

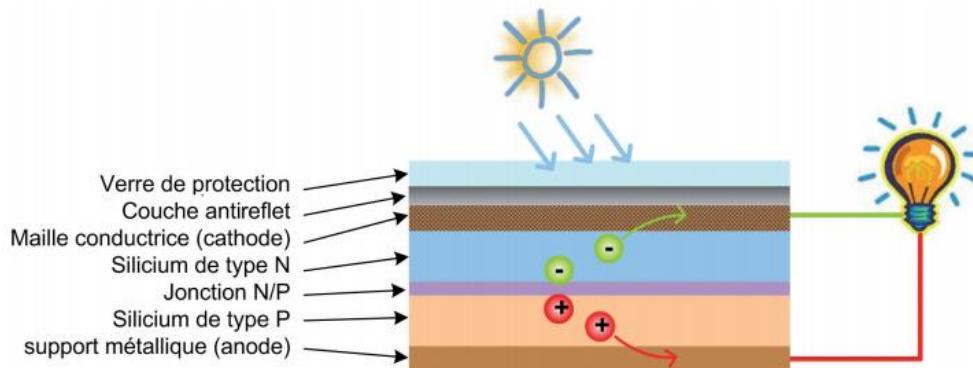


Un panneau solaire est constitué de cellules solaires.

1. Cellules solaires

1.1. Fonctionnement d'une cellule solaire

Une cellule est constituée d'un empilage de couches.



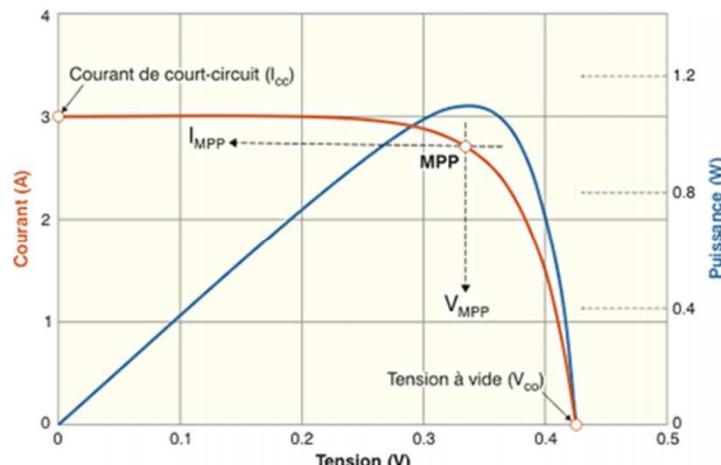
Les photons (particules de lumières) frappent la cellule, ils transfèrent leur énergie aux électrons du silicium. Le silicium est traité (dopé) de manière que tous les électrons se dirigent dans le même sens, vers la grille métallique du dessus, créant ainsi un courant électrique continu dont l'intensité est fonction de l'ensoleillement.

1.2. Caractéristique d'une cellule solaire

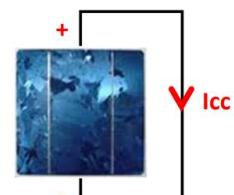
La caractéristique est illustrée par la courbe du courant en fonction de la tension ($I = f(V)$).

Sur la courbe, trois points sont importants :

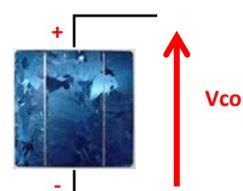
- Au point **MPP** (Maximum Power Point), la cellule délivre son maximum de puissance. Ce point est obtenu pour la tension V_{MPP} et le courant I_{MPP} .
 - La courbe de puissance (courbe bleue) atteint son maximum pour le point **MPP**.



- Le point I_{cc} (courant de court-circuit) est obtenu lorsque la cellule est en court-circuit (borne + reliée à la borne -). La tension à ses bornes est nulle. La puissance fournie est alors nulle ($P = U \times I$).



- Le point V_{co} (tension en circuit ouvert) est obtenu lorsque la cellule n'alimente rien (le courant délivré est nul). La puissance fournie est alors nulle ($P = U \times I$).





2. Panneaux solaires

Les panneaux solaires sont créés en assemblant en série ou en dérivation des cellules solaires. Cet assemblage permet de fournir une tension et un courant plus importants.

