



Sciences et technologies

de l'Industrie et du développement durable

Spécialité : Energie et Environnement

Installation photovoltaïque autonome

Document ressource

Les composants d'un système photovoltaïque

Remarque préliminaire : Deux types de capteurs solaires existent pour récupérer de l'énergie :

- Les panneaux photovoltaïques qui convertissent le rayonnement lumineux en électricité.
- Les panneaux solaires thermiques qui produisent de l'énergie thermique en faisant chauffer de l'eau (chauffe-eau solaire) ou de l'air.

Notre étude porte sur les panneaux photovoltaïques.

Les composants d'un système photovoltaïque dépendent de l'application considérée : habitation isolée ou proximité d'un réseau, utilisation de batterie ou « au fil du soleil », convertisseurs de puissance.

Les composants les plus courants dans un système photovoltaïque sont :

- Les cellules solaires.
- Les régulateurs de charge.
- Les batteries.
- Les convertisseurs.
- Autres composants.

1. Les cellules solaires

Le matériau le plus répandu dans les cellules solaires est le silicium. Les cellules solaires les plus courantes sont :

Les cellules monocristallines



Lors du refroidissement, le silicium fondu se solidifie en ne formant qu'un seul cristal de grande dimension. On découpe ensuite le cristal en fines tranches qui donneront les cellules. Ces cellules sont en général d'un bleu uniforme.

- Avantage :
 - bon rendement, de 14% à 16%.
 - bon ratio Wc/m^2 ($\sim 150 Wc/m^2$) ce qui permet un gain de place si nécessaire.
 - nombre de fabricants élevé.
- Inconvénients :
 - coût élevé.

Les cellules multicristallines

Pendant le refroidissement du silicium dans une lingotière, il se forme plusieurs cristaux. La cellule photovoltaïque est d'aspect bleuté, mais pas uniforme, on distingue des motifs créés par les différents cristaux.

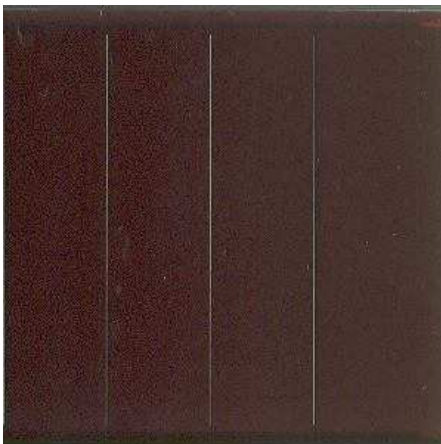


- Avantage :
 - cellule carrée (à coins arrondis dans le cas du Si monocristallin) permettant un meilleur foisonnement dans un module.
 - bon rendement de conversion, environ 100 Wc/m^2 (voire plus), mais cependant un peu moins bon que pour le monocristallin.
 - lingot moins cher à produire que le monocristallin.
- Inconvénient :
 - rendement faible sous un faible éclairage.

Polycristallin ou multicristallin ? On parlera ici de silicium multicristallin (réf. IEC TS 61836, vocabulaire international photovoltaïque). Le terme polycristallin est utilisé pour les couches déposées sur un substrat (petits grains).

Les cellules amorphes

Le silicium lors de sa transformation, produit un gaz, qui est projeté sur une feuille de verre. La cellule est gris très foncé. C'est la cellule des calculatrices et des montres dites « solaires ».



