

Chapitre 1

L'énergie Solaire

Introduction

Le soleil "rayonne" à la Terre chaque année 40 000 fois les besoins énergétiques que l'humanité consomme sous forme d'énergie fossile. Il existe 3 utilisations de l'énergie solaire

- La production de chaleur : le "solaire thermique"
- La production d'électricité : le "solaire photovoltaïque"
- La production d'un mouvement : le "solaire mécanique"

De nombreuses recherches sont en cours dans ces 3 domaines, essentiellement pour le photovoltaïque. En effet, le rendement des cellules photovoltaïques étant assez faible, de l'ordre de 20% maximum pour les utilisations militaires et de 10 à 15% (grand maximum) pour les utilisations civiles, la porte reste ouverte à de nombreuses améliorations. Le solaire thermique est plus commun que le photovoltaïque, les tarifs et donc la rentabilité du photovoltaïque étant si faibles (sans parler des problèmes de stockage de l'énergie) qu'il se limite généralement aux sites isolés. Un système énergétique solaire est donc mis en place en un lieu donné pour fournir de l'énergie sous une forme ou une autre, (mécanique, thermique et électrique). D'une façon générale sa structure est peut être schématisée de la façon suivante :

Une entrée :

- Le gisement solaire local ;
- L'environnement géographique ;
- Le ou les sources énergétiques d'appoint.

Un transfert

- Dispositif de captation du rayonnement solaire avec ou sans concentration ;
- Élément de conversion d'énergie d'une forme à une autre ;
- Des organes de pilotage et de régulation.

Un stockage :

- Dispositifs tels que : des réservoirs d'eau, des masses calorifiques à chaleur sensible ou latente, des batteries électriques...etc.

Exemples d'applications:

- Fourniture d'eau chaude ou d'air chaud (chauffage des locaux)
- Pompage d'eau
- Centrale électrique
- Séchage des produits agro alimentaires
- Dessalement de l'eau

1. Le solaire thermique

Le solaire thermique récupère la chaleur du soleil grâce à un fluide qui circule dans les capteurs.

1.1.Principe de fonctionnement

Un panneau solaire thermique a pour but de transmettre la chaleur émise par le soleil à un circuit d'eau secondaire. Les rayons du soleil traversent la vitre, à l'intérieur une plaque absorbante qui a pour but de capter les rayons infrarouges. Derrière cette plaque chaude passe un circuit d'eau qui récupère cette chaleur. Par la suite ce circuit alimente un circuit secondaire qui peut alimenter une habitation en eau sanitaire ou en chauffage.

La circulation de l'eau peut se faire par simple phénomène physique, l'eau chaude est moins dense que l'eau froide. C'est pour cela que sur le schéma l'eau chaude est toujours au dessus de l'eau froide, voir figure 1.

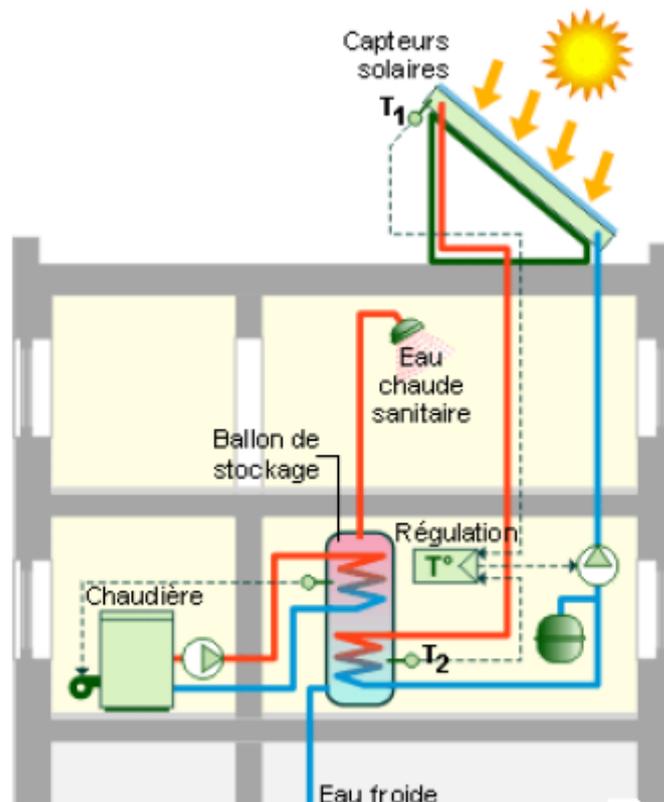


Figure 1 : Principe d'un panneau solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire

Les composants du chauffe eau solaire de la figure 1, ainsi que du système intégré dans le bâtiment sont les suivants:

- Le capteur solaire qui servira à la transformation du rayonnement solaire en chaleur ;
- Le réservoir de stockage de la chaleur jusqu'au moment de l'utilisation ;

- La boucle primaire qui aura pour objectif le transfert de chaleur entre le capteur et le réservoir ;
- Système de régulation du transfert de chaleur vers le réservoir (s'arrête quand $T_{\text{réservoir}} > T_{\text{capteur}}$) ;
- La chaudière servira comme une énergie d'appoint lorsqu'il n'y aura pas assez de soleil.

