

Exercice N°1

Partie A : le solaire photovoltaïque

A.1. Panneaux solaires photovoltaïques

Les caractéristiques du panneau hybride DUALSUN sont présentées dans l'annexe A1 |

A.1.1. On estime qu'une maison a besoin d'une installation pouvant fournir 3 kWc (kilowatt crête).

En s'appuyant sur les annexes A1 et A2 page 4, déterminer le nombre de panneaux solaires à installer et leur surface totale.

A.1.2. Par ciel bleu et clair, le rayonnement solaire peut atteindre 1000 W.m^{-2} . En s'appuyant sur l'annexe A1 page 4, déterminer la puissance reçue par un panneau photovoltaïque, puis par l'ensemble des panneaux photovoltaïques.

A.1.3. À l'aide de la question précédente et de l'annexe A1 page 4, définir et déterminer le rendement du panneau solaire.

A.1.4. Comparer la valeur trouvée à la question A.1.3. avec la valeur du rendement du module photovoltaïque (module PV) donnée dans l'annexe A1. Ce résultat est-il en accord avec la valeur et la tolérance en % données par le constructeur ?

ANNEXE DE LA PARTIE A – Le solaire photovoltaïque

| Caractéristiques physiques | | Caractéristiques photovoltaïques | |
|------------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------|
| Longueur | 1677 mm | Nombre de cellules | 60 |
| Largeur | 990 mm | Type de cellules | Monocristallin |
| Épaisseur | 40 mm | Puissance nominale | 250 Wc |
| Poids à vide / rempli | 30 kg / 31,7 kg | Rendement du module PV | 15,40 % |
| Couleur cadre | Noir | Tolérance | -1 % / +3% |
| Caractéristiques thermiques | | Tension à puissance maximale | 30,7 V |
| Surface du capteur | 1,66 m ² | Intensité à puissance maximale | 8,15 A |
| Volume liquide | 1,70 L | Tension en circuit ouvert | 38,5 V |
| Fluide caloporteur | Eau glycolée | Intensité de court-circuit | 8,55 A |
| Température de stagnation | 74,7 °C | Tension maximum système | 1000 V DC |
| Pression de service maximum | 1,2 bar | Courant maximal inverse | 15 A |
| Pertes de charge par panneau | 6000 Pa à 200 L/h | NOCT | 49 °C |
| Entrée / Sortie hydraulique | Filtée ½ pouce | Classe d'application | Classe A |

Annexe A1 – Caractéristiques du panneau solaire DUALSUN

Annexe A2 – Que signifie le terme « kilowatt crête » (kWc) ?

Le kilowatt crête correspond à la puissance de pointe (terme anglais « kilowatt peak » formé à partir du mot « peak » signifiant point culminant/pic). Cette valeur indique la puissance atteinte par un panneau solaire exposé à un rayonnement solaire maximal (dans des conditions de test standard prédéfinies). Une de ces conditions standard est un rayonnement solaire optimal de 1 000 watts par mètre carré, ce qui, en France, correspond aux heures autour de midi d'une belle journée d'été.

La « puissance crête » est désignée par la plupart des fabricants par le terme de « valeur nominale » ou « puissance nominale ». Puisqu'elle est basée sur des mesures effectuées dans des conditions optimales, la puissance crête ne correspond pas à la puissance enregistrée dans des conditions réelles de rayonnement. Cette dernière est inférieure d'environ 15 à 20 % en raison du fort échauffement des cellules solaires enregistré dans la pratique.

A.2 Étude d'une cellule photovoltaïque au laboratoire

On réalise au laboratoire l'étude d'une cellule photovoltaïque. On dispose d'une résistance variable, d'un ampèremètre, d'un voltmètre et d'une lampe à incandescence de puissance nominale 40 W.

La cellule photovoltaïque est placée en série avec la résistance variable. Pour différentes valeurs de R, on relève ensuite la tension aux bornes de la cellule et l'intensité du courant dans le circuit.

A.2.1. Faire le schéma électrique associé à ce montage.