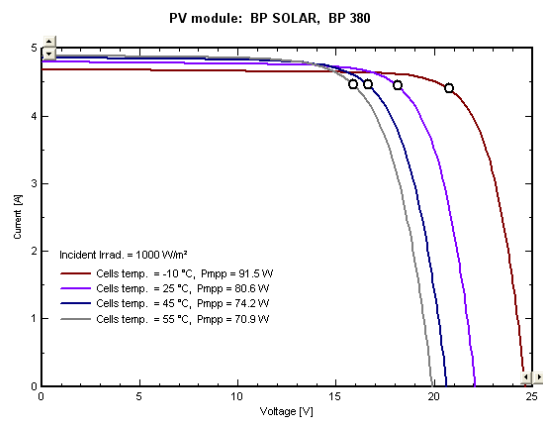
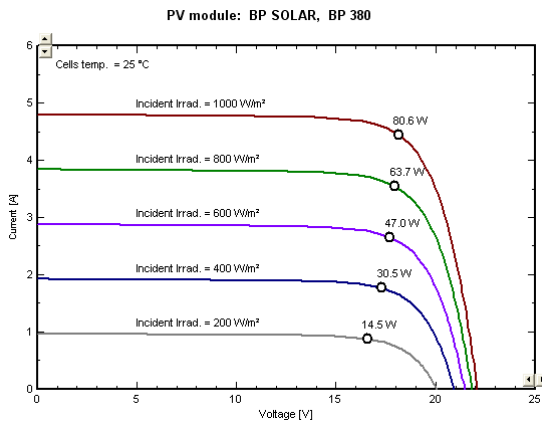
- Avantage :
 - fonctionne avec un éclairage faible ou diffus (même par temps couvert, y compris sous éclairage artificiel de 20 à 3000 lux).
 - un peu moins chère que les autres techniques.
 - intégration sur supports souples ou rigides.
- Inconvénients :
 - rendement faible en plein soleil, de 5% à 7%,
 - nécessité de couvrir des surfaces plus importantes que lors de l'utilisation de silicium cristallin (ratio Wc/m^2 plus faible, environ 60 Wc/m^2).
 - performances qui diminuent avec le temps dans les premiers temps d'exposition à la lumière naturelle (3-6 mois), pour se stabiliser ensuite (-10 à 20% selon la structure de la jonction).

Caractéristique courant-tension

Les courbes $I=f(V)$ montrent l'influence de l'éclairement énergétique en W/m^2 et de la température de fonctionnement.

On définit les grandeurs caractéristiques du module qui dépendent des conditions climatiques:

- La tension de circuit ouvert U_{oc}
- L'intensité de court-circuit I_{sc} qui peut se mesurer en plaçant un ampèremètre aux bornes du module. La mise en court-circuit du module ne provoque pas de dommage car l'intensité est proche du courant nominal de fonctionnement.



Association de cellules

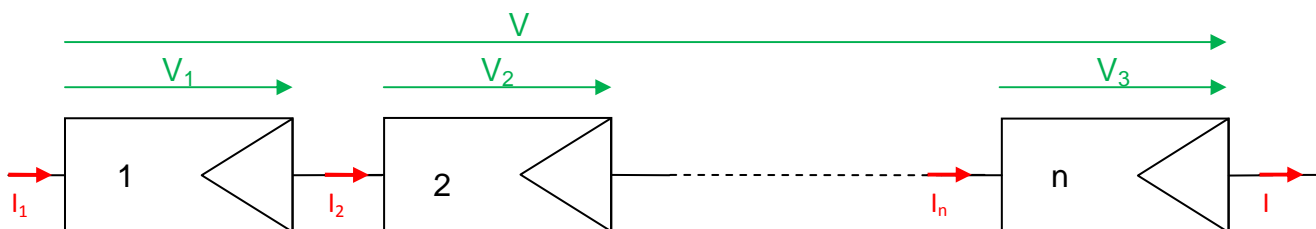
Dans les conditions standard STC (1000W/m², 25°C, AM1.5), la puissance maximale pour une cellule au silicium de 10 cm² serait d'environ 1.25 W. La cellule photovoltaïque élémentaire constitue donc un générateur électrique de très faible puissance insuffisant pour la plupart des applications domestiques ou industrielles. Les générateurs photovoltaïques sont, de ce fait, réalisés par association, en série et/ou en parallèle d'un grand nombre de cellules élémentaires. Ces groupements sont appelés modules ou panneaux.

Cette association doit être réalisée en respectant des critères précis, en raison des déséquilibres existant dans un réseau de cellules en fonctionnement. En effet, bien que choisies théoriquement identiques, les nombreuses cellules qui constituent le générateur présentent des caractéristiques différentes du fait des dispersions de construction inévitables, mais aussi d'un éclairement et d'une température non uniformes sur l'ensemble du réseau.