1.2. Les avantages

- Rendement élevé (jusqu'à 80%) ;
- permet de chauffer de l'eau "gratuitement" après retour sur investissement, ce qui peut se révéler intéressant pour des collectivités qui voudraient maîtriser leurs dépenses telles que les piscines très énergivores ;
- Source d'énergie inépuisable ;
- Gros potentiel de développement.

1.3. Les inconvénients

- Généralement limité au chauffage de l'eau chaude sanitaire ;
- L'énergie solaire thermique reste une énergie coûteuse par rapport au chauffage par énergie fossile à cause d'investissements assez lourds
- Retour sur investissement assez long (en moyenne 10 à 15 ans)
- Durée de vie des panneaux généralement limitée à 20 ans
- Certains panneaux sont très sensibles et peuvent être endommagés par certaines conditions météorologiques (grêle, gel...).

2. Le solaire photovoltaïque

Les panneaux photovoltaïques sont composés des cellules photovoltaïques (PV) à base de silicium, et qui ont la capacité de transformer les photons en électrons.

2.1. Principe de fonctionnement

Lorsqu'une cellule solaire photovoltaïque est soumise au rayonnement solaire, les photons contenus dans le rayonnement absorbé apportent de l'énergie qui libère des électrons de la couche du semi conducteur de la cellule. C'est le mouvement des électrons libérés qui produit le courant électrique. Ce processus de conversion de lumière en électricité est appelé l'effet photovoltaïque.

La lumière est une forme d'énergie et les électrons contenus dans le matériau semi-conducteur se mettent en mouvement lorsqu'ils reçoivent ce supplément d'énergie apporté par les photons de la lumière. Les électrons se déplacent alors librement à l'intérieur du matériau semi-conducteur. La différence de potentiel électrique ainsi créée peut être captée par des fils conducteurs d'électricité vers l'extérieur de la cellule. Si l'on complète alors le circuit électrique par une charge résistive à l'extérieur du panneau solaire, le courant se met à circuler et l'on peut utiliser l'énergie fournie par le panneau solaire, voir figure 2.

Pour augmenter la puissance fournie par les cellules PV, il suffit de les assembler en série afin d'augmenter la tension (Volts) puis on connecte ces sous-ensembles, en parallèle afin d'augmenter l'intensité du courant (Ampères); on obtient ainsi un panneau solaire photovoltaïque. Ces panneaux solaires peuvent ensuite être connectés entre eux pour former des installations photovoltaïques de plus grande puissance.

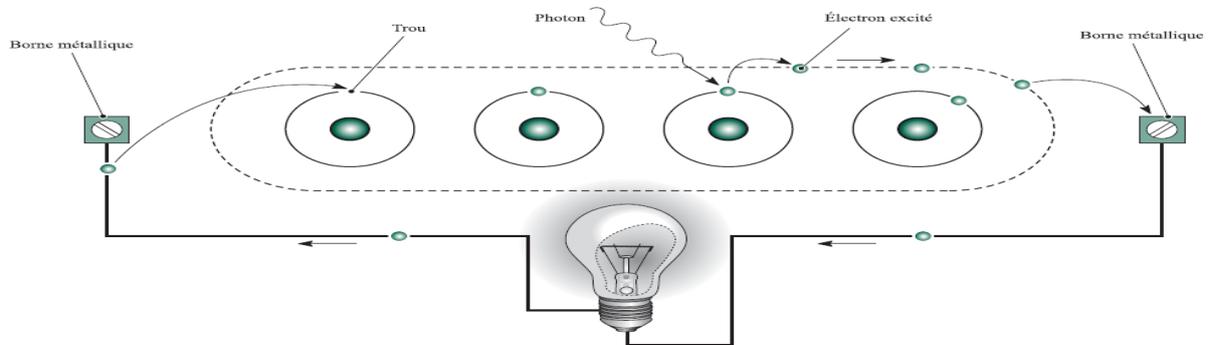


Figure 2 : Description simple de l'Effet Photovoltaïque

Une installation photovoltaïque complète ne comporte pas que les panneaux solaires, elle inclut le matériel de montage, le système de stockage de l'énergie ou le dispositif de connexion au réseau de distribution électrique (onduleurs). La figure 3 résume les éléments essentiels pour une installation photovoltaïque.

