



Rapport : les panneaux photovoltaïques

Génie Electrique . 2 année Cycle d'ingénieur

PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat
Développement durable
Prévention des risques
Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir

Encadré par :
Pr. LOKRITI

KERROU Abdessamad
LAMGHAIRBAT Yassine
ARAMMAZ Salim

Année Universitaire
2015-2016

Remerciement

*Nous avons l'honneur en marge de ce travail d'exprimer nos profondes gratitudes ainsi que toute nos reconnaissances à notre Professeurs **1. LOKRITI** pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression de notre travail, ses conseils judicieux, et pour tous les moyens qu'il a mis à notre disposition...*

On sait bien que ça n'a pas été du facile de nous enseigner; parfois dû à notre manque de base d'autre fois a notre surcharge, merci de ne pas avoir baissé les bras quand même; de nous avoir tant soutenu et encourager pour arriver au bout, que Dieu vous bénisse. Les mots restent incapables de tout exprimer, la langue une traître mais Dieu un grand benedicteur qu'il vous bénisse.

Enfin, que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la préparation de ce travail, trouve ici l'expression de notre profonde gratitude

SOMMAIRE

INTRODUCTION

4

GENERALITE

5

I L'histoire des sciences :

✓ Principes de l'énergie photovoltaïque 7

✓ Historique 8

✓ Les panneaux photovoltaïques et leurs technologies 10

✓ Comparaison des trois principales technologies de capteurs 11

II L'installation Electrique des panneaux :

✓ Généralités 13

✓ Circuit équivalent de la cellule 14

✓ Caractéristique courant-tension de la cellule 15

✓ Association des cellules en série 16

✓ Diodes « by-pass » 17

✓ Inclinaison et orientation des panneaux 18

✓ Le fonctionnement d'un système photovoltaïque en site isolé 19

✓ 10 POINTS IMPORTANTS 22

✓ Exemple d'installation électrique 23

III Avantages et Inconvénients :

24

Conclusion

28

LES ENERGIES RENOUVELABLES

Le vingtième siècle a mis en évidence un problème préoccupant : nous consommons actuellement, sans les reconstituer, les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) dont le stockage s'est effectuées durant des millions d'années. De plus, l'utilisation de ces ressources fossiles génère d'importantes quantités de dioxyde de carbone (CO₂), actuellement source d'inconvénients majeurs pour la planète. C'est donc la différence entre vitesses de formation et de consommation de ces ressources qu'il faut bien avoir à l'esprit : elle est la cause de l'augmentation rapide de la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, puis dans les mers.

Pour s'affranchir des énergies «fossiles», il faut se tourner vers le concept d'énergie « renouvelable ». Il s'agit de convertir au mieux l'énergie solaire, qui est le seul vrai réservoir inépuisable, car c'est bien le soleil qui est à l'origine de plusieurs types de phénomènes

INTRODUCTION

Pour une production personnelle, dans un secteur raccordé au réseau électrique, l'électricité photovoltaïque peut être une option intéressante.

LE CONTEXTE

Les installations solaires photovoltaïques au sol ont aujourd'hui atteint un stade de maturité technique. Leur implantation mobilise de l'espace (2 à 3 ha pour 1 MW). Il est donc indispensable que leur développement se réalise dans un souci de haute qualité environnementale et en respectant les règles d'occupation des sols. Les projets doivent favoriser la préservation du patrimoine naturel et du paysage et éviter les conflits d'usage des sols.

