

1

Énergie solaire et habitat

résumés de cours

exercices

contrôles

corrigés

LES MODES D'EXPLOITATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE DANS L'HABITAT

○ Énergie solaire photovoltaïque

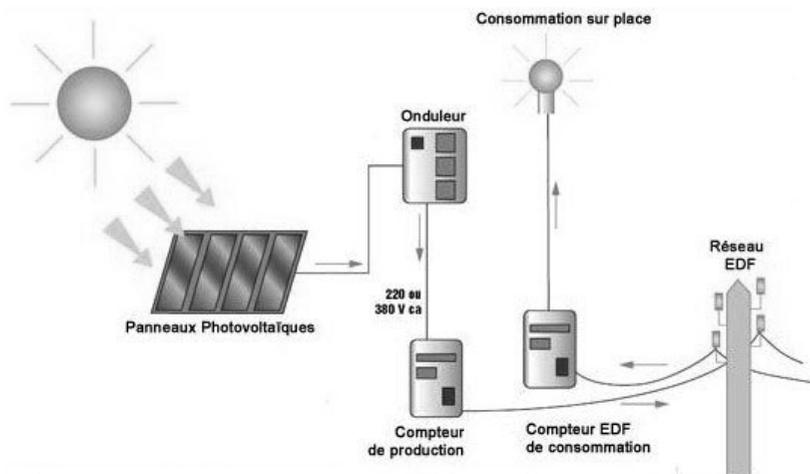
L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en énergie électrique au sein de matériaux semi-conducteurs composant les panneaux photovoltaïques. Ces matériaux photosensibles libèrent des électrons sous l'influence de l'énergie rayonnante : c'est l'effet photovoltaïque.

L'énergie transportée par les photons (composants de la lumière), est absorbée par les électrons qui sont alors libérés. Ces électrons sont à l'origine d'un courant électrique continu, qui est ensuite transformé en courant alternatif grâce à un onduleur.

L'électricité produite est disponible sous forme d'électricité directe ou stockée en batteries (énergie électrique décentralisée) ou en électricité injectée dans le réseau.

Un générateur solaire photovoltaïque est composé de modules photovoltaïques eux même composés de cellules photovoltaïques connectées entre elles.

Les performances d'une installation photovoltaïque dépendent de l'orientation des panneaux solaires et des zones d'ensoleillement dans lesquelles ils se trouvent.



● Les panneaux solaires thermiques

Un panneau solaire thermique est un dispositif convertissant l'énergie de la lumière solaire en énergie thermique (chaleur). L'énergie thermique est ensuite absorbée par un fluide caloporteur, par exemple de l'eau (cas le plus fréquent pour les panneaux vendus dans le commerce, qui lui ajoutent un antigel) ou de l'air.

Le fluide circule dans un serpentin, peint en noir, éventuellement recouvert d'une surface vitrée et protégé sur les autres faces par un isolant.

Les panneaux thermiques à eau peuvent servir pour chauffer l'eau sanitaire ou comme chauffage d'appoint.

On peut également utiliser le solaire thermique pour chauffer une maison par l'intermédiaire d'un plancher chauffant. Le transfert thermique se fait alors directement avec l'air.

Lorsque l'ensoleillement n'est pas suffisant pour amener l'eau à bonne température, le chauffe-eau est aussi relié à une chaudière d'appoint pour compléter le panneau.

