



LE PHOTOVOLTAÏQUE.



1. DEFINITIONS

Energie Photovoltaïque : L'énergie solaire photovoltaïque est une forme d'énergie renouvelable permettant de produire de l'électricité par transformation d'une partie du rayonnement solaire.

Cellule Photovoltaïque : Dispositif photovoltaïque fondamental qui, exposé à la lumière (photons), génère de l'électricité. C'est l'effet photovoltaïque qui est à l'origine du phénomène. La cellule photovoltaïque génère un courant continu lorsqu'elle est exposée à la lumière.

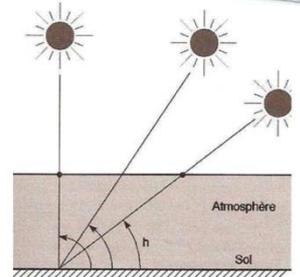


Panneau ou Module Photovoltaïque : Ensemble de cellules photovoltaïques interconnectées entre elles (généralement en série).

Lorsqu'on regroupe plusieurs panneaux sur un même site, on obtient un **champ photovoltaïque**.

Puissance lumineuse et éclairement

L'éclairage caractérise la puissance lumineuse reçue par unité de surface. Il s'exprime en W/m^2 . La grandeur associée à l'éclairage est notée G . Parfois, cette grandeur est aussi appelée irradiance.



Wc (Watt Crête) : La puissance crête est une donnée normative appliquée aux cellules et modules photovoltaïques. Elle correspond à la puissance que peut délivrer, par exemple le module, sous des conditions standards optimales d'ensoleillement ($1000 W/m^2$), de température ($25^\circ C$), et d'inclinaison (45°). Pour cette inclinaison, la masse d'air que doit traverser la lumière est 1,5 fois plus grande que la masse d'air minimale qu'elle traverse quand le soleil est à l'azimut (90°). Cette puissance crête permet notamment de comparer deux matériaux entre eux. Cependant, cette puissance est rarement atteinte car l'éclairage est souvent inférieur à $1000 W/m^2$ et la température des panneaux en plein soleil dépasse largement les $25^\circ C$.

Puissance

En pratique, la puissance d'un capteur installé sur un site varie en fonction de l'ensoleillement reçu par le capteur. Celui-ci qui dépend du jour, de l'heure, de la météo, des saisons, de la latitude du lieu, de la présence de nuages, de la présence de « masques naturels » (montagnes, arbres), de l'orientation du système, et de sa température, ... si bien que la puissance crête n'est jamais atteinte par le capteur.

2. Contexte

- Besoins énergétiques ne cessent d'augmenter
- Problème des combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon)
 - réserves limitées
 - problèmes environnementaux (effet de serre)
 - ⇒ énergies renouvelables
 - ⇒ énergie solaire
- Toutes les 40 min le soleil fournit l'énergie dont les hommes ont besoin en 1 an
 - ⇒ possibilité de mieux développer l'énergie solaire

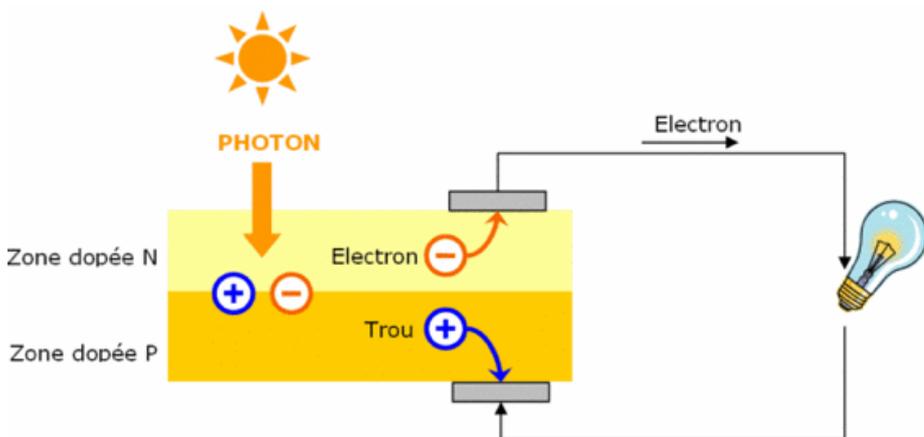
3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT : L'effet photovoltaïque

L'effet photovoltaïque correspond à l'apparition d'une différence de potentiel entre les deux côtés d'une jonction semi-conductrice P-N sous l'action d'une radiation lumineuse.