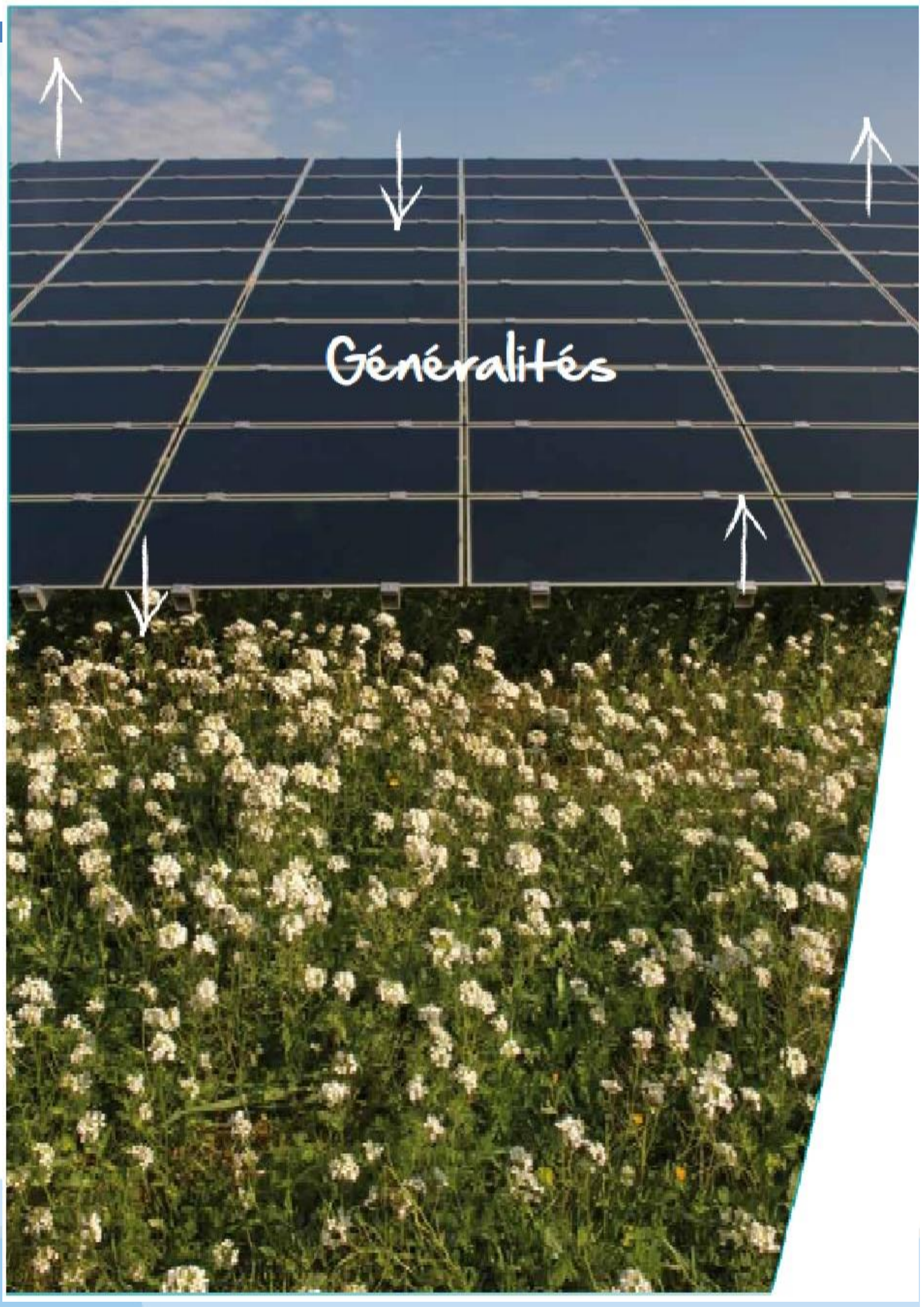
Afin d'organiser le développement des installations photovoltaïques au sol dans de bonnes conditions environnementales,

L'étymologie du mot « photovoltaïque » provient du grec “photos” = lumière, et de Volta = inventeur de la pile électrique.

POURQUOI CE RAPPORT ?

Ce rapport est donc le fruit de plus de deux décennies d'expériences liées à la formation des techniciens mais aussi à leur suivi lors de la réalisation des tâches d'installation et de maintenance.

