

# LE PRINCIPE DES PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES

ABDENNEBI Enis, LE GOAS Romain, LELLOUCHE Léo, ZAROURI Inès / L1 - Promo 2020 - EFREI



# SOMMAIRE

*Introduction.* p. 1

## **I - Histoire et contexte.**

- a. Qui est le concepteur. p. 1
- b. Le principe. p. 1

## **II - Le fonctionnement des panneaux solaires photovoltaïques.**

- a. La fabrication et composition . p. 1
- b. Production d'électricité. p. 2
- c. Stockage de l'énergie. p. 3
- d. Performances. p. 3

## **III - les panneaux solaires de demain, les différentes recherches en cours**

- a. Utilisations principales. p.3
- b. Utilisations secondaires: les transports. p. 4

*Conclusion.* p. 4

L'énergie solaire est une énergie qui est dite renouvelable. Elle utilise l'énergie provenant des rayons du soleil afin de créer de l'électricité. Elle permet souvent de fournir une quantité d'énergie suffisante pour alimenter des foyers ou d'autres installations. Ici nous étudierons, de la fabrication à l'utilisation, le principe des panneaux solaires.

## **I - L'histoire et le contexte.**

### **a. Qui est le concepteur du photovoltaïque?**

Antoine César Becquerel, physicien français, instaure en 1839 l'effet photovoltaïque. Il découvre, après de nombreuses recherches, que certains matériaux ont la capacité de produire de petites quantités d'électricité lorsqu'ils sont exposés à la lumière. Albert Einstein effectue également des recherches sur ces matériaux. En 1905, ce dernier publie ses recherches concernant le potentiel de production d'électricité à partir de la lumière du soleil. Il reprend donc l'effet photovoltaïque qui permettra ensuite la création des panneaux photovoltaïques. En 1913, William Coblentz pose le premier brevet pour la création d'une cellule solaire, en revanche il ne pourra jamais la faire fonctionner. La première production d'électricité à partir de l'effet solaire photovoltaïque se fait 3 ans après, en 1916, par Robert Millikan.

Pendant les quarante années suivantes, il y a peu de progrès en énergie solaire car les cellules photovoltaïques ont un trop mauvais rendement pour transformer la lumière du soleil en énergie.

### **b. Le principe.**

Le solaire photovoltaïque sert à produire de l'électricité à partir de l'énergie lumineuse, provenant donc principalement du soleil. Cette énergie est dite "renouvelable" puisqu'elle serait inépuisable au cours du temps. Cependant, les matériaux qui composent ce système pourraient eux, provoquer une pollution plus importante. L'efficacité des panneaux photovoltaïques reste donc controversée.

A la différence des autres énergies renouvelables, l'énergie solaire est disponible partout sur la terre. La France reçoit en moyenne chaque jour 3kWh par mètre carré d'énergie solaire même si les déserts les plus ensoleillés en recueillent 7kWh.

## **II - Le fonctionnement des panneaux solaires photovoltaïques.**

### **a. Fabrication et composition**

Les panneaux solaires photovoltaïques sont principalement composés de silicium qui est un semi-conducteur extrait de la silice, matériau contenu dans le sable. Ce matériau est introduit à 1500 °C dans un four afin d'être fondu et purifié pour former un pain de silice pur. Le pain est ensuite coupé en petites plaques de 200 à 350 micromètres d'épaisseur à l'aide d'une scie à fil. Ici, des wafers de silicium sont obtenus. Les wafers, ou plaquettes de silicium, sont ensuite introduites dans un réacteur de croissance, qui dope ces dernières d'impuretés tel que des atomes de bore et des atomes de phosphore.

Puis, une couche conductrice est appliquée sur les deux faces de la plaquette. Cette couche conductrice représente la cathode (+) pour la face supérieure et l'anode (-) pour la face inférieure. Les fils électriques y sont ensuite reliés.

On obtient donc une cellule photovoltaïque. Chaque cellule a la capacité de fournir une puissance d'environ trois à quatre volts et d'un ampère.

Pour obtenir une tension plus conventionnelle, par exemple 220V en France, chaque cellule est reliée en série à une soixantaine d'autres afin de former un panneau. La tension augmente, mais cela entraîne un désavantage. En effet, si une cellule ne fonctionne pas, lorsqu'une ombre est présente sur la cellule par exemple, c'est le panneau qui ne fonctionne pas. Pour finir, on protège le panneau avec une couche anti-reflet, puis plusieurs panneaux sont reliés afin d'augmenter l'ampérage, c'est à dire l'augmentation d'effets de choc électrique.

