

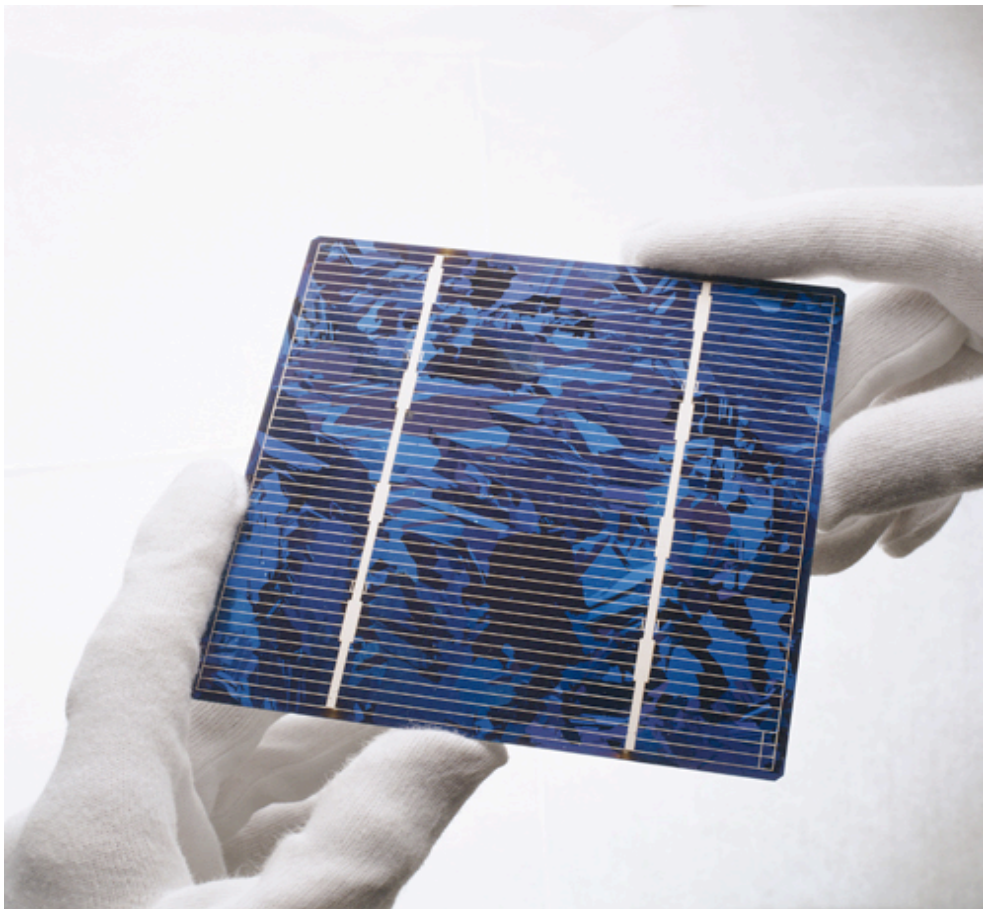
MORNAY Thomas Sup D
VERNAY Alexis Sup D
VOLLE Marion Sup D

Classes préparatoires CPE
Institution des Chartreux
Année 2004-2005

Professeur accompagnateur : M. Dietschy
Groupe n°33

A l'intention de M. BOIS et des membres du jury.

Les cellules photovoltaïques.



1/ Historique : Découverte de l'effet photovoltaïque.

En 1839, Antoine-César Becquerel constate les effets électriques que produisent les rayons solaires dans une pile.

En 1905, Einstein découvre que l'énergie de ces quanta de lumière est proportionnelle à la fréquence de l'onde électromagnétique.

L'utilisation des cellules solaires débute dans les années quarante. Le domaine spatial a besoin d'une énergie sans combustible embarqué. La recherche s'intensifie sur le photovoltaïque.

En 1954 est créée par les laboratoires BELL la première cellule photovoltaïque avec un rendement de 4%.

Le spatial devient le banc d'essai de la technologie photovoltaïque. Les coûts de fabrication élevés des cellules et leurs rendements médiocres ne leur permettent pas encore une exploitation à grande échelle. Il faudra attendre les années 70 pour que les gouvernements et les industriels investissent dans la technologie photovoltaïque.