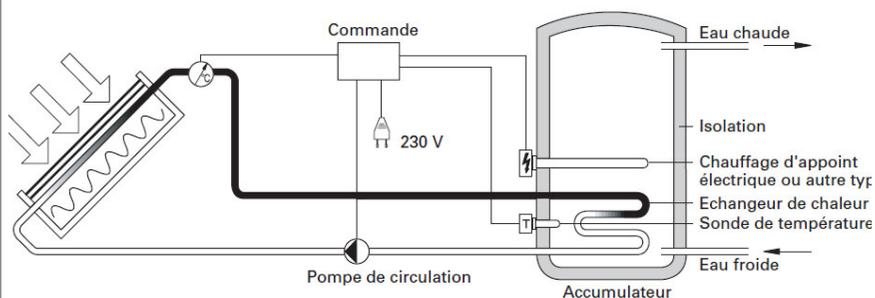


Schéma d'un chauffe-eau solaire

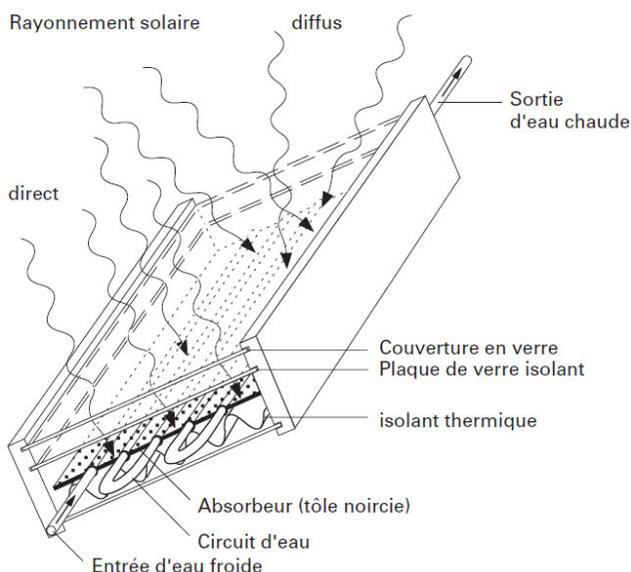
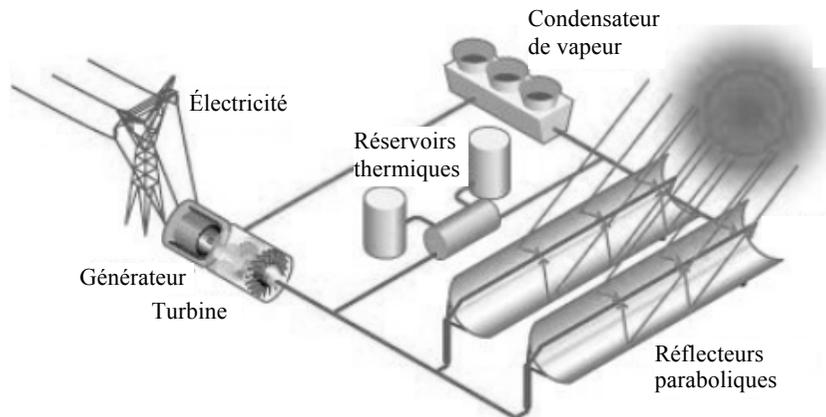


Schéma d'un panneau solaire thermique

○ Centrale solaire

Une centrale solaire thermique transforme l'énergie lumineuse en chaleur, laquelle sert ensuite à produire de l'électricité. Les rayons solaires sont concentrés par des réflecteurs sur un liquide dans un circuit primaire qui chauffe à son tour l'eau d'une chaudière à vapeur, elle-même reliée à une turbine et à un alternateur pour produire de l'électricité.

Cette technique est similaire à celle utilisée dans les centrales thermiques conventionnelles. Cependant, les combustibles fossiles ou nucléaires sont remplacés par l'énergie solaire.



○ Énergie solaire passive

Le domaine de l'énergie solaire passive suppose la conception de bâtiments et la mise en place des composants de construction appropriés afin d'utiliser la lumière solaire pour l'éclairage naturel, le chauffage des locaux.

Le rayonnement lumineux est exploité directement à travers des ouvertures vitrées pour le besoin en éclairage.

Une réflexion sur les matériaux de construction, l'isolation thermique et l'orientation Nord-Sud, est indispensable lors de la conception d'un bâtiment solaire passif.