Généralités





L'histoire des sciences : L'effet photovoltaïque



PRINCIPES DE L'ÉNERGIE PHOTOVOLTAÏQUE

→ L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

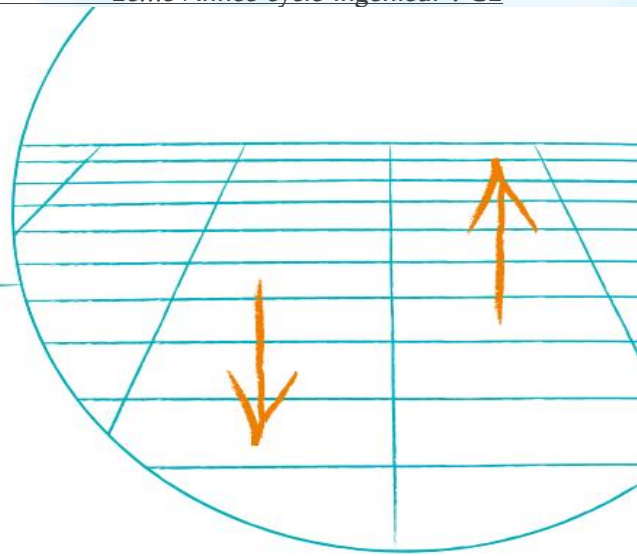
L'énergie solaire est utilisée essentiellement pour deux usages : la production de chaleur et la production d'électricité. Une installation solaire thermique permet de fournir de l'eau chaude pour l'usage domestique ou pour le chauffage.

Une installation solaire photovoltaïque produit de l'électricité pouvant être utilisée sur place ou réinjectée dans le réseau de distribution électrique. Les applications du photovoltaïque se répartissent en deux grandes catégories 2 selon qu'elles sont ou non raccordées à un réseau électrique. Les applications non raccordées à un réseau électrique couvrent quatre domaines distincts :

- les satellites artificiels ;
- les appareils portables (calculatrices, montres) ;
- les applications professionnelles (relais de télécommunications, balises maritimes ou aéroportuaires, signalisation routière, bornes de secours autoroutières, horodateurs de stationnement, etc.) ;
- l'électrification rurale des sites isolés.

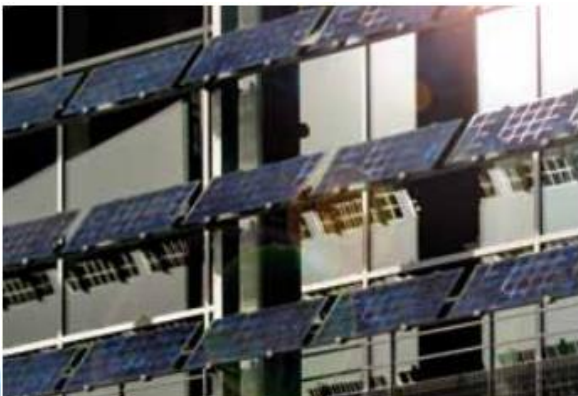
Les applications raccordées au réseau public de distribution d'électricité comprennent :

- les systèmes attachés à un bâtiment consommateur d'électricité, qu'il soit à usage résidentiel (maison individuelle, habitat collectif social ou privé) ou professionnel (bureaux, commerces, équipements publics, industrie, agriculture).



→ Les systèmes posés sur ou intégrés à des structures non consommatrices d'électricité mais pour lesquelles les panneaux remplissent une fonction bien identifiée en complément de la production d'électricité (combrière de parking, couverture de passage public ou de quai de gare, mur antibruit...). La surface active de tels systèmes est en général de quelques centaines à quelques milliers de mètres carrés, soit des puissances de quelques dizaines à quelques centaines de kilowatts-crête ;

→ Les installations photovoltaïques au sol constituées de nombreux modules portés par des structures, dont la production alimente directement le réseau électrique. Leur surface active est de quelques milliers à plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés, ce qui correspond à des puissances de quelques centaines de kilowatts-crête à plusieurs dizaines de mégawatts-crête.