A.2.2. On relève expérimentalement les grandeurs suivantes pour une cellule de surface 26,1 cm² et une puissance reçue de 0,75 W émise par une lampe à incandescence placée à 10 cm de la cellule.

| | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R(Ω) | 260 | 170 | 110 | 80 | 60 | 50 | 30 | 20 | 0 |
| U(V) | 1,97 | 1,93 | 1,87 | 1,78 | 1,56 | 1,33 | 0,82 | 0,57 | 0,00 |
| I(mA) | 7,58 | 11,4 | 17,0 | 22,3 | 26,0 | 26,6 | 27,3 | 27,5 | 28,0 |
| P(W) | 0,15 | 0,22 | 0,32 | 0,34 | 0,41 | 0,35 | 0,22 | 0,16 | 0,01 |

En circuit ouvert la tension est de 2,06 V.

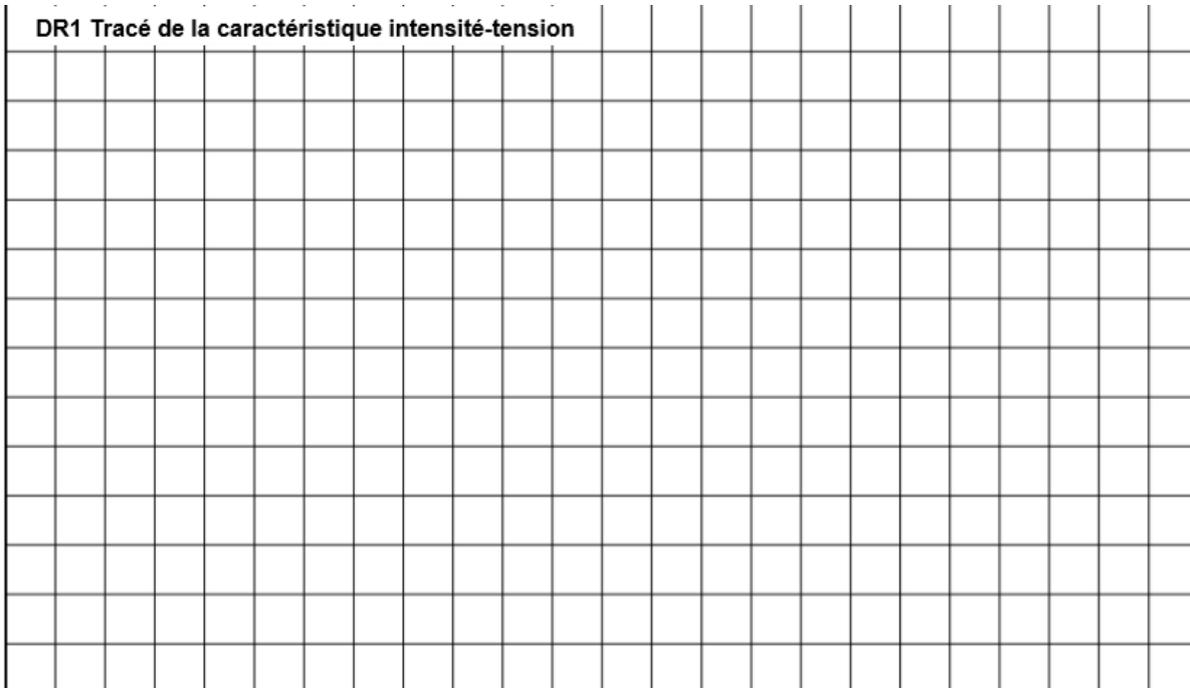
Tracer la courbe représentant l'intensité I du courant en fonction de la tension U : $I = f(U)$ sur le document réponse DR1 page 11.

A.2.3. Déterminer et justifier à partir du graphique et de l'annexe A3 page 5 la tension à vide et l'intensité de court-circuit.

A.2.4. Déterminer la puissance maximale en utilisant l'annexe A4 page 5. En déduire le rendement de la cellule photovoltaïque du laboratoire.

A.2.5. Sachant que le rendement théorique de cette cellule est égal à 15%, proposer des hypothèses permettant d'expliquer l'écart avec la valeur déterminée à la question A.2.4.