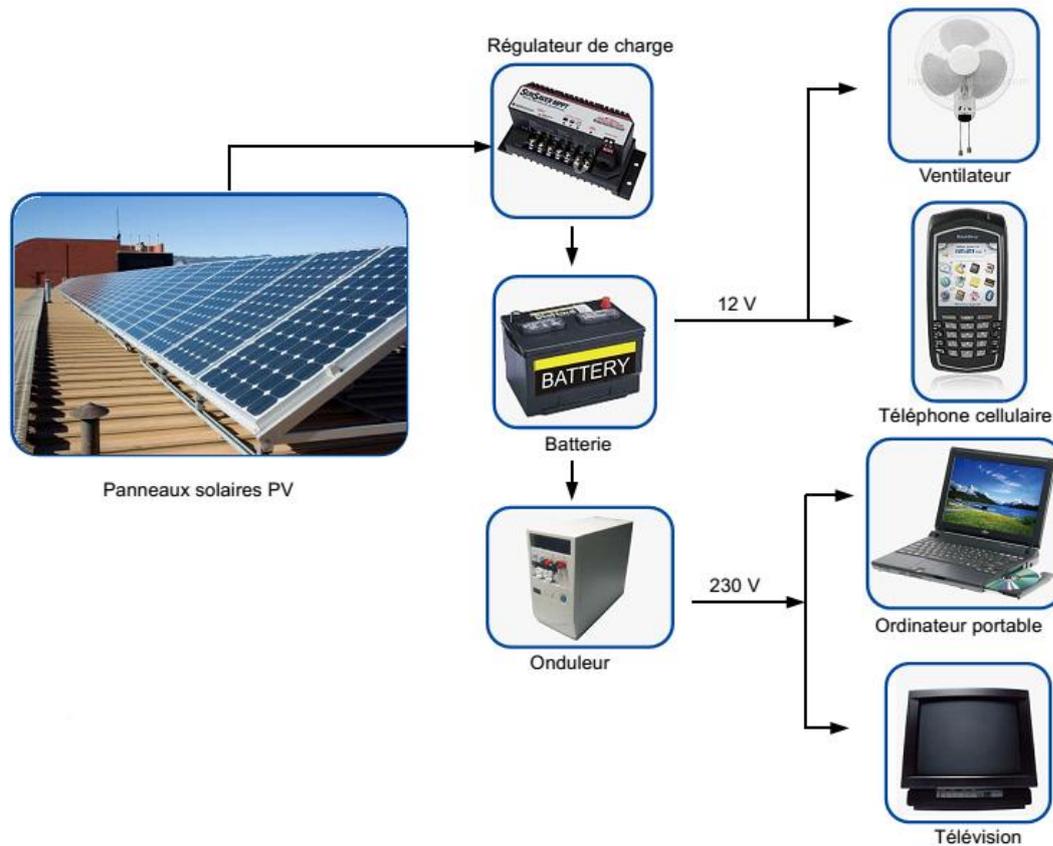


Figure 3 : Représentation d'une installation PV typique.

2.2. Dimensionnement d'une installation PV.

La méthode consiste à estimer à partir des appareils électriques et du tableau ci-après la consommation électrique annuelle du logement considéré. Il s'agit par la suite, d'une approximation de la taille d'une installation photovoltaïque.

Une approximation valable fait que 1 kWc à installer peut garantir environ 1000 kWh/an et nécessite une surface de panneaux de l'ordre de 10 m².

A titre d'exemple, la consommation d'une famille de 4 personnes est de 4000 kWh/an environ. La puissance à installer sera donc 4 kWc, pour une surface de 40 m². Il suffit par la suite d'ajouter les équipements (Régulateur de charge, Batteries, Onduleurs et câbles) pour compléter l'installation.

Tableau 1: Estimations de la consommation annuelle d'un logement

| Appareil | Consommation annuelle kWh/an |
|-----------------------------|------------------------------|
| Eclairage | |
| Ampoule Fluocompacte | 60 |
| Ampoule incandescence | 110 |
| Halogène | 600 |
| Electroménager | |
| Réfrigérateur | 300 |
| Réfrigérateur combiné | 500 |
| Congélateur | 1000 |
| Four | 210 |
| Micro onde | 220 |
| Plaque électrique | 650 |
| Plaque induction | 350 |
| Cafetière | 30 |
| Bouilloire | 70 |
| Lave vaisselle | 180 |
| Lave linge | 200 |
| Sèche cheveux | 8 |
| Fer à repasser | 150 |
| Téléviseur LCD | 250 |
| Téléviseur cathodique | 150 |
| Plasma | 500 |
| Ordinateur fixe | 120 |
| Ordinateur portable | 65 |
| Chauffage | |
| Chauffage électrique | 14000 |
| PAC | 7000 |
| Chauffage central | 170 |
| Climatisation | |
| Climatisation | 700 |
| Eau chaude sanitaire | |
| Bain | 300 |
| Douche | 250 |
| Chauffe eau électrique | entre 400 et 5000 |

Ainsi on obtient le besoin annuel (Ba = Somme des consommations des appareils) ;
 Sachant que $10m^2$ de panneaux développent une puissance de $1000kWh/an$ ainsi :
 Surface des panneaux = $Ba / 100$.