L'architecture solaire passive est conçue pour un site spécifique en utilisant les matériaux et des énergies disponibles localement. Les bâtiments bénéficient de la chaleur du soleil en raison du caractère judicieux de leur conception (forme, orientation, répartition des ouvertures, isolation, inertie thermique...), de la qualité de ses composants (murs, toiture, sol, fenêtres et portes...) et d'une ventilation performante. Ce concept est généralement associé avec les constructions neuves, mais le choix des matériaux et les techniques mises en œuvre pour bénéficier des apports naturels suivant les saisons peuvent également s'adapter à la rénovation des logements anciens.

RAYONNEMENT THERMIQUE

● Rayonnement du corps noir

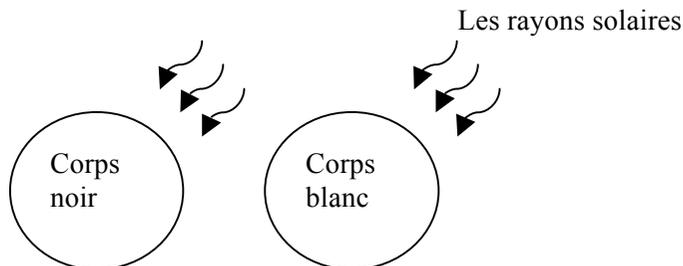
Le rayonnement émis par un corps dépend de sa nature.

L'émetteur idéal est le corps qui, pour une température donnée, émet le maximum d'énergie. Ce corps s'appelle le corps noir.

L'absorption découlant des mêmes règles que l'émission, ce corps peut également être défini comme celui dont le pouvoir d'absorption est maximal.

Pour le corps noir, le facteur d'absorption est donc égal à l'unité pour toutes les directions et pour toutes les longueurs d'onde.

Ce corps absorbe tout le rayonnement qu'il reçoit sans en réfléchir ni transmettre une quelconque fraction. C'est le corps de référence.



L'objet noir absorbe toute la lumière visible qu'il reçoit.

Les rayons du Soleil absorbés par un objet servent à réchauffer cet objet. L'énergie lumineuse est transformée en énergie thermique.

La surface de l'objet est d'abord réchauffée par le rayonnement solaire et ensuite, c'est l'objet qui réchauffe l'air environnant.

● Loi de Stefan

La puissance rayonnée est proportionnelle à la puissance quatrième de la température absolue de la surface du corps.

$$P = \sigma \cdot S \cdot T^4$$

La puissance rayonnée P se calcule grâce à la loi de Stephan :

S : aire du corps rayonnant en m^2 .

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$.

T : température de la surface du corps en kelvin (K).

P : puissance rayonnée en W.

CONVERSION PHOTOVOLTAÏQUE

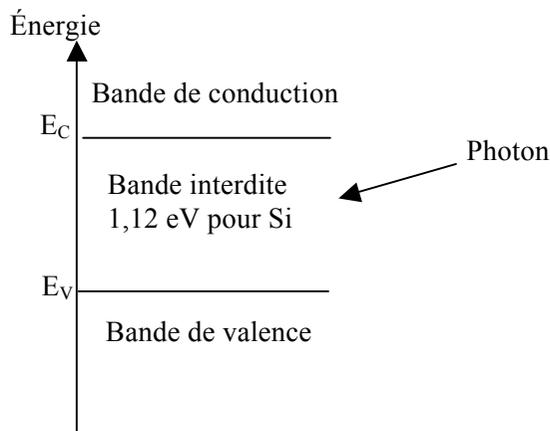
● Interaction lumière-matière

L'effet photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires permet de convertir directement l'énergie lumineuse des rayons solaires en énergie électrique par le biais de la production et du transport dans un matériau semi-conducteur de charges électriques positives et négatives sous l'effet de la

lumière. Ce matériau comporte deux parties, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit en électrons.

Pour un cristal semi-conducteur, il existe deux bandes d'énergie appelées bande de conduction et bande de valence.

Ces deux bandes sont séparées par une bande interdite inaccessible aux électrons.



Pour le silicium, l'énergie nécessaire pour faire passer un électron de la bande de valence vers la bande de conduction est de $E_G = 1,12$ eV, appelée énergie de gap.