Le rayonnement provoque le déplacement d'électrons d'un conducteur à l'autre : une différence de potentiel apparaît alors aux deux bornes du dispositif, constituant ainsi une pile.



Au voisinage de la jonction, il se crée une zone où l'on ne trouve ni trous, ni électrons. La présence de porteurs de charges de signes opposés de part et d'autre de cette zone induit un champ électrique, donc une tension.



L'effet photovoltaïque est produit par absorption de photons dans un matériau semi-conducteur qui génère en réponse une tension électrique.

4. DIFFERENTES TECHNOLOGIES

Elles transforment une partie de l'énergie lumineuse, issue du Soleil par exemple, en énergie électrique

La proportion d'énergie transformée constitue le rendement de la cellule photovoltaïque.

Les rendements actuels, sont d'assez faibles valeurs.

Les différentes cellules se distinguent en fonction des technologies de silicium qu'elles utilisent :



Silicium monocristallin

Les cellules en silicium monocristallin représentent la première génération des générateurs photovoltaïques. Pour les fabriquer, on fond du silicium en forme de barreau. Lors d'un refroidissement lent et maîtrisé, le silicium 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.

Durée de vie : 20 à 30 ans. → couleur bleu uniforme

• avantages :

- _ bon rendement, de 12% à 18%
- _ bon ratio Wc/m² (environ 150 Wc/m²) ce qui permet un gain de place si nécessaire
- _ Nombre de fabricants élevé
- Longévité 20 à 30 ans

· Inconvénients :

- _ coût élevé
- _ Rendement faible sous un faible éclairement.
- perte de rendement avec l'élévation de la température.
- Prix élevé (méthode de production coûteuse)



Silicium polycristallin (multicristallin)

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.

· avantages :

- _ cellule carrée (à coins arrondis dans le cas du Si monocristallin) permettant un meilleur foisonnement dans un module
- _ coût de fabrication moins élevé qu'une cellule monocristalline

· inconvénient :

- _ moins bon rendement qu'une cellule monocristalline : 11 à 15%
- _ ratio Wc/m² moins bon que pour le monocristallin (environ 100 Wc/m²)
- _ rendement faible sous un faible éclairement.
- perte de rendement avec l'élévation de la température.

Ce sont les cellules les plus utilisées pour la production électrique (meilleur rapport qualité-prix). Durée de vie : 20 à 30 ans





Cellule amorphe

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".

· avantages :

- _ fonctionne avec un éclairage faible ou diffus (même par temps couvert)
- _ un peu moins chère que les autres technologies
- _ intégration sur supports souples ou rigides.
- Peu sensible aux températures élevées.
- Utilisables en panneaux souples.

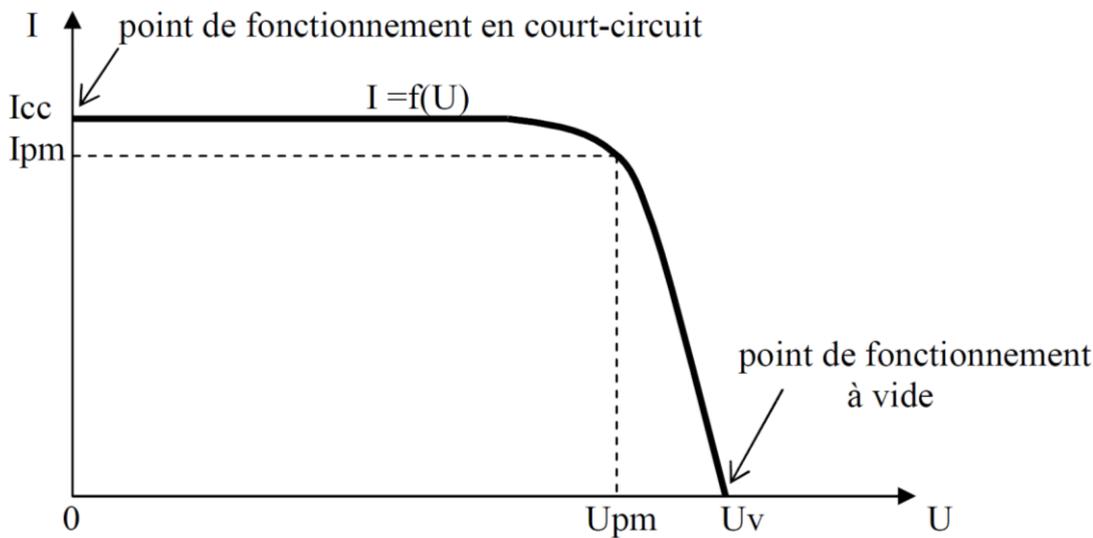
· Inconvénients :