Une manière plus simple consiste à utiliser les factures d'électricité pour estimer la consommation annuelle réelle.

2.3. Les avantages

- Energie électrique non polluante à l'utilisation et s'inscrit dans le principe de développement durable ;
- Source d'énergie renouvelable car inépuisable à l'échelle humaine ;
- Utilisables soit dans les pays en voie de développement sans réseau électrique important soit dans des sites isolés tels qu'en montagne où il n'est pas possible de se raccorder au réseau électrique national.

2.4. Inconvénients

- Coût du photovoltaïque élevé car il est issu de la haute technologie ;
- Coût dépendant de la puissance de crête ;
- Le rendement actuel des cellules photovoltaïques reste assez faible (environ 10% pour le grand public) et donc ne délivre qu'une faible puissance ;
- Marché très limité mais en développement ;
- Production d'électricité ne se fait que le jour alors que la plus forte demande chez les particuliers se fait la nuit ;
- Le stockage de l'électricité est quelque chose de très difficile avec les technologies actuelles (coût écologique des batteries très élevé) ;
- Durée de vie : 20 à 25 ans, après le silicium "cristallisé" rend inutilisable la cellule ;
- Pollution à la fabrication : certaines études prétendent que l'énergie utilisée pour la fabrication des cellules n'est jamais rentabilisée durant les 20 années de production ; Même en fin de vie, le recyclage des cellules pose des problèmes environnementaux.

3. *Le solaire mécanique ou thermodynamique*

Le solaire mécanique concerne les appareils qui transforment un rayonnement solaire "directement" en mouvement mécanique qui soit, pourra servir directement, soit sera transformé en électricité.

Le solaire mécanique est une technique rare et très particulière. Chaque "moteur solaire" a des caractéristiques singulières pour ne pas dire uniques. Il est donc très difficile, contrairement aux deux autres utilisations du solaire, de présenter un principe de fonctionnement. Un seul point commun : la concentration de l'énergie solaire via des concentrateurs solaires (héliostats, miroirs...).

Pour présenter cette technique, on peut citer deux exemples pratiques : le moteur Stirling solaire et les centrales solaires thermiques (en réalité : le mot thermodynamiques serait un terme plus adéquat) produisant de l'électricité.

Deux exemples d'installations solaires mécaniques

3.1. Moteur Stirling solaire

Le moteur Stirling, ou moteur à air chaud, est un moteur à combustion externe, le fluide principal est un gaz soumis à un cycle comprenant 4 phases : chauffage isochore (à volume constant), détente isotherme (à température constante), refroidissement isochore puis compression isotherme. La source chaude du moteur peut être alimentée par l'énergie solaire.



Figure 4 : Moteur stirling solaire à Almeria en Espagne (Plataforma Solar)

3.2. Centrales solaires

Ce sont les projets de solaire mécanique les plus aboutis. Une centrale solaire thermique est constituée d'un champ de capteurs solaires spéciaux appelés héliostats qui concentrent les rayons du soleil sur un tuyau dans lequel circule un caloporteur qui actionne une turbine qui produit de l'électricité.



Figure 5 : La plus grande centrale du monde, Désert de Mojave, Californie, USA

La plus grande centrale solaire thermique est appelée *Luz Solar Energy*, elle est située en Californie, sa puissance électrique atteint 354 MW. Il y a 2 autres exemples de telles centrales en France : la centrale solaire de Vignola (Corse-du-Sud) et la Centrale solaire Thémis (Pyrénées), qui a produit son dernier kWh en 1986.

Cependant, après l'installation de la dernière centrale SEGS en 1992, plus de 10 ans se sont écoulés sans aucune nouvelle centrale. Plusieurs éléments peuvent justifier cette constatation :

- Le coût plus élevé de l'électricité provenant des centrales solaires
- une chute du prix de l'électricité à partir de 1986, quelques années après les 2 chocs pétroliers des années 70 et 80.
- La libéralisation du secteur de l'électricité, qui encourage les investissements rentables à plus court terme comme les centrales thermiques classiques.

On constate cependant un regain d'intérêt pour la concentration solaire depuis plusieurs années. On peut par exemple citer l'Espagne, qui propose un prix de rachat minimum de 18 cents/kWh pour l'électricité provenant de centrales solaires. En Californie, le gouverneur Schwarzenegger a mandaté un groupe d'experts pour définir une feuille de route dans le but d'obtenir une puissance totale de 3000 MW d'électricité solaire.