## b. Production d'électricité

L'énergie solaire est transformée en énergie électrique par différents acteurs. Tout d'abord, les panneaux photovoltaïques qui reçoivent l'énergie. Ensuite, l'onduleur transforme l'énergie électrique continue en énergie électrique alternative. Puis dans certains cas des batteries qui alimentent l'objet lors des journées de mauvais temps ou durant la nuit. Parallèlement, le régulateur s'occupe de la charge des batteries.

Intéressons nous plus particulièrement au fonctionnement des panneaux solaires photovoltaïques. Ces panneaux sont constitués de semi-conducteurs, matériaux permettant de générer un courant électrique. En ajoutant des impuretés à un semi-conducteur, on crée un dopage.

Il existe deux sortes de dopages:

- Le dopage N qui provient d'un excédent d'électrons en dessous de la bande de conduction  
Exemple : atomes de phosphore (5 e-) dans semi-conducteur au silicium (4 e-).
- Le dopage P qui représente un déficit ou une absence en électrons, au dessus de la bande de valence. Une présence de trous peut être comblée par un électron, ce qui formera un trou à un autre endroit. On peut ici parler de particule positive mobile.  
Exemple : atomes de bore (3 e-) dans semi-conducteur au silicium (4 e-).

Au sein de la bande de conduction (couche N), les charges mobiles sont les électrons. Au sein de la bande de valence (couche P), les porteurs de charges mobiles sont les trous. En liant ces deux couches dopées N ou P, on obtient une jonction PN.

Dès lors, à proximité de cette jonction, les trous et les électrons peuvent se recombiner. Certains électrons peuvent migrer de la couche N vers la couche P et certains trous peuvent migrer de la couche P vers la couche N. Cela entraîne une perte d'électrons au sein de la couche N qui n'est donc plus neutre au niveau de la jonction PN et possède alors un excès de charges positives. De même, la couche P n'est plus neutre au niveau de la jonction car elle possède un excès de charges négatives. On obtient alors une différence de potentiel au niveau de la jonction, et donc un champ électrique.

Lorsque la cellule photovoltaïque est exposée à la lumière, les photons (quantum d'énergie associé aux ondes électromagnétiques) ont tendance à arracher les électrons des atomes en laissant des trous à la place. Les électrons et les trous formés vont donc se recombiner pour revenir à leurs positions initiales.

En revanche, lorsque le phénomène se produit au voisinage de la jonction, le champ électrique a tendance à séparer les trous et les électrons.

Les électrons sont repoussés vers la couche N, et les trous vers la couche P. Ils ont alors de grandes difficultés à se recombiner.

Il est alors plus "facile" pour les électrons de la couche N de rejoindre les trous de la couche P en passant par un circuit extérieur, créant ainsi un photo-courant.