- _ rendement faible en plein soleil, de 6% à 8%
- _ 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 (environ 7%).
- Prix faible

5. Caractéristiques électriques d'une cellule

1- Caractéristiques courant / tension

A température et éclairage fixés, la caractéristique courant / tension d'une cellule a l'allure suivante :



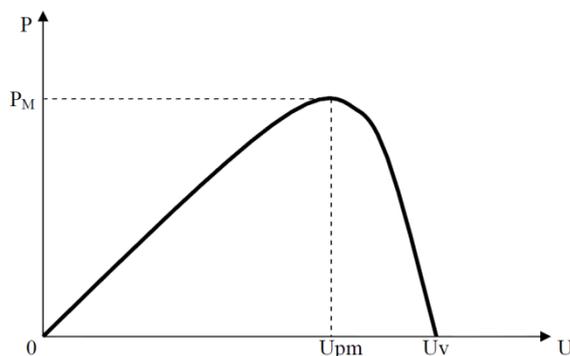
Sur cette courbe, on repère :

- ✚ le point de fonctionnement à vide : U_v pour $I = 0A$
- ✚ le point de fonctionnement en court-circuit : I_{cc} pour $U = 0V$

Pour une cellule monocristalline de $10 \times 10cm$, les valeurs caractéristiques sont : $I_{cc} = 3A$ et $U_v = 0,57V$ ($G = 1000W/m^2$ et $q = 25^\circ C$)

2- Caractéristiques puissance / tension

La puissance délivrée par la cellule a pour expression $P = U.I$. Pour chaque point de la courbe précédente, on peut calculer la puissance P et tracer la courbe $P = f(U)$. Cette courbe a l'allure suivante :



Cette courbe passe par un maximum de puissance (PM).

A cette puissance correspond, une tension U_{pm} et un courant I_{pm} que l'on peut aussi repérer sur la courbe $I = f(U)$.

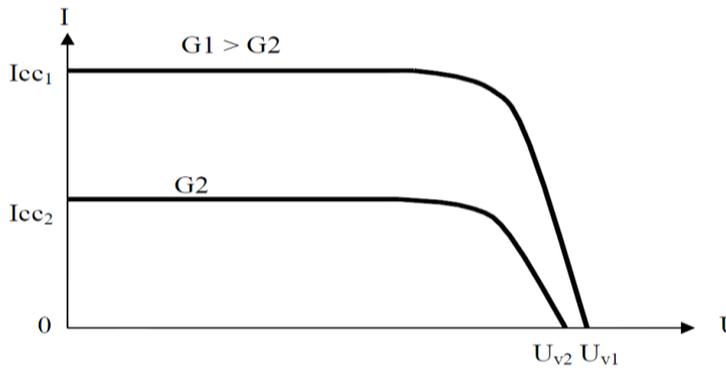
Pour une cellule monocristalline de $10 \times 10cm$, les valeurs caractéristiques sont :

$PM = 1,24W$, $U_{pm} = 0,45V$, $I_{pm} = 2,75A$ ($G = 1000W/m^2$ et $q = 25^\circ C$)