DR1 Tracé de la caractéristique intensité-tension

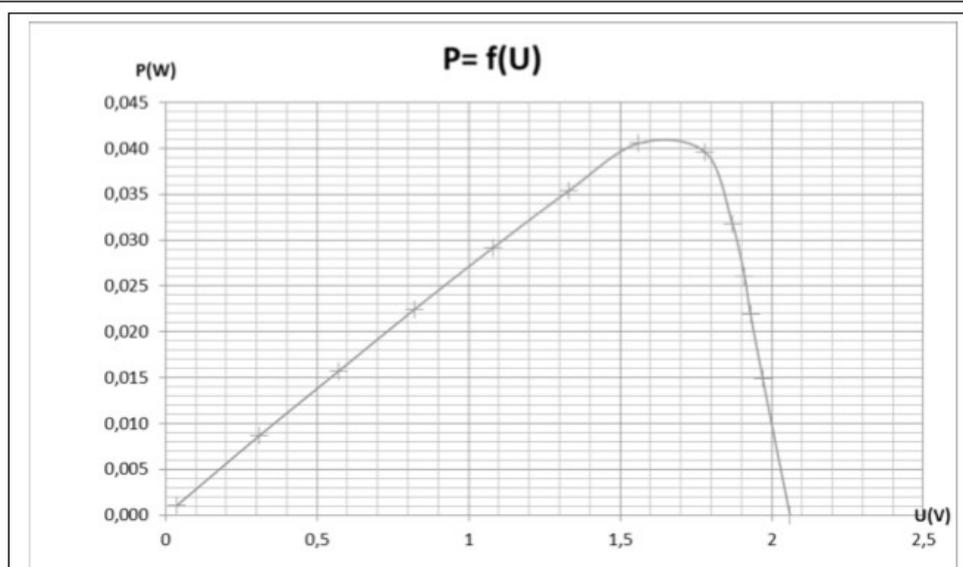


Définitions :

I_{cc} est l'intensité du courant produite par la cellule quand la tension à ses bornes est nulle.

La tension en circuit ouvert également appelée tension à vide, est noté U_0 .

Annexe A3 – Tension en circuit ouvert et intensité de court-circuit



Exercice N°2

PARTIE A : BATIMENTS INTELLIGENTS ET EFFICACITE ENERGETIQUE

L'INES (Institut National de l'Énergie Solaire) mène des recherches pour permettre une gestion intelligente de l'énergie et notamment la cohérence entre les sources de production et la consommation. L'objectif final consiste à concevoir un centre névralgique capable de piloter la maison en fonction du résultat attendu par l'utilisateur : confort, économie, protection de l'environnement, etc.

Pour cela l'institution chargée de promouvoir l'utilisation de l'énergie solaire en France a développé des maisons pilotes, bardées de capteurs destinés à reproduire les usages de l'énergie dans l'habitat et à en assurer une gestion efficiente.

A.1. - Le soleil comme source d'énergie :

- A.1.1** En utilisant le **document 1 page 8/13**, citer deux modes d'exploitation de l'énergie solaire au service de l'habitat.
- A.1.2** Dans le **document 1 page 8/13** l'auteur parle d' « énergie positive ». Expliquer en maximum 5 lignes ce que cela signifie.
- A.1.3** Compléter le **document 2** situé en **annexe page 13/13**, modélisant les transferts et les conversions d'énergie mises en jeu lorsqu'un panneau photovoltaïque fonctionne.
- A.1.4** A l'aide des **documents 3 et 4** de la **page 9/13**, interpréter les échanges d'énergies entre lumière et matière.

A.2. - Les caractéristiques des panneaux photovoltaïques :

Les caractéristiques des panneaux utilisés à puissance maximale sont les suivantes :

| P_L : Puissance lumineuse reçue par unité de surface ($W.m^{-2}$) | S : Surface (m^2) | P_E : Puissance électrique restituée par le panneau (W) | Rendement du panneau |
|---|-----------------------|---|----------------------|
| 1000 | 1,47 | 192 | 0,130 |