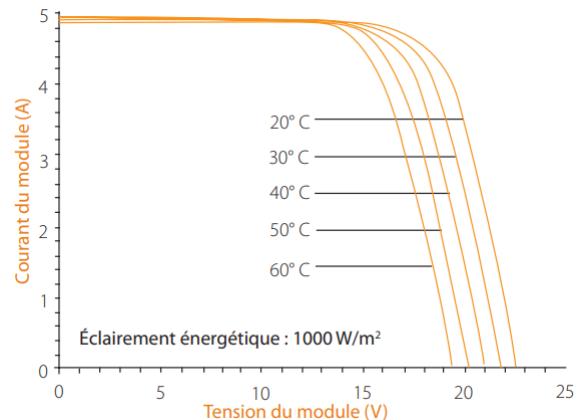
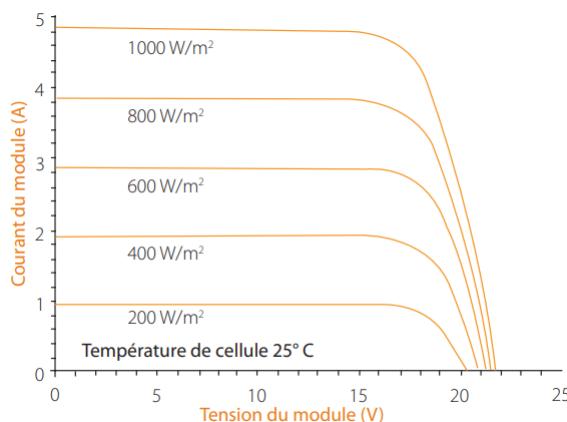
2.1. Conditions des caractéristiques des panneaux solaires

Les caractéristiques définies par les constructeurs sont obtenues dans les conditions de test standard (STC) suivantes :

- Température de jonction T_j : 25°C
- Irradiation ou éclairement E : 1 000 W/m².
 - Cela correspond approximativement à la puissance du rayonnement solaire à midi, par temps clair et sur une surface de 1 m² perpendiculaire à la direction du rayonnement solaire.
- Masse d'air AM : lorsque le soleil est à son zénith.
 - La masse d'air est la couche d'atmosphère que le rayonnement doit traverser.

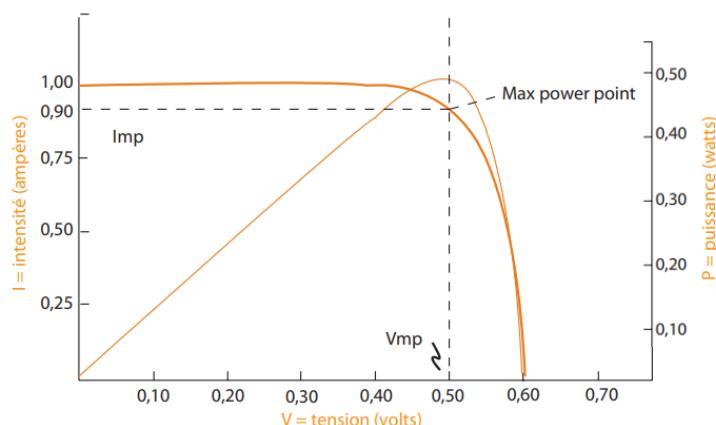
2.2. Caractéristique courant – tension

Une cellule génère du courant continu en fonction de la tension. La caractéristique $I = f(U)$ dépend principalement de deux paramètres : l'éclairement (E) et la température de la jonction de la cellule (T_j).



2.3. Puissance crête (P_c)

La puissance crête (P_c) désigne la puissance mesurée aux bornes d'une cellule photovoltaïque dans les conditions de test standard : $E = 1 000 \text{ W/m}^2$; $\text{AM} = 1,5$; $T_j = + 25^\circ\text{C}$. Il correspond au point **MPP** (Maximum Power Point). Il est le résultat du produit $P = U \times I$.





3. Technologies des panneaux solaires

Les principales technologies sont les suivantes.

3.1. Le silicium monocristallin

Les cellules sont fabriquées avec du silicium parfaitement cristallisé découpé dans des barres. C'est le matériau le plus répandu, et de plus il a l'avantage d'avoir un très bon rendement, entre 12 % et 20 %. L'inconvénient en est le prix, du fait d'un procédé de fabrication long et énergivore. Il est utilisé en extérieur pour les fortes et moyennes puissances (habitations, relais, télécommunications...).



3.2. Le silicium polycristallin

Les cellules de silicium polycristallin sont découpées dans des barres de silicium reconstitué ; les atomes ne sont pas tous cristallisés. Le rendement est moins bon, entre 11 % et 15 %. L'avantage de ces cellules par rapport à celles en silicium monocristallin réside dans leur prix, puisque leur fabrication, produisant peu de déchets, nécessite de 2 à 3 fois moins d'énergie et est plus rapide. Elles ont les mêmes applications que les cellules en silicium monocristallin.



3.3. Le silicium amorphe

Ce silicium est nettement moins puissant que les deux précédents, car les atomes sont disposés de manière désordonnée du fait que les cellules sont fabriquées par projection de silicium sur un autre matériau, comme du verre ou du plastique. Ce silicium en couche très mince répond néanmoins à de nombreux besoins liés à l'éclairage (extérieur ou intérieur). Son rendement est de 5 % à 9 %. Il est utilisé pour l'électronique, dans les calculettes par exemple.



Il existe d'autres matériaux. La plupart sont au stade de la recherche.

