on faire varier pour avoir plusieurs couples  $(U_{PN}, I)$  de mesures ?

Avez-vous trouvé le schéma précis attendu ?

*En déduire un protocole complet.*

**Exemple de solution totale**

- Eclairer la cellule photovoltaïque à l'aide d'une lampe placée à 15 cm (ne plus la bouger).
- Réaliser le montage ci-dessous :



- En ajustant le rhéostat sur différentes positions (une dizaine), relever dans une feuille de calcul du tableur les valeurs de l'intensité  $I$  du courant et celles des tensions  $U_{PN}$  aux bornes de la cellule photovoltaïque.

## 2. Réalisation du protocole

La compétence REA est mobilisée et évaluée lors de l'appel 2.

**Les critères retenus pour l'évaluation de la compétence REA sont les suivants : suivre un protocole ; maîtriser certains gestes techniques (utilisation adaptée du matériel, des appareils de mesures et d'un tableur).**

Le candidat doit être capable :

- de réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole proposé ;
- d'effectuer des mesures précises ;
- de compléter le tableur correctement.

L'examineur observera les candidats pendant la mise en œuvre de leur protocole. Si nécessaire, il interviendra oralement (sous forme de questions) et de façon très ponctuelle pour réguler la mise en œuvre du protocole, l'utilisation du matériel et la réalisation des mesures. Les candidats ne seront alors pas pénalisés. De la même façon, un candidat demandant une aide très ciblée et bien explicitée ne le sera pas non plus.

On s'assurera, lors de l'appel, que le candidat a réalisé des mesures satisfaisantes et qu'il a bien tenu compte des calibres utilisés sur les appareils de mesures. Si ce n'est pas le cas, on posera une question au candidat (« Pouvez-vous préciser l'unité de vos mesures ? »). S'il corrige sa maladresse seul, le niveau acquis sera **le niveau A**.

Si malgré le questionnement de l'examineur, la réalisation du protocole est encore imparfaite, l'examineur fournit au candidat une solution partielle à l'oral, adaptée en fonction des besoins du candidat. Le niveau acquis est alors le **niveau B**.

Si deux solutions partielles sont fournies au candidat, le niveau acquis est **le niveau C**.

Si malgré les deux solutions partielles, le candidat est toujours en échec au bout de 35 minutes, le niveau acquis est **le niveau D**. La solution totale lui est fournie.

### Exemples de solutions partielles

#### Exemple de solution totale

Tableau de mesures :

|   | A           | B           | C | D | E            | F            | G |
|---|-------------|-------------|---|---|--------------|--------------|---|
| 1 | U5cm (en V) | I5cm (en A) |   |   | U15cm (en V) | I15cm (en A) |   |
| 2 | 0           | 0,465       |   |   | 0            | 0,135        |   |
| 3 | 0,122       | 0,432       |   |   | 0,033        | 0,113        |   |
| 4 | 0,265       | 0,402       |   |   | 0,342        | 0,102        |   |
| 5 | 0,425       | 0,149       |   |   | 0,435        | 0,070        |   |
| 6 | 0,456       | 0,032       |   |   | 0,459        | 0,033        |   |
| 7 | 0,458       | 0,000       |   |   | 0,475        | 0,007        |   |
| 8 |             |             |   |   | 0,480        | 0,000        |   |

## 3. Exploitation des mesures

La compétence VAL est mobilisée et évaluée lors de l'appel 3.

**Le critère retenu pour l'évaluation de la compétence VAL est le suivant : exploiter des mesures pour valider une information.**

Le candidat doit être capable :

→ à la question 3.1.

- de tracer les courbes  $P_{\text{élec}} = f(U_{\text{PN}})$  ou  $P_{\text{élec}} = f(I)$  pour les deux éclairagements ;
- de trouver le point correspondant à la puissance  $P_{\text{élec}}$  maximale sur la courbe ;
- d'en déduire l'influence de l'éclairagement.

→ à la question 3.2.

- d'utiliser le doc 3. pour constater que seul 51 % du rayonnement solaire atteint le sol ;
- d'en déduire que la puissance électrique fournie par la cellule photovoltaïque serait largement supérieure dans l'espace.

L'examineur observera en continu les candidats pendant la phase d'exploitation. Si nécessaire, il interviendra oralement (sous forme de questions) et de façon très ponctuelle pour réguler l'utilisation du tableur (problème d'affichage des nombres, par exemple). Les candidats ne seront alors pas pénalisés. De la même façon un candidat demandant une aide très ciblée et bien explicitée ne le sera pas non plus. Dans tous ces cas, **le niveau A** pour le domaine de compétences VAL est obtenu.

Si le candidat réalise l'ensemble de l'exploitation demandée de manière satisfaisante mais avec quelques interventions de l'examineur concernant une difficulté ou erreur non identifiée au départ par le candidat mais résolue ensuite par celui-ci après un questionnement (par exemple, une formule mal programmée), le niveau acquis est le **niveau B**.

Si le candidat reste bloqué dans l'exploitation de ces mesures, malgré les questions posées par l'examineur, des éléments de solutions lui sont apportés (solution partielle), ce qui lui permet de poursuivre la tâche. Le niveau acquis est le **niveau C**.

Si malgré l'aide apportée, le candidat est toujours en échec à la fin de la séance, le niveau acquis est le **niveau D**.

### Exemples de solutions partielles

#### *Solution partielle 1 : avantage ?*

Le contexte du sujet indique que : « L'avantage de placer une centrale solaire en orbite, est qu'elle n'y serait pas affectée par les cycles jour-nuit, la météo et les saisons, en raison de sa vue constante du Soleil. »

C'est un premier avantage.

Que pensez-vous de l'éclairagement (c'est à dire du rayonnement) de la cellule au niveau du sol et au-dessus de l'atmosphère ? Aidez-vous du document 3.

Que pensez-vous alors de la puissance électrique fournie par une cellule photovoltaïque placée en orbite haute par rapport à celle fournie par la même cellule placée sur un toit ?

*Voyez-vous un deuxième avantage ?*

#### *Solution partielle 2 : Quelle courbe est attendue ?*

En fonction du point de fonctionnement, la puissance électrique  $P_{\text{élec}}$  fournie varie.

Elle est maximale pour une tension  $U_{\text{PN}}$  particulière.

Pour connaître cette valeur de  $U_{\text{PN}}$ , on peut tracer  $P_{\text{élec}} = f(U_{\text{PN}})$  à l'aide de la fonction courbe du tableur.

## Informations destinées aux professeurs : courbes obtenues lors des tests