Les connexions 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.

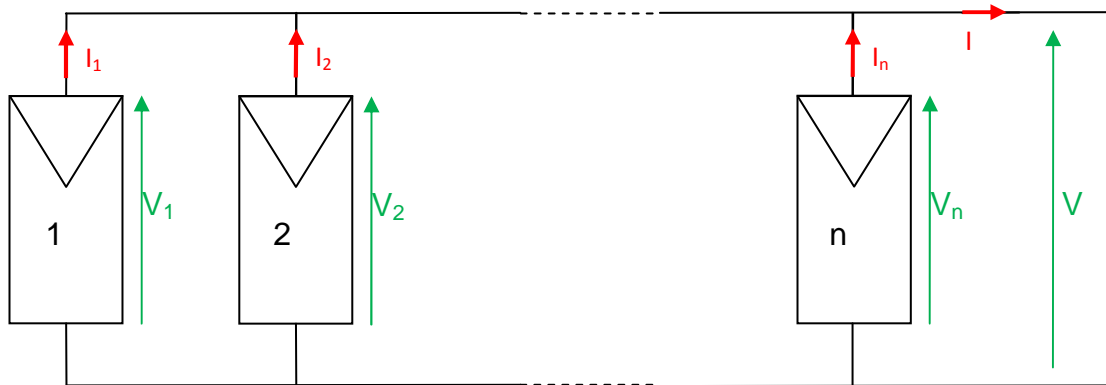
Mise en série

Dans un groupement en série, les cellules sont traversées par le même courant et la caractéristique résultante du groupement en série est obtenue par l'addition des tensions à courant donné.



Mise en parallèle

Dans un groupement de cellules connectées en parallèle, les cellules étant soumises à la même tension, les intensités s'additionnent : la caractéristique résultante est obtenue par addition des courants à tension donnée.



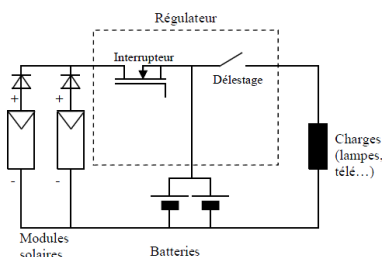
La plupart des modules commercialisés sont composés de 36 cellules en silicium cristallin, connectées en série pour des applications en 12 V.

2. Les régulateurs de charge

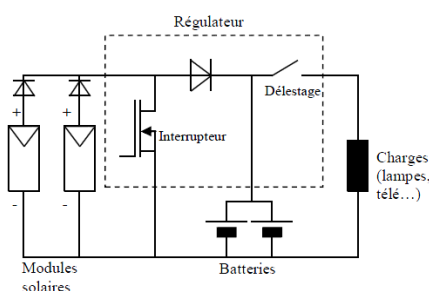
Plusieurs types de régulateurs peuvent être utilisés dans les systèmes photovoltaïques. Le régulateur contrôle les flux d'énergie. Il doit protéger la batterie contre les surcharges (solaires) et décharges profondes (utilisateur). Il doit assurer la surveillance et la sécurité de l'installation.

Les régulateurs de charge se caractérisent en trois groupes principaux :

- Les régulateurs série, qui incorporent un interrupteur entre le générateur et l'accumulateur pour arrêter la charge.



- Les régulateurs shunt, dont l'interrupteur court-circuite le générateur solaire en fin de charge.



- Les régulateurs à recherche de point de puissance maximum (MPPT ou Maximum Power Point Tracking), qui utilisent un circuit électronique spécial permettant de soutirer en permanence du champ de capteurs sa puissance maximale.

Note : Dans le TP, la simulation MPPT ne tient pas compte de la décharge et charge de la batterie.

3. Les batteries

Le stockage d'énergie dans les systèmes photovoltaïques autonomes est en général assuré par les batteries. Celles-ci sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des systèmes autonomes. Le stockage d'énergie représente 13 à 15% des investissements initiaux sur une durée d'exploitation de vingt ans.

Elles sont de type plomb-acide .