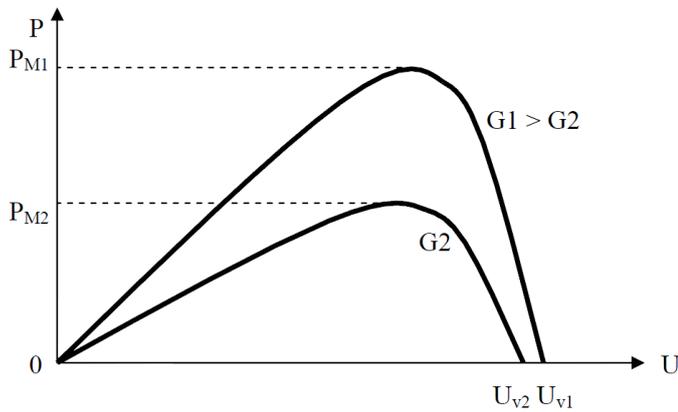
3- Influence de l'éclairement

A température constante, la caractéristique $I = f(U)$ dépend fortement de l'éclairement :



Sur cette courbe, on remarque que le courant de court-circuit augmente avec l'éclairement alors que la tension à vide varie peu.

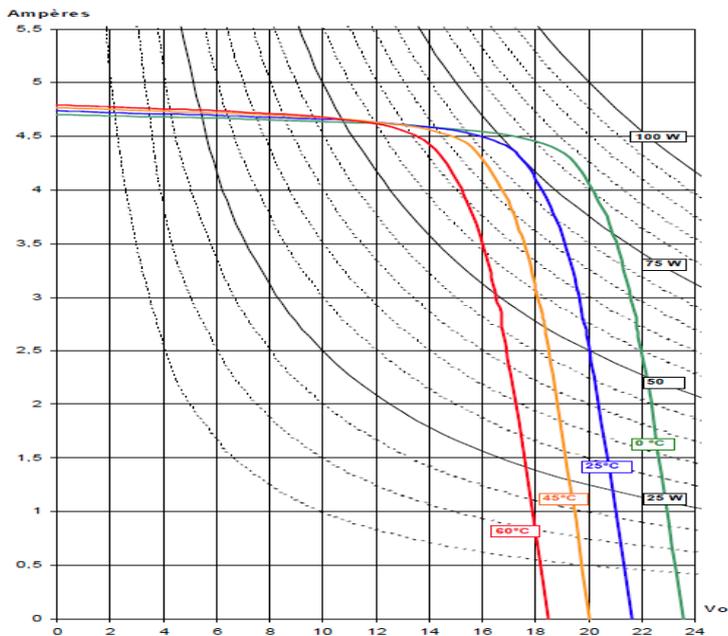
A partir de ces courbes, on peut tracer les courbes de puissance $P = f(U)$:



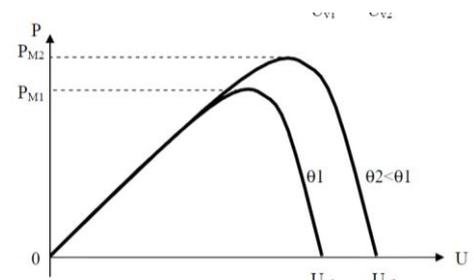
Sur ces courbes, on remarque que la puissance maximum délivrée par la cellule augmente avec l'éclairement.

4- Influence e la température

I=F(V) à E=1 kW/m², AM=1,5 en fonction de la température



Pour un éclairement fixé, les caractéristiques $I = f(U)$ et $P = f(U)$ varient avec la température de la cellule photovoltaïque :



Sur ces courbes, on remarque que la tension à vide et la puissance maximum diminuent lorsque la température augmente.

