

DOMESTIQUER L'ÉNERGIE SOLAIRE

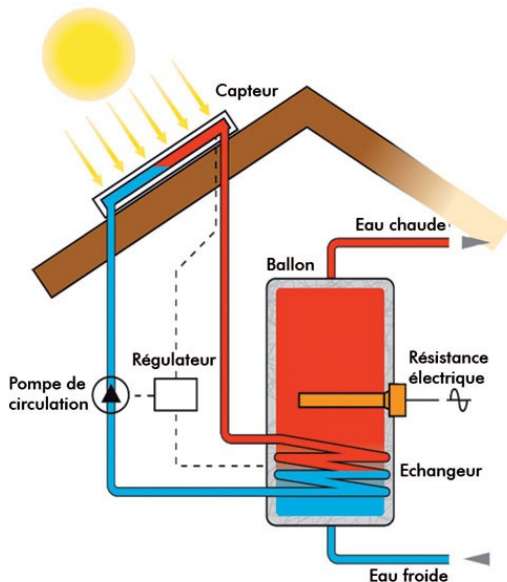
1- Objectifs

- Connaître les modes d'exploitation de l'énergie solaire.
- Schématiser les transferts et les conversions d'énergie mises en jeu dans les dispositifs utilisant l'énergie solaire.
- Connaître quelques ordres de grandeur des échanges énergétiques.

2- Document

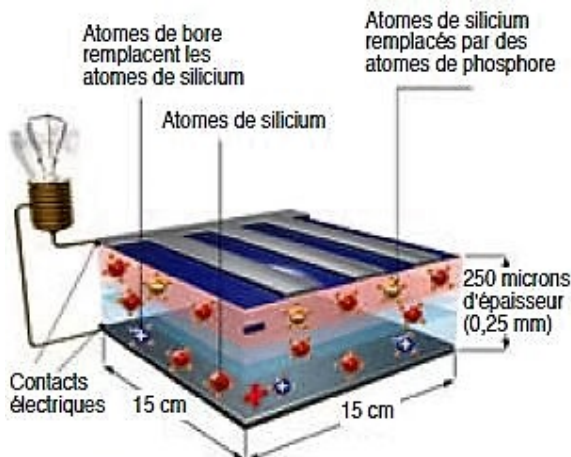
L'énergie solaire est disponible partout sur Terre et représente, théoriquement, 900 fois la demande mondiale en énergie.

Chaque mètre carré reçoit en moyenne 2 à 3 kWh par jour en Europe du nord, 4 à 6 kWh en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ou sous les tropiques. Les variations saisonnières ne sont que de 20 % dans ces régions, mais beaucoup plus importantes (d'un facteur 2,5) dans les pays du Nord.



Le solaire thermique est aujourd'hui relativement bien maîtrisé en termes technologique et économique. Le principe est simple : des capteurs absorbent les photons solaires et les transforment en chaleur. Cette chaleur est ensuite transmise à un liquide ou un gaz qui la transporte (on appelle cela un « fluide caloporteur ») vers un réservoir de stockage d'énergie. L'énergie solaire thermique est utilisée principalement pour le chauffage de l'eau (sanitaire ou piscines) ou des locaux. En Europe, l'eau chaude solaire représente 90 % du marché du solaire thermique. Des chauffe-eau équipent une bonne partie des maisons de certains pays du Sud (Grèce, Israël...) et sont largement diffusés en Allemagne. Les rendements atteignent 30 à 60%. Ainsi, 4 m² de capteurs thermiques permettent de répondre aux besoins en eau chaude d'une famille de quatre personnes et 10 m² assurent le chauffage d'une maison de 100 m² sous nos latitudes.

L'énergie solaire photovoltaïque a l'avantage de convertir directement l'énergie du Soleil en électricité. Les applications ont démarré au début des années 1960, dans des satellites, les produits grand-public comme les montres ou les calculettes. Tout l'enjeu des recherches actuelles est d'améliorer les rendements et de réduire les coûts des cellules photovoltaïques. La conversion de l'énergie lumineuse d'une cellule photovoltaïque est de 15 à 20 %, ce qui compense largement l'énergie mobilisée pour sa fabrication et permet de produire de l'électricité excédentaire.



Avec un contact électrique, les électrons se déplacent dans le circuit et génèrent un courant électrique.

En traversant la cellule photovoltaïque, les photons arrachent des électrons aux atomes de silicium.

Profitant des taux d'ensoleillement du Sud de la France, le groupe Valéco a inauguré fin 2008 la première centrale photovoltaïque au sol, à Lunel dans l'Hérault. Constituée de 6 732 modules, elle produit annuellement entre 600 et 750 MWh, ce qui correspond à la consommation moyenne de 242 foyers.

L'énergie solaire à concentration :

L'énergie thermique du Soleil permet aussi de produire de l'électricité par voie thermodynamique : la technologie la plus mûre industriellement est la concentration de la lumière par des miroirs cylindro-paraboliques. Ce type de miroirs, long d'une centaine de mètres, concentre la chaleur sur un tube récepteur contenant un fluide caloporteur ; le fluide génère ensuite de la vapeur qui est turbinée pour produire de l'électricité.

Le solaire à concentration (ou Concentrated Solar Power - CSP) représente la technologie la plus probable pour le déploiement massif du solaire en Afrique du Nord.

D'après : <http://www.cea.fr/jeunes/themes/l-energie/les-energies-du-21eme-siecle/domestiquer-l-energie-solaire>

3- Exploitation

3-1 – Expliquer en quelques phrases, à l'aide du schéma ci-dessus, la production d'électricité par une cellule photovoltaïque (« photopile »).

