

# L'énergie photovoltaïque

Le Soleil rayonne sur la Terre une puissance moyenne de 340 Watt par mètre carré (avec un maximum  $1\text{KW}/\text{m}^2$ ) soit 16.1015 kWh par an, dans toutes les longueurs d'onde du spectre de la lumière visible. Du fait de sa nature et de sa puissance très variable à la surface de la Terre en un point donné, il est difficile d'exploiter ou de stocker l'énergie solaire sans la transformer au préalable. Pour cela, on utilise l'effet de serre, les capteurs solaires, les fours solaires, le refroidissement solaire et les photopiles. Dans les procédés thermiques, la puissance solaire sert à chauffer un gaz ou un liquide, qui est ensuite stocké ou distribué. Dans les dispositifs photovoltaïques, elle est directement convertie en énergie électrique sans mécanismes intermédiaires.

## Définition:



Les **cellules solaires photovoltaïques** appelées aussi **photopiles** transforment directement la lumière du soleil en électricité. Elles n'utilisent pas la chaleur du soleil mais l'énergie de ses photons.

C'est l'effet photovoltaïque. Une cellule est un petit générateur de courant continu qui débite une tension de moins d'un volt. L'utilisation industrielle des cellules dans l'énergie photovoltaïque se fait sous la forme de panneaux. Un panneau est composé de plusieurs cellules montées en série et en parallèle pour obtenir une puissance générée plus importante.

## Fonctionnement :

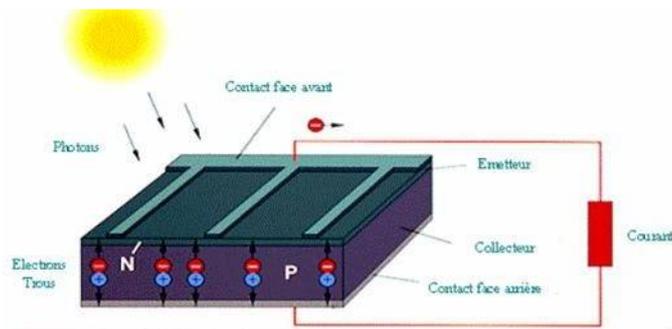
Une cellule photovoltaïque est constituée de deux couches de silicium cristallin. Un constituant qui a la propriété d'être semi conducteur : les électrons sont liés aux atomes mais peuvent se détacher et donc circuler avec l'apport d'énergie lumineuse pour ensuite permettre le passage d'un courant comme dans un conducteur électrique.

Les atomes de silicium possèdent 4 électrons. Deux couches vont être dopées afin d'être polarisées. Pour rendre l'une des couches positive (couche P) on lui incorpore un certain nombre d'atomes de Bore ; celui-ci possède 1 électron de moins par rapport aux atomes de silicium (3

électrons). Pour rendre l'autre couche négative (couche N) on lui incorpore un certain nombre d'atomes de phosphore ; celui-ci possède quant à lui 1 électron de plus par rapport aux atomes de silicium (5 électrons). On crée ainsi une barrière de potentiel. Lorsque nous nous superposons les 2 types de couches, elles se neutralisent mutuellement jusqu'au point où se crée un champ électrique qui exerce une répulsion et qui maintient les différentes charges (+ et -) dans leurs champs respectifs. Les atomes de bores et de phosphore ne sont pas mobiles et définissent les deux couches, contrairement aux atomes de silicium.

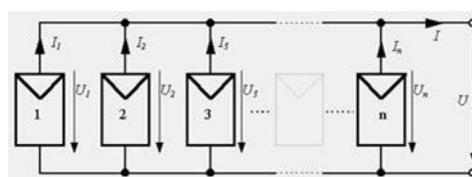
Lorsque les photons ayant suffisamment d'énergie sont absorbés par ce semi-conducteur, ils produisent la rupture d'une liaison de valence (liaison entre les électrons et l'atome) pour chacun des atomes de silicium, les atomes de silicium libèrent donc chacun un électron. C'est ce que l'on appelle l'effet voltaïque : c'est la différence de potentiel entre ces deux couches. Grâce au champ électrique de répulsion, cet électron ira inévitablement du côté négatif et les atomes de silicium ayant perdu un électron ( Si<sup>+</sup>) du côté positif. En reliant ces couches on obtient un mouvement des électrons qui passent d'une couche à l'autre et créent ainsi un courant électrique.

Après utilisation de ce courant électrique, les électrons « dépourvus d'énergie » se relient aux atomes de silicium ayant perdu un électron ( Si<sup>+</sup>).



