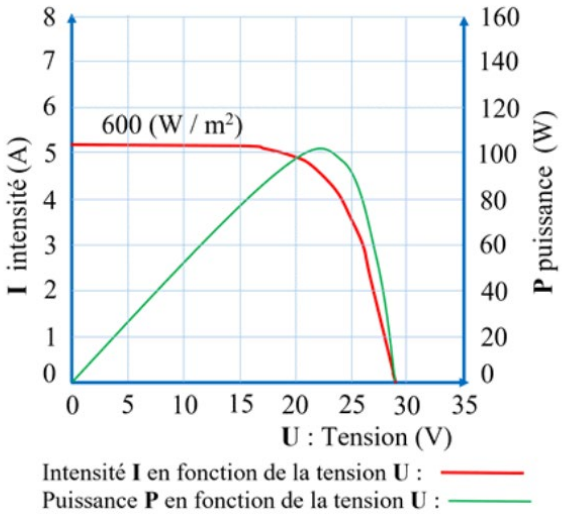
| *Séquence 6* | **Les panneaux photovoltaïques** | *Exercices* |
|---|---|---|

## Exercice 1

Un panneau solaire est exposé au Soleil de façon à capter le rayonnement solaire. Il est constitué de 72 cellules photovoltaïques qui permettent de transformer l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique. La dimension de chaque cellule est de 156 $cm^2$




**1)** Déterminer graphiquement :

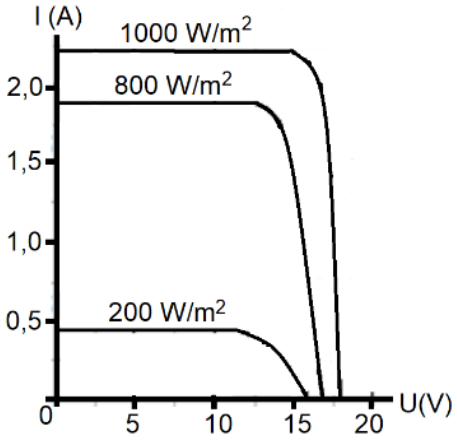
- la valeur de la puissance électrique maximale $P_{max}$ délivrée par le panneau photovoltaïque.
- la valeur de la tension $U_m$ au point de puissance maximale.
- la valeur de l'intensité du courant $I_m$ au point de puissance maximale.
- la valeur de la tension à vide (f.é.m), $U_0$ du panneau solaire.
- l'intensité du courant de court-circuit Icc

**2)** Calculer le rendement η du panneau photovoltaïque.

## Exercice 2

Un module photovoltaïque comprend un grand nombre de cellules qui convertissent une partie de l'énergie rayonnante du Soleil qu'elles reçoivent, en énergie électrique.

Les caractéristiques sont données pour des puissances rayonnantes reçues par $m^2$ de cellule photovoltaïque, cela correspond à un éclairement énergétique. *Par exemple 800 W/$m^2$ : le module photovoltaïque reçoit une puissance rayonnante de 800 W sur 1 $m^2$ de surface de module.*




Les caractéristiques électriques pour éclairement énergétique reçu de 1000 W/m² sont indiquées dans le tableau ci-dessus.

**1)** Réaliser un diagramme des transferts énergétiques pour un module photovoltaïque.

**2)** Déterminer graphiquement, pour un éclairement de 800 W/$m^2$ :

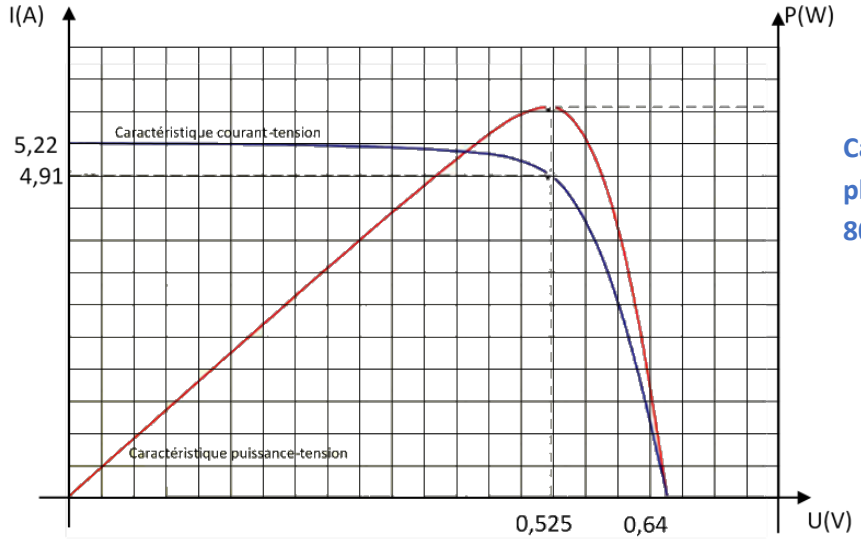
- le point de fonctionnement A correspondant à la puissance électrique maximale disponible ;
- le point de fonctionnement B correspondant à l'intensité de court-circuit ;
- le point de fonctionnement C correspondant à un circuit ouvert.