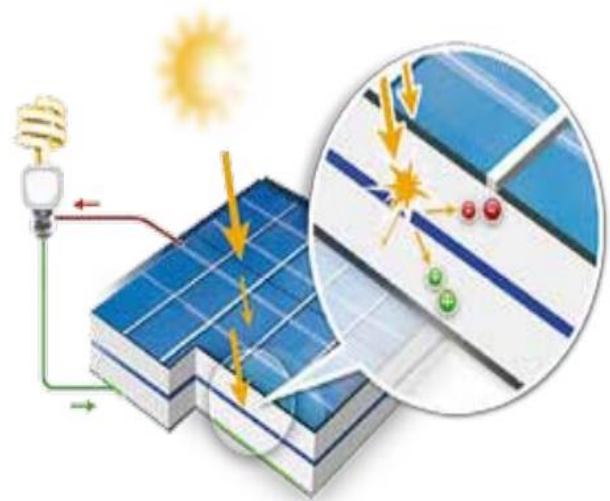
Installations solaires sur des bâtiments

LE PRINCIPE DE L'EFFET PHOTOVOLTAÏQUE

Les particules de lumière ou photons heurtent la surface du matériau photovoltaïque disposé en cellules ou en couches minces puis transfèrent leur énergie aux électrons présents dans la matière qui se mettent alors en mouvement dans une direction particulière.

Le courant électrique continu qui se crée par le déplacement des électrons est alors recueilli par des fils métalliques très fins connectés les uns aux autres et ensuite acheminé à la cellule photovoltaïque suivante.

Le courant s'additionne en passant d'une cellule à l'autre jusqu'aux bornes de connexion du panneau et il peut ensuite s'additionner à celui des autres panneaux raccordés au sein d'une installation.



BREF HISTORIQUE

- En 1839 Antoine Becquerel découvre le principe photovoltaïque.
- L'effet photovoltaïque en tant que telle, a été découvert en 1887 par Rudolf Hertz.
- Premières applications à partir des années 60 avec l'équipement des satellites spatiaux (satellite américain *Vanguard* en 1959).
- A partir des '70 utilisation pour l'électrification de sites isolés.



Antoine Becquerel
1788 - 1878

Heinrich Rudolf Hertz
1857 - 1894



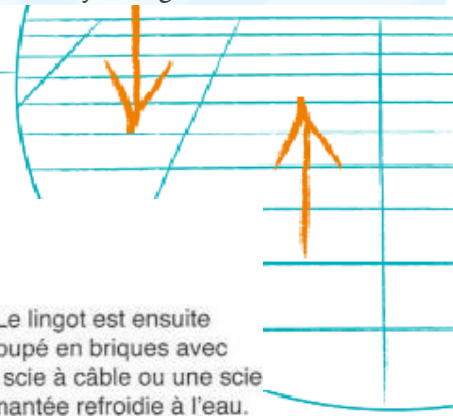


LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES ET LEURS TECHNOLOGIES

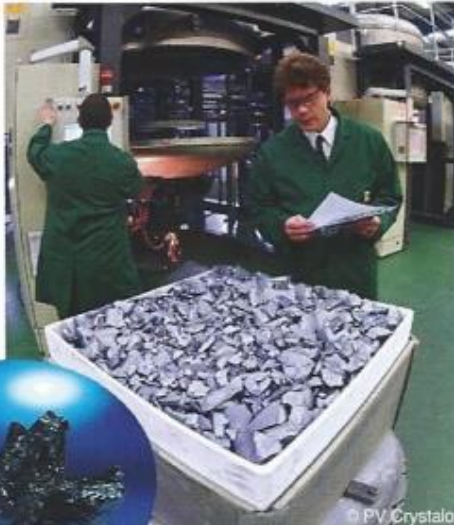


LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES ET LEURS TECHNOLOGIES

Fabrication des panneaux photovoltaïques à cellules cristallines



1 Le silicium est extrait de la silice ou de silicates et purifié pour être utilisé pour la fabrication de cellules solaires. Il est placé dans un creuset et chauffé à 1 500 °C.

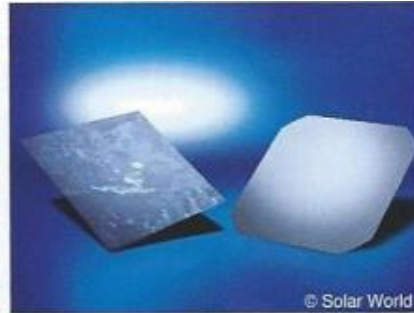


2 Le creuset est refroidi et l'on obtient un lingot de silicium à structure polycristalline (dans cet exemple). La fabrication est un peu différente pour le silicium monocristallin, on obtient un lingot cylindrique.