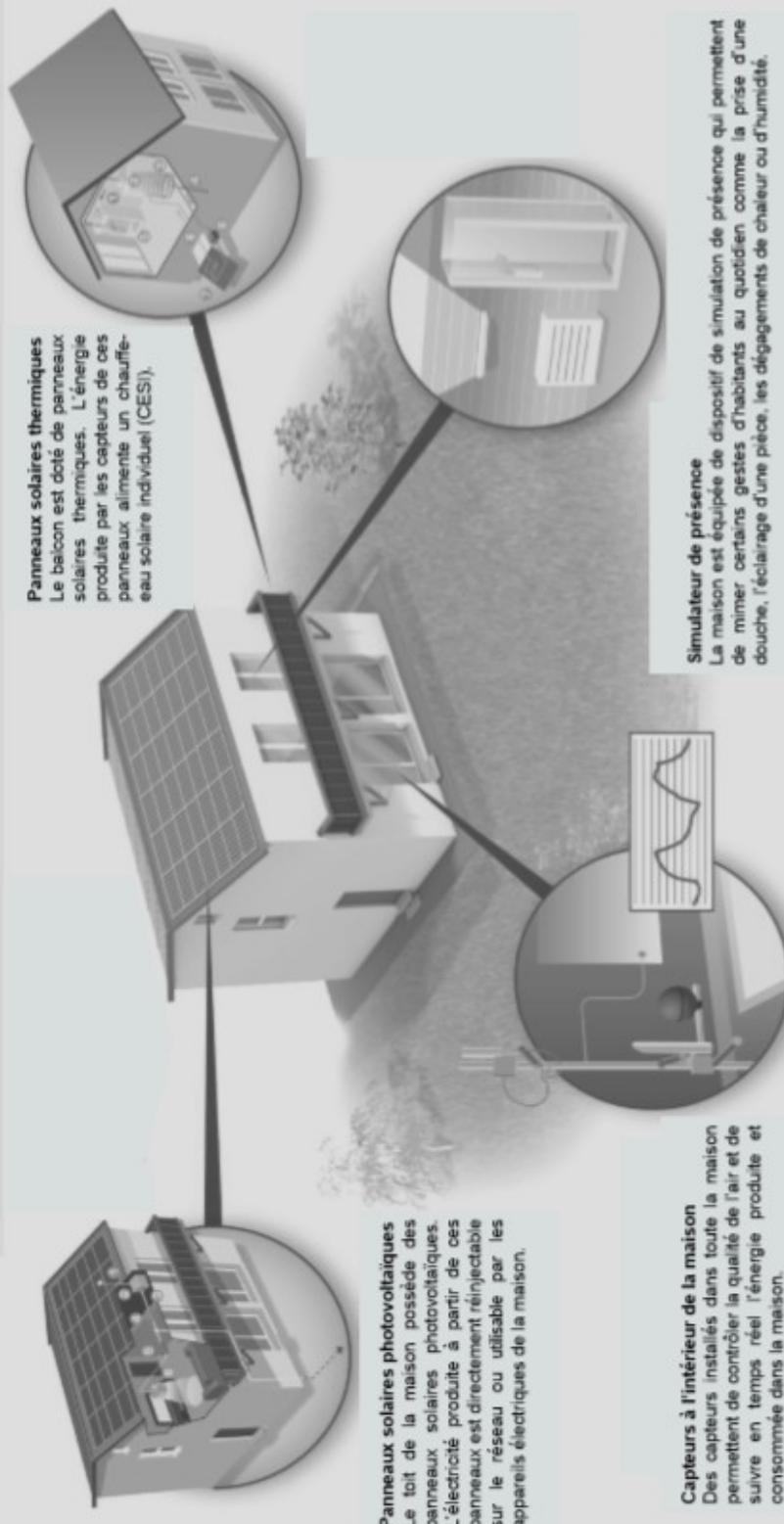
Rappel : rendement = puissance électrique restituée/puissance lumineuse reçue.

- A.2.1** Vérifier la valeur du rendement du panneau annoncé par le constructeur. On justifiera le calcul par une analyse dimensionnelle pour aider M. SOLAIRE, à comprendre le raisonnement.