**3)** Ce module reçoit, à 50 °C, un éclairement énergétique de 1000 W/$m^2$. La tension à ces bornes, lorsqu'il fonctionne est égale à 10 V.

- D'après le graphique, quelle est la valeur de l'intensité du courant débité ?
- Quelle est la puissance électrique fournie ?
- La surface du module est égale à 0,185 $m^2$ . Calculer le rendement énergétique du module.

# Exercice 3

En 2012 un voilier a participé à la course Vendée Globe en utilisant les énergies renouvelables pour produire l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement (ordinateur de bord, pilote automatique…).
Le pont du bateau était revêtu de panneaux photovoltaïques et un parc de batteries Li-ion permettait de stocker l'énergie électrique produite par les panneaux.
En cas de problème, une pile à combustible de secours pouvait être utilisée pour pallier au manque d'électricité à bord du bateau.




**Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque (conditions du test : irradiation 800 W.m$^{-2}$, T = 20°C)**

## 1) Rendement d'une cellule photovoltaïque

Chaque panneau est constitué de cellules photovoltaïques élémentaires de dimensions 130 mm x 130 mm.

Dans les conditions du test, l'éclairement énergétique est égal à 800 W.m$^{-2}$

**1.1.** Déterminer la puissance rayonnante reçue par une cellule

**1.2.** Déterminer graphiquement la puissance de crête, $P_{CC}$, puissance électrique maximale convertie par la cellule.

**1.3.** En déduire le rendement de la cellule dans les conditions du test du document

*On supposera par la suite que le rendement est indépendant de la puissance solaire reçue.*

## 2) Puissance produite par un panneau

Chaque panneau est constitué de 96 cellules photovoltaïques.

- Déterminer la puissance produite par la totalité des cellules d'un panneau dans les mêmes conditions de test que la question 1).

## 3) Nombre de panneaux sur le bateau

Dans les meilleures conditions d'éclairement, tous les panneaux ont produit 9,5 kWh d'énergie électrique stockée dans les batteries en une journée.

**3.1.** Déterminer la quantité d'énergie rayonnée par le soleil et captée par le panneau photovoltaïque de rendement 18 %.

**3.2.** Sachant que la quantité d'énergie solaire disponible à cette latitude est égale à 3520 Wh·m$^{-2}$, déterminer la surface utile de l'ensemble des panneaux solaires.

**3.3.** En déduire le nombre approximatif de panneaux recouvrant le pont du bateau.

## Exercice 4

Pour la production d'énergie électrique d'un site isolé, occupé quelques mois par an, les propriétaires envisagent l'installation de panneaux photovoltaïques. Ils estiment la puissance électrique nécessaire à leur mode de vie à 6 kW. Leurs recherches les amènent à considérer des panneaux de type CS6P – 265M.

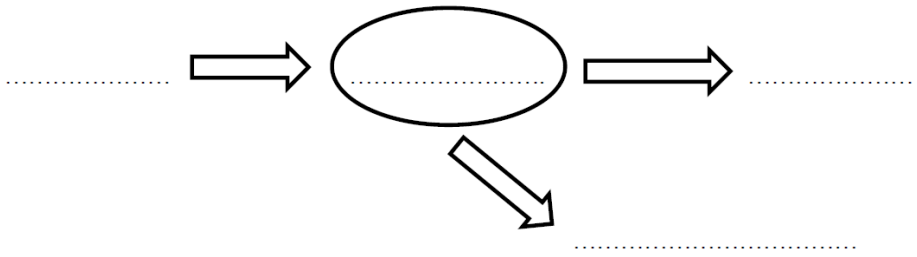
La moitié de la toiture a une exposition plein sud, adaptée à la pose de panneaux photovoltaïques. Sa surface est estimée à environ 50 m². L'inclinaison recommandée par les installateurs est adaptée pour une utilisation estivale, un peu moins pour l'hiver.

L'objectif de cet exercice est d'étudier l'opportunité de l'installation.

Quelques données du panneau photovoltaïque de type CS6P – 265M sont indiquées dans le tableau suivant :