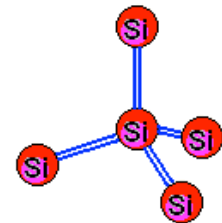
2/Principe de fonctionnement d'une cellule.

Les matériaux semi-conducteurs :

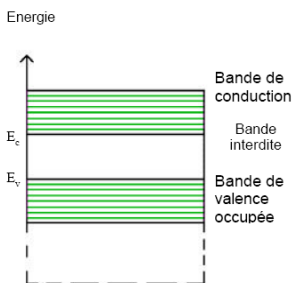
Les matériaux semi-conducteurs sont des corps dont la résistivité est intermédiaire entre celle des conducteurs et celle des isolants.

Les quatre électrons de valence du silicium permettent de former quatre liaisons covalentes avec un atome voisin.

Dans ce cas, tous les électrons sont utilisés et aucun n'est disponible pour créer un courant électrique.



Les semi-conducteurs intrinsèques :



Les électrons situés sur la couche la plus éloignée du noyau, qui participent aux liaisons covalentes peuvent, sous l'effet de l'agitation thermique, devenir porteur de charge.

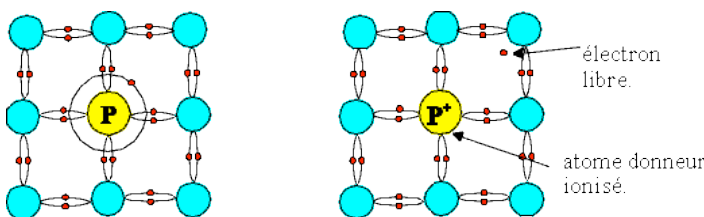
Le diagramme énergétique est constitué de deux bandes (conduction et valence) séparé par une bande interdite. Pour franchir cette bande l'électron doit acquérir de l'énergie (thermique, photon, ...)

Mais le nombre d'électrons libres dans un semi-conducteur intrinsèque reste très faible. Ici le nombre de trou et d'électron est égal.

Les semi-conducteurs extrinsèques :

Pour augmenter la conductivité des semi-conducteurs on y introduit des impuretés. Ce procédé est appelé dopage.

Dopage de type N :



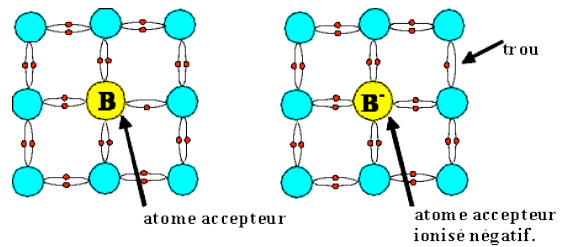
On remplace un atome de silicium par un atome pentavalent. Quatre d'entre eux assurent les liaisons avec les atomes voisins de silicium et le cinquième resté disponible va être excité vers la bande de

conduction très facilement par l'agitation thermique. D'où le nombre d'électron libre qui va fortement augmenter : dans ce cas le nombre de trou est très inférieur au nombre d'électron libre. On obtient ainsi un cristal dopé N (négatif).

Dopage de type P :

De la même façon on introduit des atomes trivalents, ses trois électrons vont assurer les liaisons covalentes avec trois atomes voisins mais laisser un trou au quatrième. Ce trou se déplace de proche en proche dans le cristal pour créer un courant.

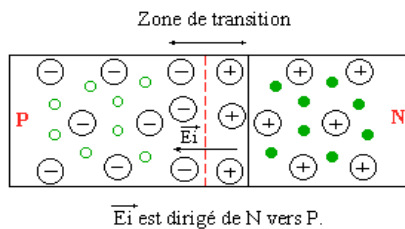
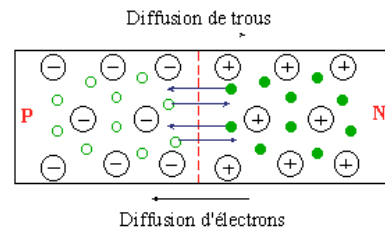
Ici le nombre de trous est très supérieur au nombre d'électrons libres du cristal intrinsèque, on obtient donc un cristal dopé P (positif), les impuretés utilisées sont souvent du Bore.