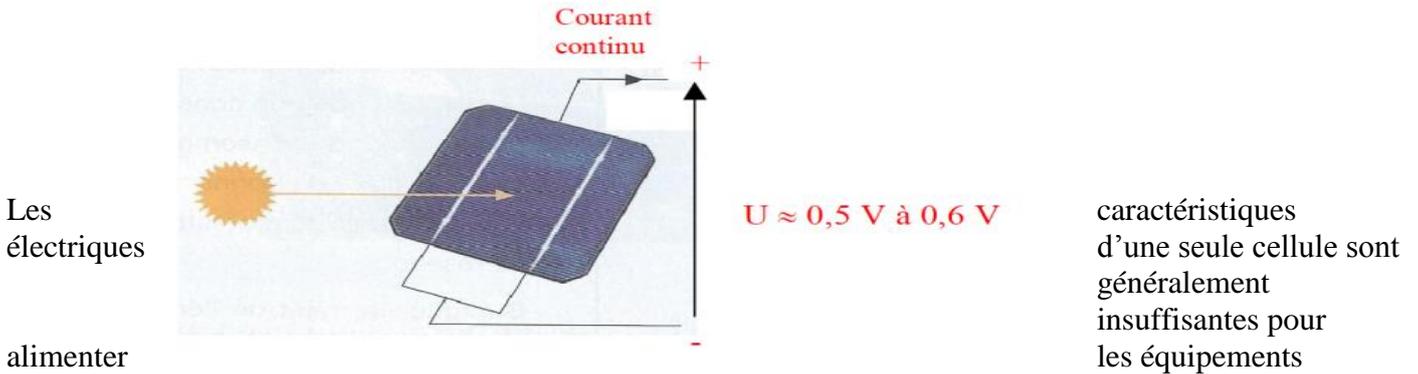
6. Encapsulation des cellules

Dans la fabrication d'un module photovoltaïque, l'encapsulation a pour but de regrouper les cellules en série ou en parallèle afin de permettre leur utilisation à des tensions et des courants pratiques tout en assurant leur isolation électrique et leur protection contre les facteurs extérieurs. Cette protection doit permettre une durée de vie des modules photovoltaïques supérieure ou égale à 20 ans. En pratique, l'encapsulation consiste à la mise en sandwich de l'ensemble constitué par les cellules et le matériau encapsulant (EVA) entre deux plaques de verre (procédé bi-verre) ou entre une plaque de verre et un ensemble constitué de couches minces de polymères (tedlar, mylar) et d'aluminium, c'est le procédé mono-verre.

1- Principe

La cellule photovoltaïque constitue l'élément de base des panneaux solaires photovoltaïques.

Il s'agit d'un dispositif semi-conducteur à base de silicium délivrant une tension de l'ordre de 0,5 à 0,6 V.



Les
électriques

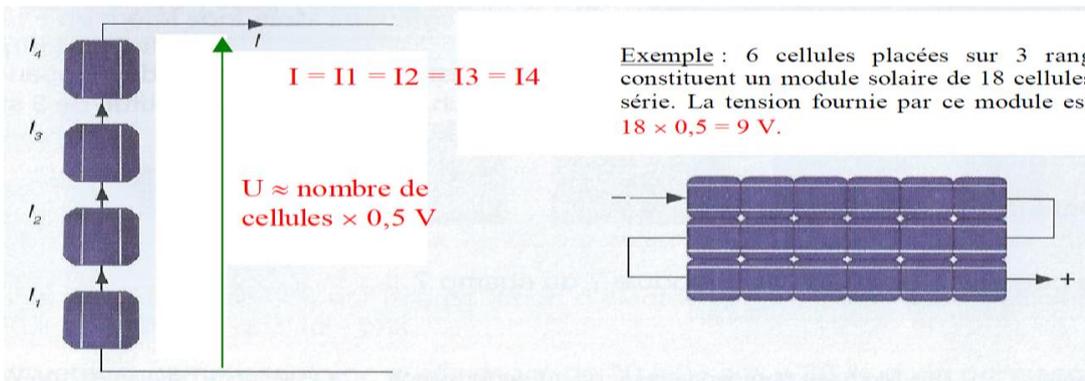
alimenter

électriques. Il faut associer les cellules en série pour obtenir une tension plus importante : le module solaire ou panneau photovoltaïque.

Association série.

Pour un groupement de n cellules montées en série la tension de sortie U_s a pour expression générale :

$U_s = n \cdot U_c$ avec U_c : tension fournie par une cellule. Pour ce groupement, le courant est commun à toutes les cellules.



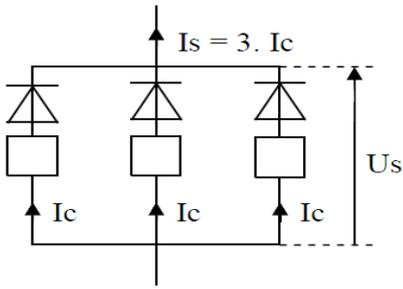
Mais pour faire fonctionner des appareils électriques, c'est l'intensité I du panneau, variant en fonction de l'ensoleillement, qui va déterminer l'énergie électrique.