DOCUMENT 1 RELATIF AUX QUESTIONS A.1.1 ET A.1.2

Énergie positive à l'essai

La maison de demain sera à énergie positive. Elle produira plus d'énergie qu'elle n'en consomme. Elle sera intelligente, permettant une gestion et un suivi en temps réel de la consommation d'énergie de ses habitants. A l'Institut national de l'énergie solaire (Ines), des chercheurs du CEA développent de nouvelles technologies au service du bâtiment basse consommation sur une plateforme expérimentale baptisée Inca. Cette plateforme est constituée de trois maisons de 100 m² habitables construites à partir de différents matériaux. Zoom sur l'une d'entre elles.



Panneaux solaires thermiques
Le balcon est doté de panneaux solaires thermiques. L'énergie produite par les capteurs de ces panneaux alimente un chauffe-eau solaire individuel (CESI).

Panneaux solaires photovoltaïques
Le toit de la maison possède des panneaux solaires photovoltaïques. L'électricité produite à partir de ces panneaux est directement réinjectable sur le réseau ou utilisable par les appareils électriques de la maison.

Capteurs à l'intérieur de la maison
Des capteurs installés dans toute la maison permettent de contrôler la qualité de l'air et de suivre en temps réel l'énergie produite et consommée dans la maison.

Simulateur de présence

La maison est équipée de simulateur de présence qui permettent de mimer certains gestes d'habitants au quotidien comme la prise d'une douche, l'éclairage d'une pièce, les dégagements de chaleur ou d'humidité.

A.2.2 Sur le **document 5** situé sur l'**annexe page 13/13**, on trouve quelques mesures effectuées en laboratoire.

A.2.2.1 Le courant de court circuit (quand la tension est nulle) produit par le panneau dépend-il de l'éclairement ?

A.2.2.2 Au vu des courbes, existe-t-il un lien mathématique simple entre l'éclairement et l'intensité du courant de court circuit ?

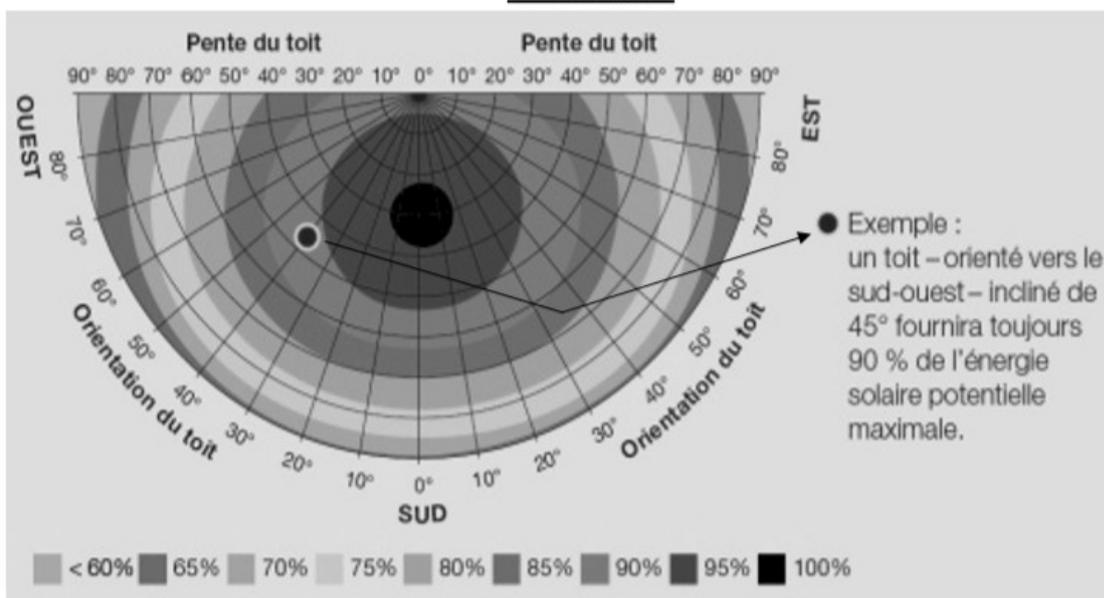
A.2.2.3 Dessiner, sur le **graphique du document 5 de la page 13/13**, l'allure de la courbe que l'on obtiendrait pour un éclairement de 200 W.m^{-2} .

A.2.2.4 M. SOLAIRE souhaiterait connaître la puissance électrique restituée puis le rendement du panneau quand il fonctionne à pleine puissance sous un éclairement de 600 W.m^{-2} .