La jonction PN :

Une jonction PN est l'accolement d'une région dopée P et d'une région dopée N.

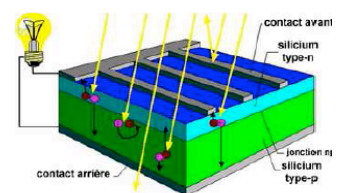
Lors de cet assemblage les porteurs de charges libres s'attirent et se recombinent dans la zone de jonction où les porteurs libres disparaissent : c'est la zone de transition.



Il ne reste donc plus que les ions dans cette zone qui vont créer un champ électrique interne au niveau de la jonction et qui empêche les charges libres restantes dans chaque zone de traverser la jonction pour se recombiner.

L'effet photovoltaïque

Lorsqu'un matériau est exposé à la lumière du soleil, les photons constituant la lumière « attaquent » les atomes exposés au rayonnement. Les électrons des couches électroniques supérieures, appelés aussi électrons de valence ont tendance à être arrachés. Dans les cellules PV, une partie des électrons ne revient pas à son état initial et les électrons « arrachés » créent une tension électrique continue et faible.



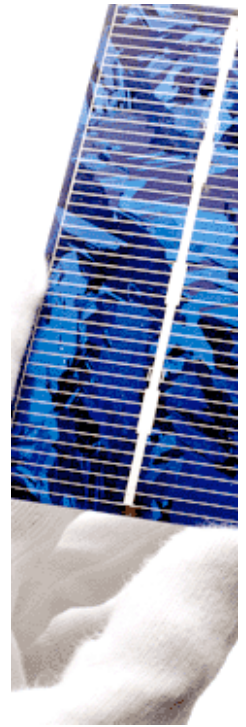
Association de cellules.

Lorsque l'on associe en série des cellules leur tension s'ajoute, lorsque l'on associe en parallèle des cellules leur courant s'ajoute. Il faut savoir que lorsque l'une des cellules est affectée d'une gêne (ombre..), tout le fonctionnement est perturbé.

La tension générée par une cellule est limitée à la valeur du gap de son matériau. On associe les cellules afin de pouvoir délivrer des tensions de 12V, 24 V, 48V.

3/Type de cellules.

- Les cellules mono-cristallines :
 - La première génération de photopiles ;
 - Un taux de rendement excellent (12-16%) (23% en Laboratoire) ;
 - Une méthode de fabrication laborieuse et difficile, donc très chère ;
 - Il faut une grande quantité d'énergie pour obtenir du cristal pur. ;
- Les cellules poly-cristallines
 - Coût de production moins élevé ;
 - Procédé nécessitant moins d'énergie ;
 - Rendement 11-13% (18% en Labo) ;
- Les cellules amorphes (cellules de calculatrices par exemple)
 - Coût de production bien plus bas ;
 - Rendement plus bas : 8-10% (13% en labo) ;
 - Durée de vie plus faible ;



C'est le silicium amorphe que l'on trouve le plus souvent dans les produits de consommation comme les calculatrices, les montres etc.... Toutefois, ils réagissent mieux à des températures élevées ou à une lumière diffuse.

De plus, les cellules mono et poly-cristallines sont les types de cellules les plus répandues sur le marché du photovoltaïque (environ 60% de la production).

- Les cellules nanocristallines
 - Une des dernières générations de photopiles ;
 - Fonctionnent selon un principe qui différencie les fonctions d'absorption de la lumière et de séparation des charges électriques ;
 - Rendement global de 10,4 %, confirmé par des mesures au laboratoire ;
 - Procédé et coût de production encore plus bas.

4/Performances.

Caractéristiques d'un panneau

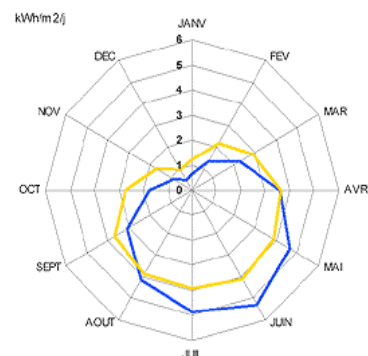
- Performances.