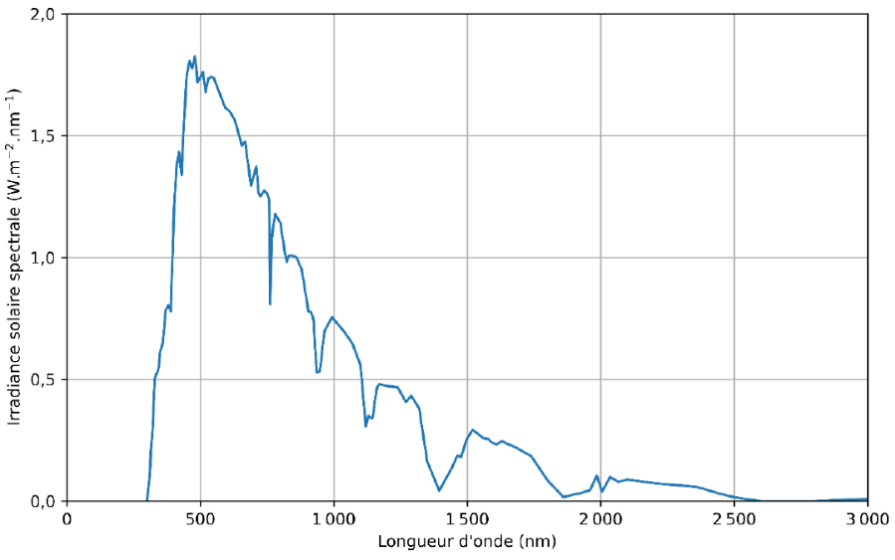
| | |
|---|---|
| Type de cellule | Polycristallin, 6 pouces |
| Surface du panneau | 1,61 $m^2$ |
| Température d'exploitation | – 40 °C à 85 °C |
| Puissance nominale maximale (éclairement moyen de 1000 $W.m^{-2}$, 25 °C) | 265 W |
| Rendement du module (éclairement moyen de 1000 $W.m^{-2}$, 25 °C) | 16,5 % |

**1)** Compléter le schéma de la chaîne énergétique ci-dessous, en faisant apparaître les différentes formes d'énergie.




**2)** Les panneaux photovoltaïques de type CS6P – 265M sont constitués de cellules au silicium cristallin fonctionnant sur un domaine de longueurs d'onde compris entre 0,4 et 1,1 µm

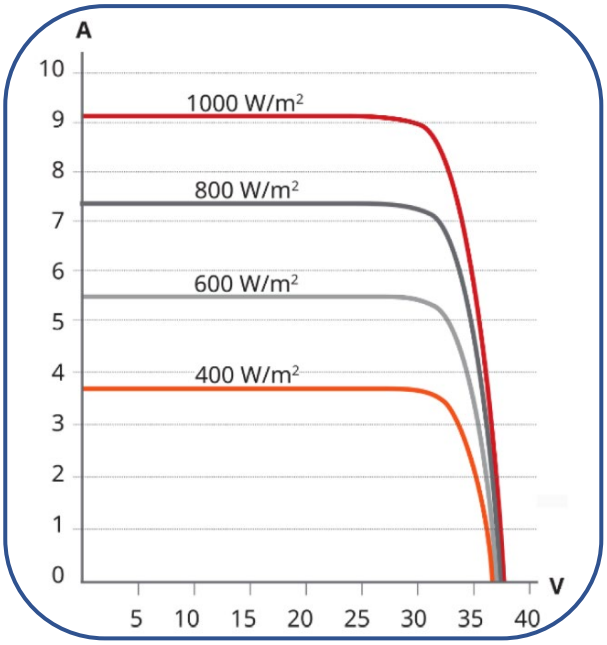
En utilisant le profil spectral solaire reçu au niveau du sol présenté sur la figure suivante, expliquer pourquoi les cellules au silicium sont adaptées pour être utilisées sur un panneau photovoltaïque.



**3)** En assimilant la surface d'un panneau donnée dans le tableau à sa surface active, calculer la puissance lumineuse reçue par un seul panneau photovoltaïque, sous une condition d'éclairement moyen de 1000 $W.m^{-2}$.

**4)** Les caractéristiques intensité-tension d'un panneau photovoltaïque de type CS6P – 265M sont données dans le document ci-contre

Chacune de ces caractéristiques est tracée pour un éclairement moyen différent : de 400 $W.m^{-2}$ correspondant à un ciel partiellement nuageux à 1000 $W.m^{-2}$ correspondant à un ciel totalement dégagé. Cela permet de déterminer la réponse d'un panneau en fonction du contexte d'exposition solaire.




- Proposer une estimation de la valeur de la puissance électrique maximale que peut délivrer un panneau pour un ciel totalement dégagé en utilisant le document**.** Les constructions utiles devront être clairement apparentes sur le document.

- Commenter le résultat obtenu compte tenu du tableau de données constructeur précédent.

**5)** Définir le rendement d'un panneau photovoltaïque. Montrer que sa valeur, indiquée dans le tableau des données constructeur précédent, est cohérente avec la valeur de la puissance nominale maximale et celle de la puissance lumineuse calculée précédemment.

**6)** Calculer le nombre de panneaux nécessaires pour assurer les besoins énergétiques des propriétaires du chalet pour un ciel totalement dégagé. En déduire la surface de toiture qu'occuperait l'ensemble de ces panneaux.

**7)** Reprendre la question précédente dans le cas d'un ciel partiellement nuageux (éclairement moyen de 400 $W.m^{-2}$).

**8)** Discuter la faisabilité du projet des propriétaires à la lumière des résultats précédents.