Les rayonnements visibles et UV émis par le soleil ont une énergie suffisante pour permettre le passage des électrons de la bande de valence vers la bande de conduction.

● Loi de Planck

L'énergie transportée par un photon est donnée par la loi de Planck :

$$E = h \cdot \nu$$

ν : fréquence de l'onde électromagnétique du photon en hertz

$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s : constante de Planck

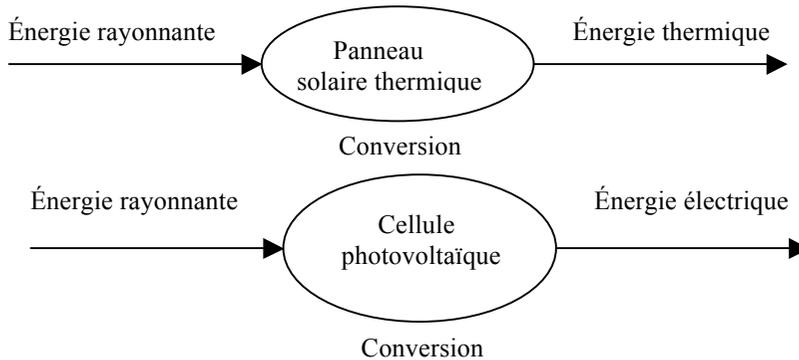
E : énergie en joule J

Pour exprimer l'énergie d'un photon, on utilise souvent l'électronvolt :

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

○ Chaîne énergétique

La puissance d'une cellule photovoltaïque dépend du courant débité :
 $P = U.I.$



*

Exercice 1

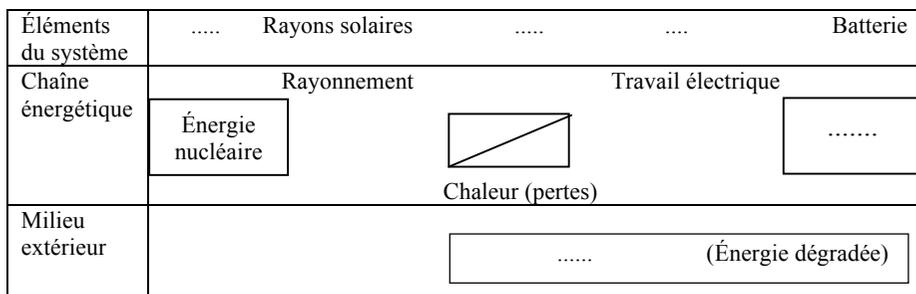
🕒 20 min

Un panneau solaire est composé de cellules photovoltaïques permettant de transformer l'énergie fournie par le soleil. Chaque cellule a une puissance P égale à $1,2\text{ W}$ et une tension nominale U égale à $0,48\text{ V}$.

1. Calculer l'intensité maximale fournie par cette cellule.
2. Les panneaux solaires sont composés de cellules photovoltaïques montées en série pour obtenir une tension nominale de 12 V . Calculer le nombre de cellules de tension nominale $0,48\text{ V}$ nécessaires pour obtenir un panneau solaire de tension nominale 12 V .
3. Dans la plupart des cas, les panneaux solaires servent à recharger une batterie qui permet d'alimenter des appareils électriques.
Le schéma ci-dessous représente la chaîne énergétique de la charge de la batterie par les panneaux solaires.

Compléter le schéma en choisissant parmi les propositions suivantes :

- Énergie thermique
- Énergie chimique
- Panneaux photovoltaïques
- Soleil
- Fils
- Turbine
- Lampe
- Énergie mécanique



Le panneau solaire est de forme rectangulaire. Il a les dimensions suivantes : $427 \text{ mm} \times 633 \text{ mm}$ correspondant à une aire de surface $0,27 \text{ m}^2$. En France métropolitaine, le soleil fournit en moyenne $1\,000 \text{ W/m}^2$.

- Calculer la puissance absorbée par le panneau solaire.
- Calculer le rendement du panneau solaire s'il fournit une puissance égale à 30 W .