**Remarque :** La cellule individuelle ne délivre environ qu'une tension de 0.5 Volt et ne produit qu'une très faible puissance électrique, typiquement de 1 à 3 W. Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module. Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant pour une même tension.

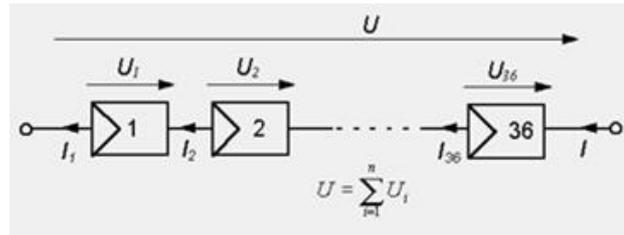
### Association en parallèle :



$$U = U_1 = U_2 = U_3 = U_n$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

## Association en série :



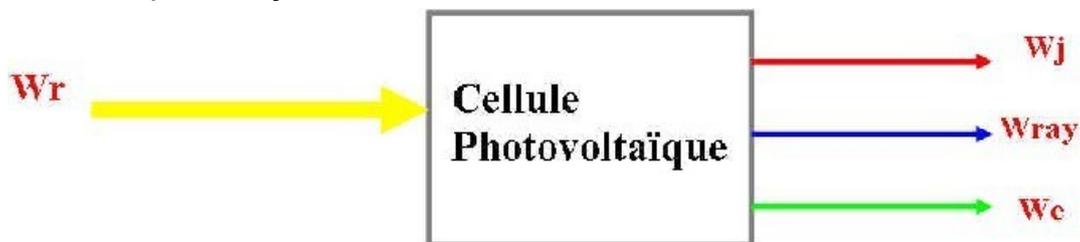
$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$I = I_1 = I_2 = I_n$$

## Efficacité / Rentabilité :

*L'énergie  $W$  s'exprime en Joules.*

- L'énergie reçue est l'énergie  $W_r$  émise par les rayonnement du soleil (les photons).
- L'énergie produite est l'énergie électrique  $W_e$ .
- Les rayons qui frappent la cellule photovoltaïque ne sont pas tous absorbés : il y a des pertes par réflexion sur la surface de la cellule. L'énergie  $W_{ray}$  est l'énergie issue des pertes par rayonnement.
- L'énergie  $W_j$  perdue par effet Joule est dû à l'échauffement de la cellule sous l'influence du rayonnement qu'elle reçoit.



Le rendement  $n$  caractéristique d'une photopile est donc le rapport de l'énergie électrique fournie sur l'énergie des rayons du soleil reçue :  $n = W_e/W_r$

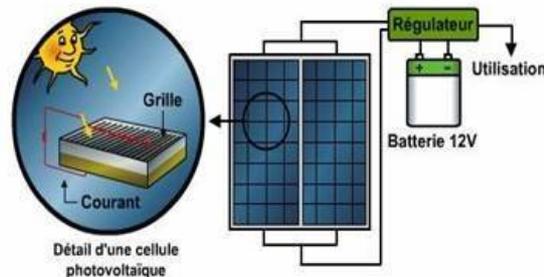
Le rendement dépend de :

- L'intensité de l'ensoleillement
- L'angle d'exposition au soleil : Une orientation plein sud perpendiculaire au soleil de midi est l'orientation idéale. A l'équateur, on a donc des panneaux horizontaux et dans nos pays tempérés, il est conseiller de les incliner avec un angle de 40 à 60° par rapport au sol.
- La puissance maximale du panneau solaire : Par convention internationale, on exprime la puissance optimale que peut fournir une cellule photovoltaïque en **Watt - crête (Wc)**. Cette puissance optimale est définie par un éclairement énergétique de 1 000 watts par mètre carré, une température de 25° C du semi-conducteur, des rayons solaires perpendiculaires à sa surface et une charge idéale.

En moyenne le rendement n'excède pas 15%

Il vient dans les conditions optimales :  $We = 0.15Wr$

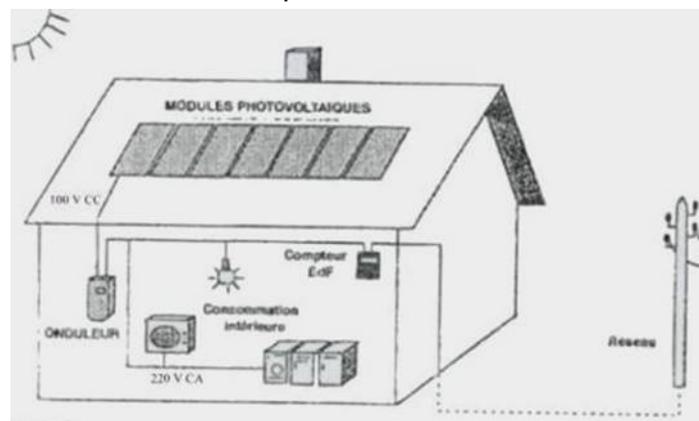
### Applications :