3 Le lingot est ensuite découpé en briques avec une scie à câble ou une scie diamantée refroidie à l'eau.



4 Les briques sont découpées en fines tranches (les wafers) avec une scie à fil et un mélange abrasif.



5 Les wafers : polycristallin à gauche, monocristallin à droite. Leur épaisseur est d'environ 200 microns.



6 Les wafers sont soumis à l'opération de jonction PN (positif et négatif) dans un four à diffusion chauffé à 800 °C.



7 Vient ensuite la métallisation (pose des électrodes pour le captage du courant).

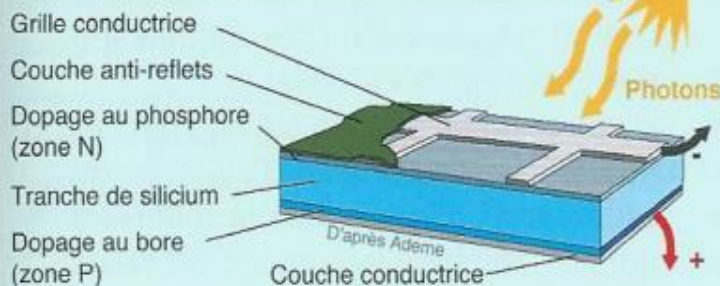


8 On obtient des cellules solaires qui reçoivent un revêtement antireflet. Elles sont testées, puis assemblées ensemble en chaînes.



9 Les chaînes assemblées sont placées entre divers éléments pour fabriquer les panneaux.

Transformation d'un wafer en cellule photovoltaïque



Comparaison des trois principales technologies de capteurs :

COMPARAISON DES TROIS PRINCIPALES TECHNOLOGIES DE CAPTEURS

Technologie	Monocristallin	Polycristallin	Amorphe
Cellule et module			
Caractéristiques	<ul style="list-style-type: none"> • Très bon rendement : 14 à 20 %. • Durée de vie : importante (30 ans) • Coût de fabrication : élevé. • Puissance : 100 à 150 Wc/m², 7 m²/kWc. • Rendement faible sous un faible éclairement. • perte de rendement avec l'élévation de la température. • Fabrication : élaborés à partir d'un bloc de silicium fondu qui s'est solidifié en formant un seul cristal • Couleur bleue uniforme. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ces cellules sont bleues, mais non uniforme : on distingue des motifs créés par les différents cristaux. • Bon rendement : 11 à 15 %. • Durée de vie : importante (30 ans) • Coût de fabrication : meilleur marché que les panneaux monocristallins • Puissance : 100 Wc/m², 8 m²/kWc. • Rendement faible sous un faible éclairement. • perte de rendement avec l'élévation de la température. • Fabrication : élaborés à partir de silicium de qualité électronique qui en se refroidissant forme plusieurs cristaux. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rendement faible : 5 à 9 %. • Durée de vie : assez importante (20 ans) • Coût de fabrication : peu onéreux par rapport aux autres technologies • Puissance : 50 Wc/m², 16 m²/kWc. • Fonctionnement correct avec un éclairement faible. • Peu sensible aux températures élevées. • Utilisables en panneaux souples. • Surface de panneaux plus importante que pour les autres panneaux au silicium. • Rendement faible en plein soleil. • Performances diminuant avec le temps. • Fabrication : couches très minces de silicium qui sont appliquées sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide.
Part de marché	43 %	47 %	10 %



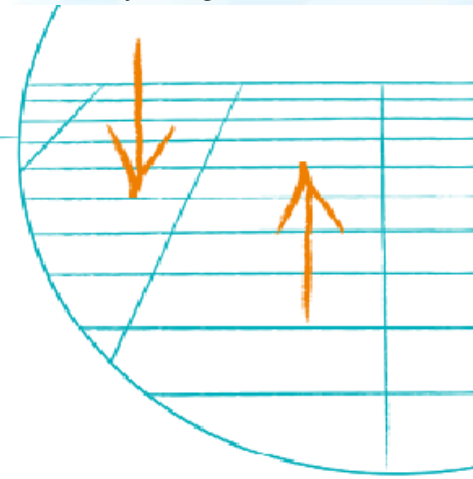
L'INSTALLATION ELECTRIQUE DES PANNEAUX :