Rédiger une réponse détaillée donnant la puissance électrique restituée et le rendement dans les conditions explicitées ci-dessus.

A.2.3 M. SOLAIRE se demande quelles sont approximativement les meilleures orientation et inclinaison des panneaux solaires ? Rédiger la réponse à ces questions en utilisant le **document 6 ci-dessous**.

DOCUMENT 6



A.2.4 Les panneaux utilisés sur le site de l'INES sont orientés dans la direction SUD EST de 30° et sont inclinés à 10° .

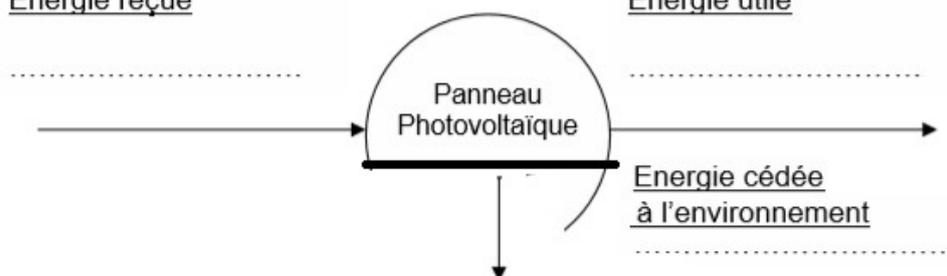
A.2.4.1 Montrer que la puissance électrique P réelle fournie par un panneau est voisine de 182 W pour un éclairement de 1000 W.m^{-2} .

A.2.4.2 Quelle énergie E_1 , en W.h , fournirait dans les conditions de la question A.2.4.1 un tel panneau pendant 1 heure d'ensoleillement ?

DOCUMENT 2 RELATIF A LA QUESTION A.1.3

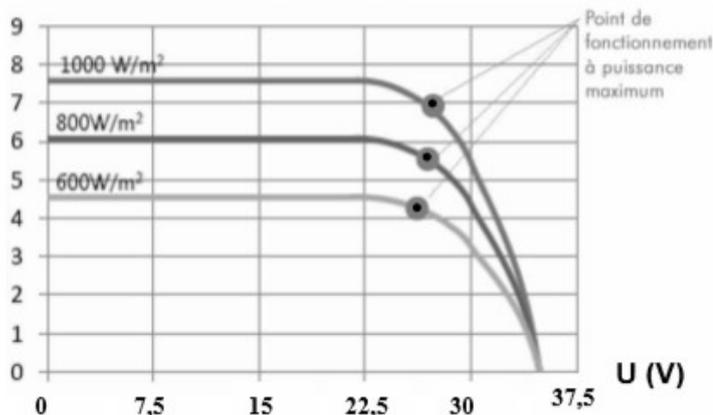
Energie reçue

Energie utile



DOCUMENT 5 RELATIF AUX QUESTIONS de A.2.2.1 à A.2.2.3

I (A)



Exercice N°3

Partie C : panneaux solaires

Les annexes C1 à C3 sont à utiliser pour cette partie.

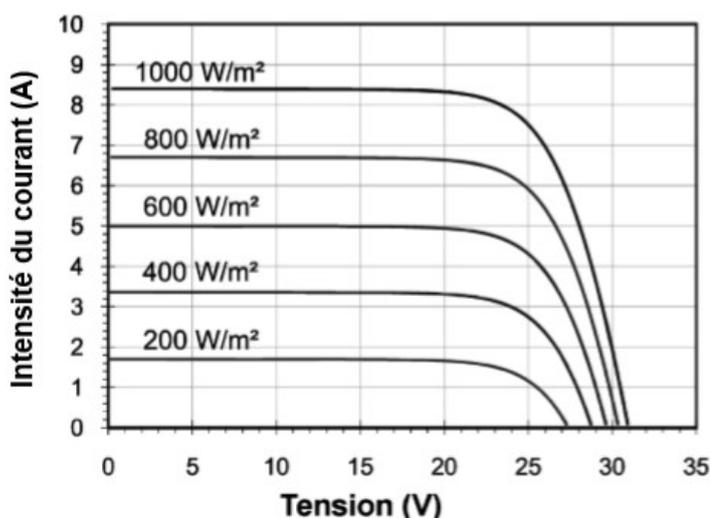
Afin de réduire la facture d'électricité, l'intendant du lycée souhaiterait faire installer des panneaux photovoltaïques sur le toit d'un bâtiment de surface S égale à 250 m^2 . On précise que l'établissement en question est situé dans le nord-est de la France, avec un toit orienté sud-est d'inclinaison 45° .