Le rendement d'une cellule PV est le rapport entre l'énergie électrique aux bornes de la cellule et l'énergie incidente (en %). Il dépend essentiellement de la puissance maximale du panneau solaire, de l'intensité de l'ensoleillement, du nombre d'heures d'exposition, de l'angle d'incidence des rayons sur le panneau et de la température.

La température extérieure influence le rendement du panneau d'environ 15% ; plus il fait froid et mieux on pourra produire.

Le paramètre qui joue le plus est l'angle d'incidence des rayons lumineux : ils doivent arriver perpendiculairement au panneau.

Schéma : Etude de l'ensoleillement et choix du meilleur angle d'inclinaison



5/Utilisation

Les panneaux solaires sont utilisés pour alimenter en électricité des sites isolés et difficiles d'accès, par exemple des régions montagneuses. Dans ces cas, il est intéressant d'installer des panneaux solaires car ceux-ci ne demandent que très peu, voir aucun entretien.

Les installations qui peuvent être raccordées au réseau sont composées de modules solaires, constitués eux même de cellules photovoltaïques. Ces générateurs transforment directement l'énergie solaire en courant continu. Dans le cas des DOM, on ajoute à l'installation un accumulateur qui permet de stocker l'énergie, ce qui peut être intéressant dans ces régions où le réseau public a parfois des difficultés à alimenter les systèmes (intempéries, cyclones...).

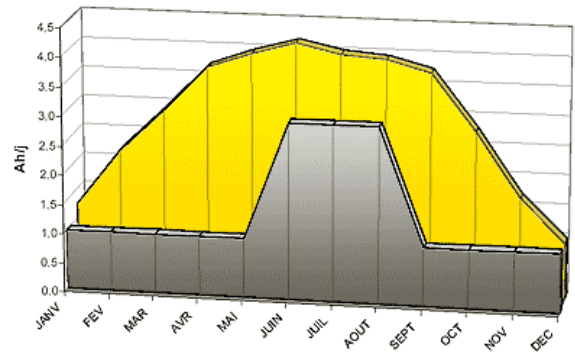


Schéma : Estimation de la production en fonction du générateur optimal.

Etude du dimensionnement solaire.

L'énergie fournie par les panneaux solaires est directement proportionnelle à l'ensoleillement. Afin d'optimiser au mieux l'installation il faut donc tenir compte de ce facteur et du lieu de l'installation.

Les particuliers qui veulent raccorder leur installation au réseau EDF ont deux possibilités : utiliser ce qu'il produit et revendre le reste ou vendre la totalité de la production et acheter l'électricité dont ils ont besoin. La plupart des installations sont garanties 25 ans contre une baisse de rendement de 10%. C'est une des seules choses que les entreprises peuvent garantir car la durée de vie d'un panneau solaire est à ce jour encore inconnue.

Les panneaux solaires sont également utilisés pour des applications mobiles (camping-car, bateaux, ...)

6/Conclusion

Le PV est en plein essor, elle permet beaucoup d'avantages pour les systèmes isolés. Le rendement a beaucoup augmenté depuis les débuts du PV. Mais aujourd'hui, les chercheurs se tournent davantage vers l'amélioration de la durée de vie des panneaux. Malgré tout, elle ne s'est pas encore imposée comme l'énergie du futur.

7/Bibliographie

- <http://photovoltaïque.com/> : solargie
- <http://www.inti.be/ecotopie/solvolt.html> : Extraits du guide des Energies Renouvelables.
- <http://www.ademe.fr> :
- <http://www.ciele.org/filieres/solairephotovoltaïque.htm> : Centre d'information sur l'énergie et l'environnement.
- <http://www.hespul.org/pvtoitsol.html> :
- <http://www.total-energie.fr>
- <http://perso.wanadoo.fr/f5zv/RADIO/RM/RM23/RM23e/RM23e03.html>
- <http://www.solarcomlyon.com>
- **Contacts** : Entreprise Solarcom 8 chemin de Saint-Gobain – 69190 Saint-Fons