3-2 – Faire un schéma du transfert énergétique à l'œuvre dans une cellule photovoltaïque.

3-3 – Définir le rendement énergétique d'un système.

3-4 – Calculer pour un panneau solaire de 4 m² et de rendement 20 %, l'énergie électrique récupérée.

3-5 – Faire un schéma énergétique d'un chauffe-eau solaire de 4m² et de rendement 50 %, en hiver, en Europe du Nord.

3-6 – En supposant le rendement de ses panneaux égal à 20 %, quelle est la surface des panneaux solaires de la centrale Valéco ?

Exercice 1 : BAC STL – SPCL – 2015

Partie B – L'intégration des énergies renouvelables

Pour respecter la loi Grenelle 1 du 3 août 2009, la production annuelle d'énergie renouvelable du bâtiment BEPOS doit être supérieure à la consommation annuelle d'énergie non renouvelable, qui est estimée pour ce projet à 66 MW.h (Mégawattheure).

Pour assurer cette production, on envisage d'installer des panneaux solaires et deux éoliennes.

B.1. Panneaux solaires

Des panneaux solaires photovoltaïques doivent couvrir une surface de 98 m².

B.1.1. Sous quelle forme d'énergie utile le panneau photovoltaïque transforme-t-il l'énergie solaire ?

B.1.2. Dans le projet, les panneaux solaires photovoltaïques doivent contenir du silicium polycristallin.

B.1.2.1. En utilisant le document B1, calculer l'énergie minimale qu'un photon doit posséder pour « arracher » un électron du réseau du silicium. Exprimer le résultat en joule.

Donnée. $1,0 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

B.1.2.2. Sachant que la vitesse d'une onde électromagnétique dans l'air est $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, montrer que la longueur d'onde λ de l'onde associée à ce photon est $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

Donnée : $E = h \cdot \nu$ où E est l'énergie du photon qui s'exprime en joule (J), h est la constante de Planck égale à $6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ et ν la fréquence de l'onde associée qui s'exprime en hertz (Hz).

B.1.2.3. D'après le document B2, à quel domaine du spectre solaire ce photon appartient-il ?

B.1.2.4. Sachant que chaque panneau photovoltaïque, de surface égale à 1,65 m², peut produire une puissance maximale de 235 W, calculer la puissance maximale que peuvent fournir les 98 m² de panneaux photovoltaïques que l'on envisage d'installer sur le toit.

B.1.2.5. En considérant un ensoleillement de 12 h en moyenne par jour, on montre que ces panneaux photovoltaïques peuvent produire une énergie de $2,2 \cdot 10^{11} \text{ J}$ en une année. Vérifiez que ce résultat est correct.

Donnée : $E = P \cdot \Delta t$ avec P la puissance exprimée en watt (W), Δt la durée exprimée en seconde (s) et E l'énergie en joule (J).

B.1.3. Le chef de projet espère qu'avant la date limite de dépôt du dossier, un autre type de panneaux solaires plus performant sera commercialisé : les panneaux photovoltaïques triple jonctions. Ils remplaceraient alors ceux qui étaient prévus.

En utilisant le document B1, expliquer pourquoi les panneaux photovoltaïques triple jonctions sont plus performants que les panneaux photovoltaïques au silicium polycristallin.

B.3. Bâtiment BEPOS

La consommation annuelle du bâtiment est estimée à 66 MW.h.

Le bâtiment sera équipé :

- de deux éoliennes ; pour chaque éolienne, la durée moyenne de fonctionnement et la vitesse moyenne du vent permettent d'estimer que l'énergie électrique produite est de $8,0 \cdot 10^3$ kW.h ;
- de panneaux solaires, qui fourniront $2,2 \cdot 10^{11}$ J.

Pensez-vous que le bâtiment entrera bien dans la catégorie BEPOS ? Justifier.

Donnée. Équivalence entre wattheure (W.h) et joule (J) : $1,0 \text{ W.h} = 3,6 \text{ kJ}$.

Document B1 – Cellules photovoltaïques

Une cellule photovoltaïque est constituée d'un matériau semi-conducteur comme le silicium polycristallin. Pour produire un courant électrique, il faut « arracher » un électron du réseau du semi-conducteur. L'énergie nécessaire peut être fournie par un photon du rayonnement électromagnétique. Pour le silicium polycristallin, l'énergie du photon doit au moins être égale à 1,12 eV.

Une cellule au silicium polycristallin absorbe environ 20% des radiations visibles et infrarouges A (IR-A) du spectre solaire.

Cellule triple jonction : Prochainement, un autre type de cellule doit être commercialisé : la cellule photovoltaïque à triple jonction. L'une d'elles est constituée des couches minces suivantes :

- une première couche en phosphure d'indium-gallium InGaP qui absorbe environ 55% des radiations ultraviolettes du spectre solaire ;
- une seconde couche en arséniure de gallium GaAs qui absorbe environ 20% des radiations visibles du spectre solaire ;
- une troisième couche en arséniure d'indium-gallium InGaAs qui absorbe environ 40% des radiations infrarouges A et B du spectre solaire.

Document B2 – Le spectre solaire

Le spectre solaire se répartit selon trois types de rayonnement :

- les ultraviolets (UVA et UVB) qui représentent environ 5 % de la quantité totale du rayonnement solaire ;
- la partie visible du spectre. C'est dans ce domaine visible que l'énergie solaire est la plus intense. Elle représente 50 % de la quantité totale du rayonnement solaire ;
- les infrarouges (IRA et IRB) qui représentent environ 45 % du spectre solaire.