Une première étude est confiée à un groupe d'élèves dans le cadre du « projet » de terminale. L'énergie produite par ces panneaux serait renvoyée sur le réseau électrique et donc rachetée par EDF. C'est aujourd'hui la solution la plus rentable puisque l'entreprise EDF rachète aux particuliers l'énergie plus chère qu'elle ne la vend.

- C.2. Pour vérifier les performances des panneaux solaires vendus, le constructeur fournit le réseau de courbes de l'annexe C1.
- C.2.1. Proposer un schéma de montage électrique pour tracer une des caractéristiques du panneau données sur l'annexe C1 en utilisant les appareils et les composants dont les symboles sont donnés dans l'annexe C2.
- C.2.2. Préciser le protocole expérimental.
- C.3. À partir des courbes de l'annexe C1, pour une puissance surfacique reçue P_s de 800 W.m^{-2} et pour une tension U de 20 V , calculer le rendement d'un panneau photovoltaïque ayant une surface S de $1,1 \text{ m}^2$.
- C.4. En vous aidant de l'annexe C3, justifier que le gain annuel permis par cette installation s'élève à environ 9100 euros.

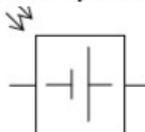
Annexes C

Annexe C1 : caractéristiques courant-tension d'un panneau solaire photovoltaïque de surface $1,1 \text{ m}^2$ pour plusieurs valeurs de la puissance surfacique reçue en W/m^2

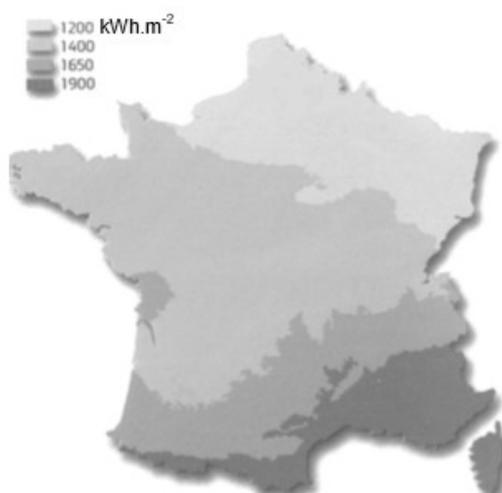


Annexe C2 : symboles des appareils et composants disponibles

Panneau photovoltaïque



Annexe C3 : ensoleillement moyen annuel en kW.h.m^{-2} suivant les régions :



Correction due à l'inclinaison et à l'orientation :

| | 0° | 30° | 45° | 60° | 90° |
|-----------|------|------|------|------|------|
| est | 0,85 | 0,85 | 0,75 | 0,65 | 0,55 |
| sud-est | 0,85 | 0,95 | 0,93 | 0,85 | 0,65 |
| sud | 0,85 | 1 | 1 | 0,93 | 0,75 |
| sud-ouest | 0,85 | 0,95 | 0,93 | 0,85 | 0,65 |
| ouest | 0,85 | 0,85 | 0,75 | 0,65 | 0,55 |

Exemple : un capteur vertical fixé sur un mur ouest recevra 55 % de la puissance maximale qu'il était susceptible de recevoir.

Tarif de rachat : Le tarif de rachat proposé par E.D.F. dans ce cas est de 0,31 euro le kW.h.

Rendement :

Cette étude se fait à partir de panneaux solaires réalisés avec du silicium polycristallin présentant un rendement théorique de 15%.

Mais ce rendement se dégrade avec la chaleur (l'intégration au bâti ne permet pas une bonne ventilation) et avec les pertes inhérentes à l'installation. Pour se rapprocher du rendement réel, on multiplie le rendement théorique par un coefficient de 0,7.