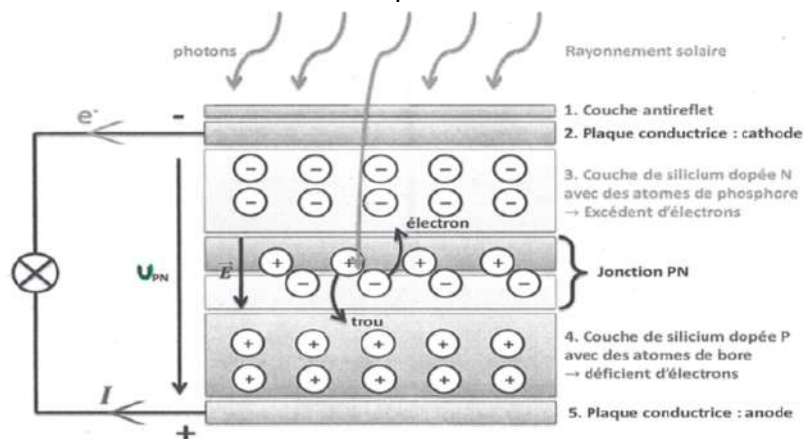


Schéma général de fonctionnement d'un panneau photovoltaïque

### c. Le stockage de l'énergie

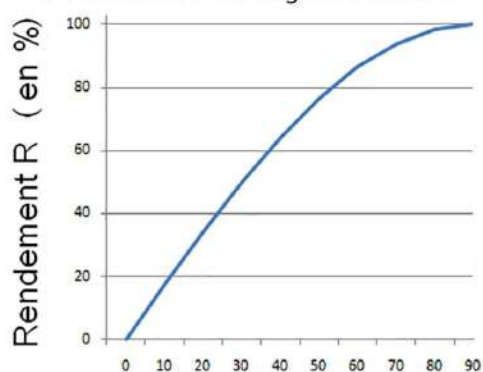
Aujourd'hui, en France, il est encore peu intéressant, au point de vue écologique et financier, de stocker son énergie solaire puisqu'EDF par exemple achète l'énergie des particuliers produite environ deux fois le prix auquel il la vend. Leur utilisation n'est tout de même pas totalement à proscrire. En effet, cela peut être très utile dans certaines zones isolées non raccordées au réseau électrique. Pour ces cas isolés, il existe des entreprises comme *Sonnenbatterie* en Allemagne qui proposent ce type de batterie pour 5900 euros avec une durée de vie de plus de vingt ans. Grâce à ces batteries, il est possible aux utilisateurs de connaître en temps réel leur consommation, et d'avoir des estimations quotidiennement en fonction de la météo. Le stockage des énergies solaires reste donc controversé. Tout dépend du lieu et des alternatives présentes dans les pays, comme EDF en France.

### d. Performances

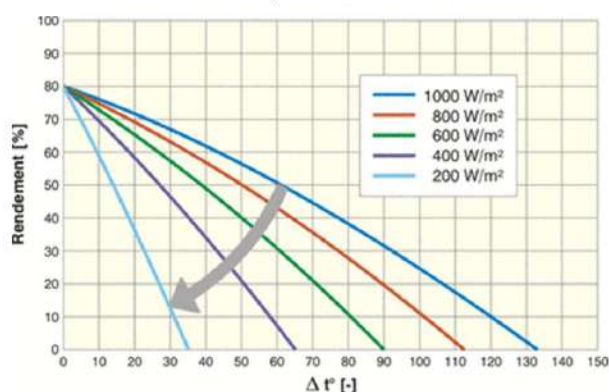
Les différents facteurs qui influent sur le rendement d'un panneau solaire sont :

- L'intensité de l'ensoleillement
- L'angle d'incidence des rayons sur le panneau (idéalement 90°)
- La température

Rendement d'une cellule photovoltaïque en fonction de son angle d'incidence



Rendement d'une cellule photovoltaïque en fonction de la température et de l'ensoleillement



## III - Les panneaux solaires de demain, les différentes recherches en cours

### a. Utilisation principale.

Les panneaux solaires peuvent être utilisés dans tous les domaines afin de produire de l'électricité. En revanche, sur le toit d'un immeuble ou d'une maison, l'énergie est consommée instantanément sur le lieu de production ou injectée dans le réseau électrique. Cette source d'énergie peut aussi être couplée à des batteries permettant d'alimenter des lieux non raccordés aux réseaux électriques (chalet isolé, camping-car, satellites) ou des systèmes dont la consommation est fixe (éclairage public, panneaux de signalisation) ou peu variable (horodateur).



Eclairage public



Chalet isolé



Horodateur

Source : <http://urlz.fr/2EJQ>

## b. Utilisation secondaire: Les transports.

Au départ, notamment dans les années 1960 lors la course à l'espace, les panneaux photovoltaïques étaient principalement utilisés par les satellites. L'énergie solaire y est adaptée car c'est une source d'énergie constante pour les satellites en orbite. L'industrie spatiale fut un acteur principal dans le développement des panneaux solaires.

**Avions et bateaux solaires** : Couplée à des batteries, l'énergie solaire est une bonne piste dans le domaine maritime et l'aviation. En effet, en 2010, un bateau baptisé *Planet Solar* a réussi l'exploit de faire le tour du monde (60 000km en un an et demi) uniquement grâce à ses 537m<sup>2</sup> de panneaux solaires. Bien que cela soit difficilement applicable dans la vie de tous les jours (uniquement six cabines, vitesse très lente... ), cela donne de l'espoir pour de futures améliorations de la technologie solaire permettant d'intégrer cette dernière aux futurs bateaux solaires grand public. De plus, en 2015, un avion baptisé *Solar Impulse* a lui aussi réussi l'exploit de faire un tour du monde uniquement grâce à de l'énergie solaire. Il a pour cela parcouru 35 000km en seulement onze étapes d'une à cinq jours. Cet avion n'est absolument pas applicable pour le grand public (une seule place pour le pilote et très peu de chauffage), mais on peut espérer que, dans les années à venir, il puisse y avoir de petits avions solaires destinés aux vols intérieurs.