Le **groupement en parallèle** permet d'augmenter le courant de sortie. Pour un groupement de n cellules montées en parallèle, le courant de sortie I_s a pour expression générale :

$$I_s = n \cdot I \text{ avec } I : \text{courant fourni par une cellule}$$

Pour ce groupement, la tension est commune à toutes les cellules.

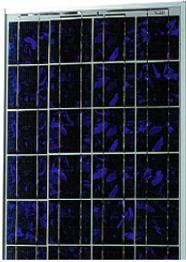
Exemple : groupement de 3 cellules en parallèle.



Pour éviter que les cellules ne débitent les unes sur les autres, on ajoute des diodes anti-retour.

2- Exemple pratique : Le panneau PW850 de Photowatt cellules séries.

PHOTOWATT PW850 - 12V MODULE PHOTOVOLTAÏQUE- JBox



APPLICATIONS
- Télécommunications
- Protection cathodique
- Pompage d'eau
- Signalisation
- Electrification rurale
- Applications résidentielles
- Bâtiments industriels

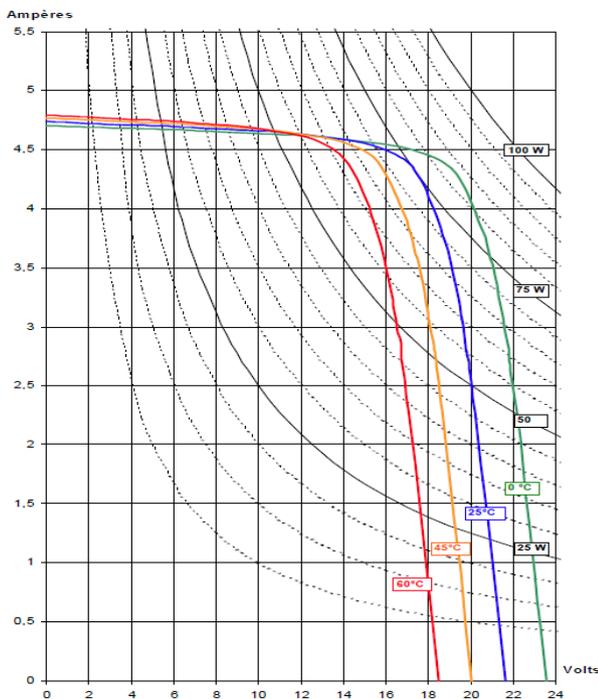
- 4x9 cellules multicristallines (125,50 x 125,50 mm)
- Garantie produit : 5 ans*
- Garantie puissance : 25 ans*
- Tolérance de puissance : +/- 5Wc
- Certificats qualité : ESTI (61215), ISO 9001...

1. Calculer la tension à vide du panneau.

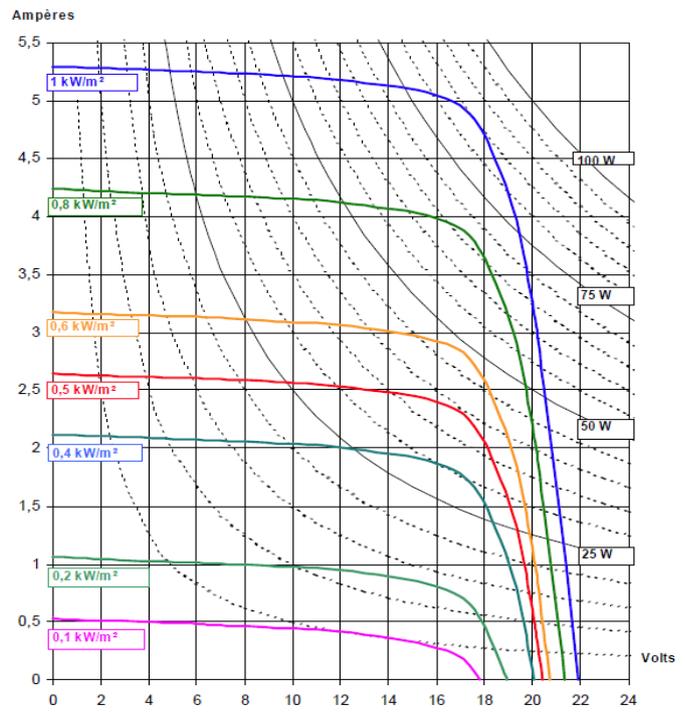


PW850 – CARACTERISTIQUES Ptyp : 75 Watts (12V)

I=F(V) à E=1 kW/m², AM=1,5 en fonction de la température



I=F(V) à T = 25°C en fonction de l'irradiance E (kW / m²), AM 1,5.