3.4. Comparatif des types de technologies des panneaux photovoltaïques

Type	Rendement cellule (en labo)	Module (en labo)	Module (commercial)	Niveau de développement
1^{re} génération				
Silicium monocristallin	24,70%	22,70%	12-20%	Production industrielle
Silicium polycristallin	20,30%	16,20%	11-15%	Production industrielle
2^e génération				
Silicium amorphe	13,40%	10,40%	5-9%	Production industrielle
Silicium cristallin en couche mince		9,40%	7%	Production industrielle
CIS	19,30%	13,50%	9-11 %	Production industrielle
CdTe	16,70%		6-9%	Prêt pour la production
3^e génération				
Cellule organique	5,70%			Au stade de la recherche
Cellule de Grätzel	11%	8,40%		Au stade de la recherche
Cellules multi-jonctions	39%*	25-30%**		Au stade de la recherche, production exclusivement pour applications spatiales

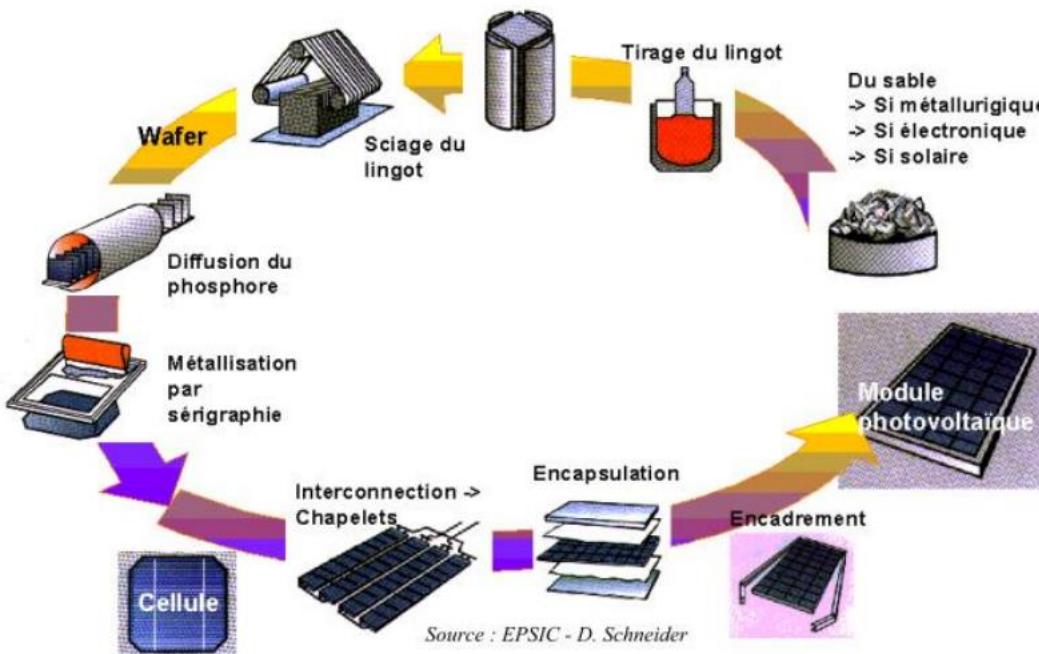
*sous concentration de 236 soleils

** Module triple jonction GaInP/AsGa/G/Ge



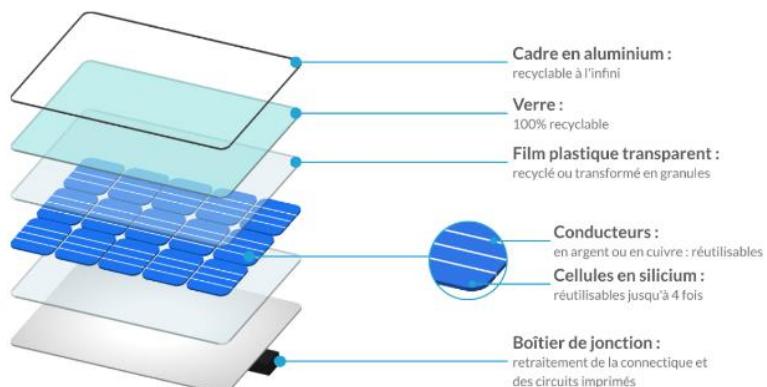
4. Fabrication

Les modules solaires industriels sont fabriqués avec du silicium. Les procédés de fabrication du silicium sont proches de ceux utilisés pour les technologies de composants électroniques numériques. Le cycle ci-dessous donne un aperçu des grandes étapes de la fabrication d'un module solaire.



5. Recyclage

L'avantage des panneaux solaires est que les matériaux qui les composent permettent un recyclage entre 85% et 95% selon les panneaux. Les panneaux solaires sont composés essentiellement de **verre** (75%), le reste étant de l'**aluminium**, du **plastique**, du **cuivre** et du **silicium**. Le silicium utilisé dans les panneaux (composant principal du **sable**, est l'élément le plus abondant dans la croûte terrestre après l'oxygène), pourra servir jusqu'à quatre fois dans les panneaux. La plupart des composants du panneau solaire peut ainsi être recyclée. Ce qui ne peut pas l'être reste la connectique.



L'éco-organisme **PV Cycle**, une organisation à but non lucratif, dont l'objectif est la structuration de la filière de recyclage des modules photovoltaïques prend en charge la fin de vie des panneaux solaires.