**Automobile** : L'entreprise Bouygues a commercialisé un revêtement routier fonctionnant à l'énergie solaire. Ces routes étaient couvertes de panneaux *Watt Way*, posés directement sur la route. Cette technologie a été testée à trois endroits: Grenoble, Chambéry et dans les Yvelines, en région parisienne. Des voies d'accès aux parkings ont également été revêtues de panneaux (20m<sup>2</sup> de dalles), ce qui pourrait approvisionner un foyer en chauffage pendant un an. Une des solutions envisagées aux problèmes d'autonomies des véhicules électriques, serait de positionner des panneaux solaires sur le toit des véhicules. Malheureusement, à l'état actuel du progrès, les panneaux solaires représentent un coût trop onéreux et ne sont pas assez performants pour augmenter significativement l'autonomie de ce type de véhicule. L'autonomie est un problème sur de longues distances, sur les autoroutes par exemple. Or à une vitesse de 120km/h, une voiture électrique consomme environ 30kW/h. Dans de bonnes conditions d'ensoleillement, des panneaux solaires pourraient au mieux produire 1,5kW/h. Soit une autonomie accrue de seulement 5%. Aujourd'hui, il n'est donc pas encore rentable d'installer des panneaux solaires sur le toits des voitures.

Les panneaux solaires représentent donc un enjeu majeur quant à l'énergie du XXIème siècle. Beaucoup d'études sont établies sur ces technologies mais le rapport qualité prix reste un problème pour les consommateurs. La question d'une énergie renouvelable utilisant des matériaux polluants est aussi un problème. En revanche, cette énergie possède beaucoup de ressources, que de nombreux pays pourront exploiter.



## BIBLIOGRAPHIE :

Comment fonctionne l'énergie solaire / l'effet photovoltaïque :

[http://ww2.ac-poitiers.fr/electrotechnique/IMG/pdf/energie\\_solaire\\_photovoltaique.pdf](http://ww2.ac-poitiers.fr/electrotechnique/IMG/pdf/energie_solaire_photovoltaique.pdf)

<https://www.youtube.com/watch?v=5euylgfKl5k>

<https://www.youtube.com/watch?v=vSmEbsDeMhY&noredirect=1>

<https://www.youtube.com/watch?v=23i- v tWTA>

<http://www.cythelia.fr/images/file/L-electricite-photovoltaique.pdf>

<https://www.youtube.com/watch?v=-T3ld4dysb0>

[http://www.prepa-cpe.fr/documents/Les\\_cellules\\_photovoltaiques.pdf](http://www.prepa-cpe.fr/documents/Les_cellules_photovoltaiques.pdf)

Liens avec l'électricité:

[http://www.cythelia.fr/images/file/Syst%C3%A8mes%20PV\\_Polytech\\_Alain%20Ricaud\\_Oct-11.pdf](http://www.cythelia.fr/images/file/Syst%C3%A8mes%20PV_Polytech_Alain%20Ricaud_Oct-11.pdf)

Structure spécifiques des panneaux photovoltaïques :

[http://www.photovoltaique.info/IMG/pdf/Synthese\\_Onduleur\\_version\\_lite.pdf](http://www.photovoltaique.info/IMG/pdf/Synthese_Onduleur_version_lite.pdf)

[http://www.cythelia.fr/images/file/Convertisseurs\\_photovoltaiques-Alain-Ricaud\\_Sept%202011-Master%20ENSMP.pdf](http://www.cythelia.fr/images/file/Convertisseurs_photovoltaiques-Alain-Ricaud_Sept%202011-Master%20ENSMP.pdf)

Stockage energie solaire :

[http://www.lepoint.fr/sciences-nature/des-batteries-pour-enfin-stocker-l-energie-solaire-06-03-2015-1910787\\_1924.php](http://www.lepoint.fr/sciences-nature/des-batteries-pour-enfin-stocker-l-energie-solaire-06-03-2015-1910787_1924.php)

D'où vient le Silicium ?

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Silice>

Fabrication de cellule photovoltaïque :

<http://www.hallou-solaire.com/usermedia/document-634234564258437500-2.pdf>

[http://www.yinglisolar.com/fr/solar-basics/#panel\\_section](http://www.yinglisolar.com/fr/solar-basics/#panel_section)

Pollution lié à la fabrication des panneaux solaires :

[http://www.ademe-poitou-charentes.fr/sites/default/files/files/Domaines%20d'intervention/Energies%20et%20matières%20renouvelables/Solaire-photovolta+»que\\_PV\\_Fab\\_Envf\\_final.pdf](http://www.ademe-poitou-charentes.fr/sites/default/files/files/Domaines%20d'intervention/Energies%20et%20matières%20renouvelables/Solaire-photovolta+»que_PV_Fab_Envf_final.pdf)