* Exercice 2

🕒 10 min

Une batterie de cellules photovoltaïques a une surface réceptrice de 8 m^2 . Son taux de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique est de 15% . Le rayonnement solaire apporte en moyenne, chaque seconde, 1 kJ/m^2 . Elle fonctionne 10 heures par jour.

- Calculer l'énergie solaire reçue en une journée par la batterie lors de son fonctionnement.
- En déduire l'énergie électrique fournie en une journée par la batterie de cellules.

* Exercice 3

🕒 15 min

En France, chaque mètre carré reçoit en moyenne une énergie solaire annuelle de $1\,500 \text{ kWh/an}$.

- Calculer l'énergie annuelle reçue par un panneau solaire de 20 m^2 .
Le panneau solaire alimente les trois chauffe-eau d'un complexe sportif, qui absorbent chacun en moyenne par an $4\,000 \text{ kWh}$. Le rendement du panneau solaire est de 30% .
- Quelle est l'énergie électrique fournie par le panneau solaire ?
- Le panneau solaire suffit-il à lui seul pour chauffer l'eau des chauffe-eau ?

** Exercice 4

🕒 15 min

Un capteur solaire thermique est constitué d'une vitre et d'un serpentin noir. De l'eau circule dans le serpentin avec un débit de $20,0 \text{ L}$ par heure. La

température de l'eau, à l'entrée du serpent, est égale à 14,9 °C, alors qu'elle est de 35,2 °C à la sortie.

1. Quel est le mode de transfert d'énergie reçu par le capteur solaire ?
2. Quels sont les rôles respectifs de la vitre et de la peinture noire ?
3. Comment se nomme ce phénomène ?
4. Calculer la valeur du transfert d'énergie fourni à l'eau chaque seconde.
5. Au cours de cette expérience, la puissance rayonnante reçue est de 800 W. Calculer le rendement de ce capteur solaire.

Donnée : $c(\text{eau}) = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$

★★

Exercice 5

🕒 25 min

La NASA s'est lancée dans un ambitieux programme de retour de l'homme sur la Lune et prévoit un premier débarquement dès 2018. A la différence de l'épopée des missions Apollo, les Américains ont décidé de s'installer de façon durable sur la Lune, pour d'une part l'explorer, y faire de la science, et d'autre part préparer la première mission habitée vers Mars et débiter des études exploratoires de l'exploitation des ressources lunaires.

Cette base doit permettre d'extraire les ressources naturelles présentes sur la lune, et en particulier l'Hélium 3, élément rare sur terre, et combustible très prometteur pour alimenter les réactions de fusion thermonucléaire. Il sera donc utile d'étudier le rendement énergétique de l'extraction de l'Hélium 3.

La base lunaire demande aussi quelques besoins en électricité pour l'éclairage, l'électronique embarquée, les outils d'exploitation des ressources lunaires, les déplacements d'engins à la surface de la lune ou encore les instruments scientifiques utilisés lors des missions d'observation lunaires.

1. La base comprend 30 éclairages basse consommation de 50 W allumés 24h/24, et 20 éclairages d'appoints basse consommation de 12 W allumés la moitié du temps.

Estimer la consommation électrique pour l'éclairage en kWh/jour.

Deux véhicules lunaires fonctionnant à l'aide de batteries sont utilisés. Ces véhicules ont une consommation énergétique moindre que ceux utilisés sur terre ($g_L = 1/6 g_T$). La puissance électrique consommée lors de leur fonctionnement est de 5 kW.

2. Sachant que ces véhicules sont utilisés chacun 24 heures par semaine en moyenne, estimer la consommation d'énergie électrique totale moyenne en kWh/jour.
3. Pour estimer combien l'énergie à produire, il faut tenir compte du rendement de stockage de la batterie, qui est de 21 %. Estimer l'énergie qu'il faudra produire par jour au niveau des panneaux solaires en kWh/jour, pour assurer le bon fonctionnement de ces véhicules.
4. L'extraction de l'Hélium 3 demande de développer un puits de forage pour creuser le sol lunaire. Pour cela, un trépan (tête de forage) doit être