Cette électricité peut être pour un particulier :

-Soit stockée dans des batteries ce qui confère une autonomie (notamment pour les habitations non raccordés au réseau). Leur capacité de stockage correspond généralement à une consommation de 3 à 7 jours sans recharge, voire 10 jours pour les installations nécessitant une grande marge de sécurité. Un régulateur de charge - décharge protège la batterie contre les surcharges et décharges profondes et prolonge ainsi sa durée de vie.

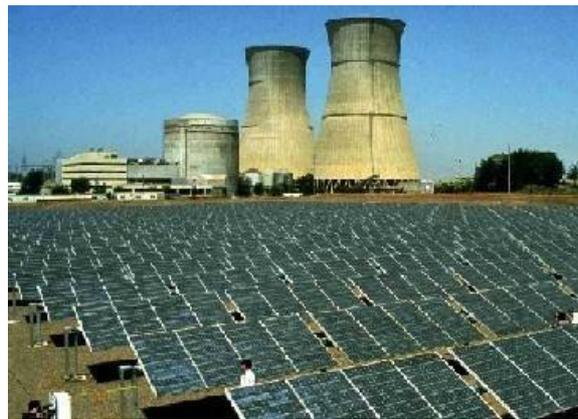
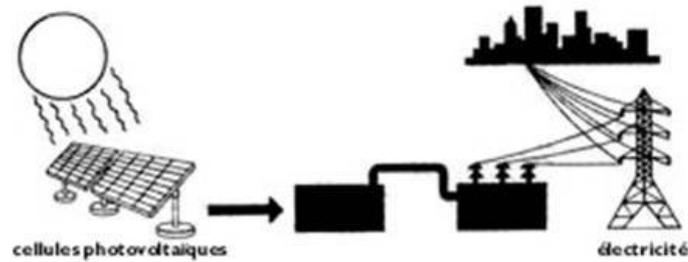
Si nécessaire, un onduleur transforme le courant continu produit par le générateur photovoltaïque en courant alternatif adapté aux normes industrielles.



- Soit dans le cas d'un générateur relié à un réseau, l'énergie captée est simplement convertie en courant alternatif et injectée dans le réseau 220 Volts. Dans ce cas, lorsque la production excède la consommation propre, le compteur tourne à l'envers : l'électricité est alors revendue au même prix qu'elle est achetée : "comptage réversible". Dans certains pays comme l'Allemagne par exemple, des villes encouragent la production d'électricité solaire en achetant cette électricité propre à des tarifs avantageux, rendant l'investissement d'autant plus rentable.

Quelques grandes centrales photovoltaïques existent depuis les années 1980 : sur une grande surface, plusieurs modules photovoltaïques sont tout simplement associés. Un

dispositif de conditionnement transforme le courant continu en courant alternatif et un transformateur ajuste la tension pour que la centrale soit couplée au réseau général de distribution de l'électricité.



Ainsi la centrale de Rancho Seco près de Sacramento en Californie atteint 100 MégaWatts crête (MWc) de puissance installée.



L'héliostat est amélioration du panneau solaire, en effet celui-ci possède les mêmes caractéristiques qu'un panneau normal avec en plus la capacité de pouvoir suivre le déplacement du soleil. Ce déplacement est rendu possible grâce à des moteurs qui entraînent l'axe soutenant le panneau photovoltaïque. Pour augmenter le rendement des panneaux solaires il existe en plus des champs d'héliostats.

## Avantages et Inconvénients :

### Avantages :

- Énergie propre et silencieuse.
- Énergie gratuite.
- Énergie disponible toujours et partout.
- Grande longévité des modules photovoltaïques (30 ans).
- Peu d'entretien de l'installation.
- Énergie rentable pour les sites isolés.
- Autonomie possible avec des batteries.
- Possibilité de revendre l'électricité produite.
- Le générateur équipant une habitation peut être financé en partie par des fonds publics.

### Inconvénients :

- Installation à prévoir au plus près de la maison.
- Énergie disponible surtout l'été et devant être complétée.
- Limites de charge et de décharge pour des batteries : de 30% à 80% pour une durée de vie de 7 à 10 ans.
- Recyclage des batteries
- Intégration des panneaux solaires dans le paysage.