On utilisera des batteries dans le cas où la demande de puissance est décalée par rapport au soleil. Le choix du type de batterie se fait d'après une approximation de la puissance moyenne journalière et du temps de stockage nécessaire.

4. Les convertisseurs

Suivant l'application, on devra souvent utiliser un convertisseur pour adapter la puissance générée à la charge.

Il existe principalement les convertisseurs DC/DC qui fournissent à la charge une tension DC différente de la tension générée par les panneaux et les convertisseurs DC/AC qui produisent une tension alternative pour les charges correspondantes.

5. Les autres composants

Les derniers éléments indispensables au bon fonctionnement d'un système photovoltaïque autonome sont les protections contre la foudre, les disjoncteurs et les fusibles.

Comme les panneaux solaires sont des équipements généralement coûteux, ils doivent être protégés pour éviter toute dégradation. Les dangers sont multiples :

- Perturbations induites par les commutations des convertisseurs de puissance. Dans ce cas, on peut introduire des filtres de puissance pour éliminer les harmoniques.
- Fonctionnement en récepteur : les panneaux se détériorent rapidement quand ils absorbent de la puissance. On peut utiliser des diodes pour empêcher le courant de circuler dans le mauvais sens.
- Foudre.

Bibliographie:

- <http://sites-test.uclouvain.be/e-lee/FR/realisations/index.htm>
- Wikipédia
- These-PETIBON-final.pdf
- Centrales photovoltaïques, Guide pour le dimensionnement et la réalisation de projets, à l'usage des bureaux d'ingénieurs. Centrales photovoltaïques. Programme d'action PACER.
- Technique de l'ingénieur, <http://www.techniques-ingenieur.fr/>

Définitions

Cellule PV : Dispositif PV fondamental pouvant générer de l'électricité lorsqu'il est soumis à la lumière telle qu'un rayonnement solaire.

Module PV ou panneau solaire: Le plus petit ensemble de cellules solaires interconnectées complètement protégé contre l'environnement.

Chaîne PV: Circuit dans lequel des modules PV sont connectés en série afin de former des ensembles de façon à générer la tension de sortie spécifiée.

Groupe PV : Ensemble mécanique et électrique intégré de chaînes et autres composants pour constituer une unité de production d'énergie électrique en courant continu.

Générateur PV : Ensemble de groupe PV.

Installation PV : Ensemble de composants et matériels mis en œuvre dans l'installation PV.

Tension en circuit ouvert : Voc (stc) tension en conditions d'essai normalisées, aux bornes d'un module PV, d'une chaîne PV, d'un groupe PV non chargés (ouvert) ou aux bornes, partie courant continu, de l'équipement de conversion PV.

Courant de court-circuit : Isc (stc), courant de court-circuit d'un module, d'une chaîne ou d'un groupe PV en conditions d'essai normalisées.

Puissance crête installée (Wp) : Puissance que délivre un générateur photovoltaïque fonctionnant à sa puissance nominale STC (voir ce terme). Les installations photovoltaïques sont en général caractérisées par la somme des puissances STC des panneaux du champ.

Convertisseur/Onduleur : Appareil transformant le courant continu des cellules solaires en courant alternatif. Le convertisseur délivre la puissance du système photovoltaïque au Maximum Power Point.

Maximum Power Point : (abréviation. MPP) en Anglais, Point de Puissance Maximum. A ce point de la courbe I-U, la puissance maximale d'une cellule solaire peut être retirée. Ce point peut être trouvé et utilisé pour chaque fonctionnement grâce au MPP-Tracking.

Standard Test Conditions : [(abréviation. STC)] terme anglais pour Conditions Standards de Test. Mesure de la puissance nominale maximale d'un panneau solaire avec AM = 1,5 fois le spectre solaire, une température de cellule de 25°C et un rayonnement solaire de 1000 W/m².

Rendement d'un module : Rapport de la puissance maximale générée par rapport à l'irradiance reçue sur toute la surface du module.

Irradiance : C'est la puissance solaire rayonnée par unité de surface (W/m²).

Irradiation : C'est la quantité d'énergie solaire par unité de surface, exprimée en Wh/m².

Solarimètre : Permet de mesurer l'irradiance.