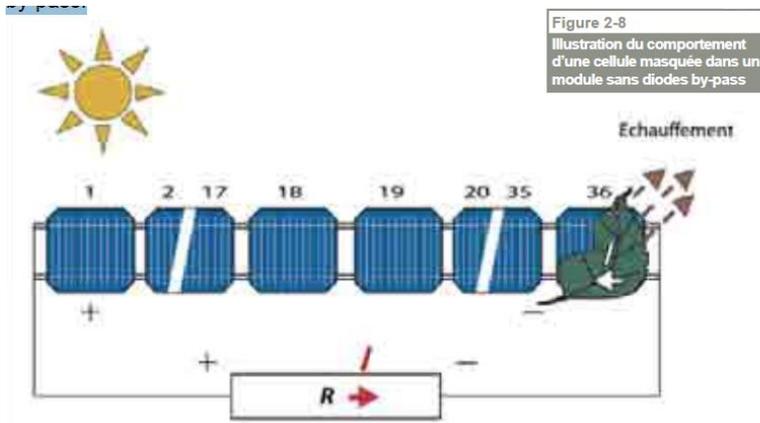
D12-P03-01 FR indice 0
Les caractéristiques des produits de ce document sont données à titre indicatif et n'ont pas de valeur contractuelle. Soucieuse de la qualité de ses produits, la société Photowatt se réserve la possibilité d'en modifier les caractéristiques sans préavis.

2. Pour une température de 60°C et une consommation de 3 A, donner la puissance du panneau solaire.
3. Pour une température de 0°C et une consommation de 3 A, donner la puissance du panneau solaire. Conclure.
4. Pour un éclairciment de 1KW/m² donner la puissance maxi du panneau.
5. Pour un éclairciment de 0.2KW/m² donner la puissance maxi du panneau.

7. Protections des cellules : diodes by-pass et diode anti-retour

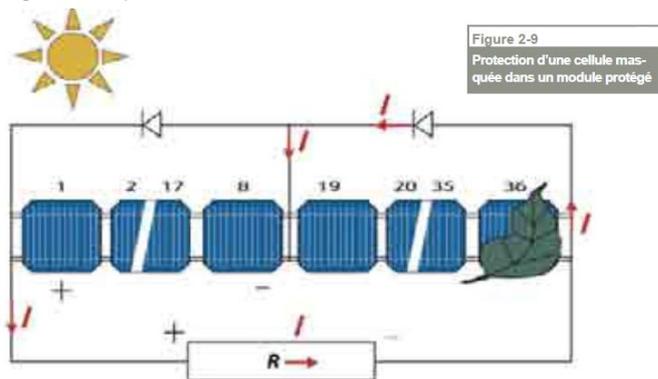
Deux types de protection sont généralement indispensables au bon fonctionnement d'un module photovoltaïque.

- La protection par diodes parallèles (ou by-pass) a pour but de protéger une série de cellules dans le cas d'un déséquilibre lié à la défectuosité d'une ou plusieurs des cellules de cette série ou d'un ombrage sur certaines cellules.
- La diode série placée entre le module et la batterie empêche pendant l'obscurité le retour de courant vers le module. Elle est dans ce cas appelée encore diode anti-retour.



Comme le montre la figure ci-après, quand une cellule des 36 d'un module est masquée, elle s'échauffe anormalement si le module n'est pas équipé de diodes by-pass.

Quand le module est équipé de diodes by-pass la cellule masquée est protégée contre l'échauffement comme le montre la figure ci-après :



8. Ensoleillement en France



Irradiation(en MJ/m² ou kWh/m²) énergie incidente sur un plan donné par unité de surface