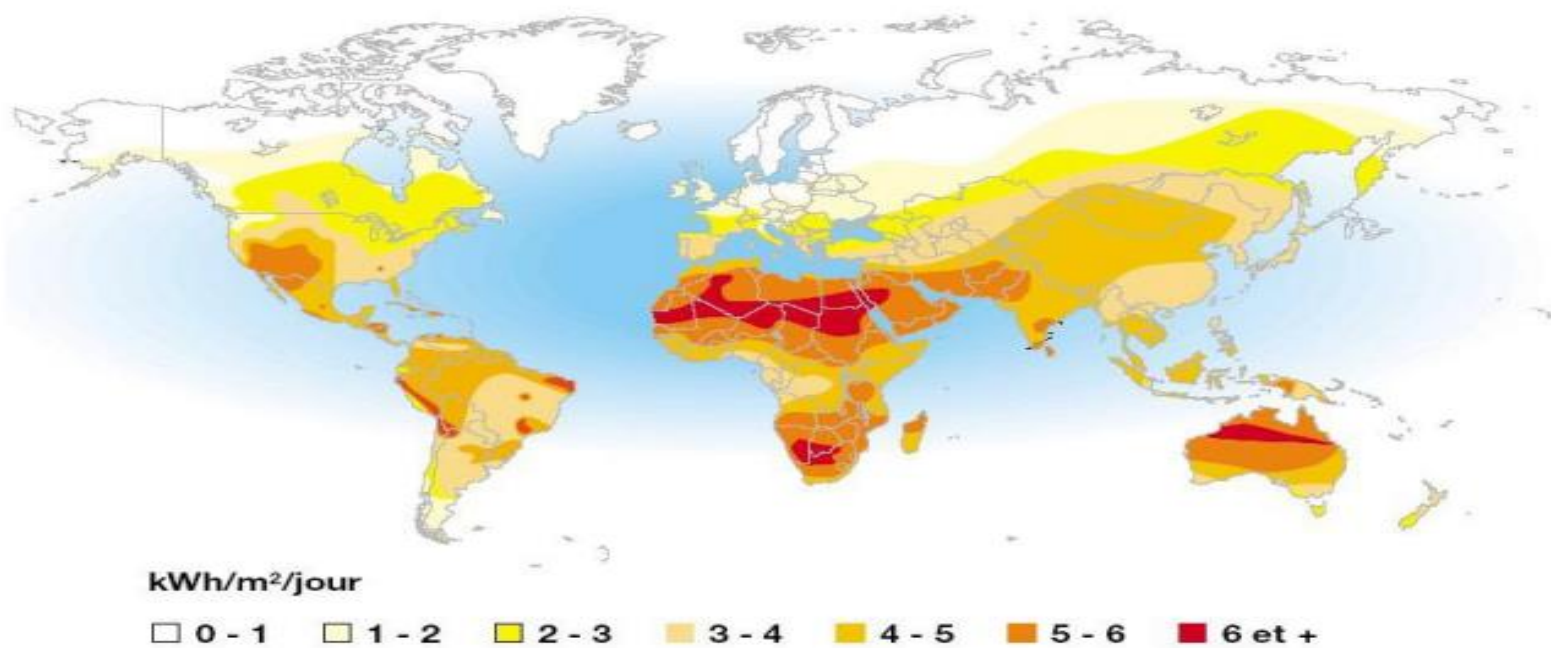
L'INSTALLATION ELECTRIQUE DES PANNEAUX :

➤ Généralités :

La production d'électricité continue « DC » à partir de la lumière est un moyen propre, silencieux, demandant peu d'entretien, présentant peu d'usure (si le matériel est de bonne qualité au départ). L'énergie produite quotidiennement par un panneau dépend de l'ensoleillement journalier moyen du lieu. Cette donnée géographique est déterminante pour le dimensionnement d'une installation. Il s'exprime en kWh/m²/jour.



Carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel



Exemple : L'ensoleillement en Sierra Leone est de 4,5 kWh / m² / jour

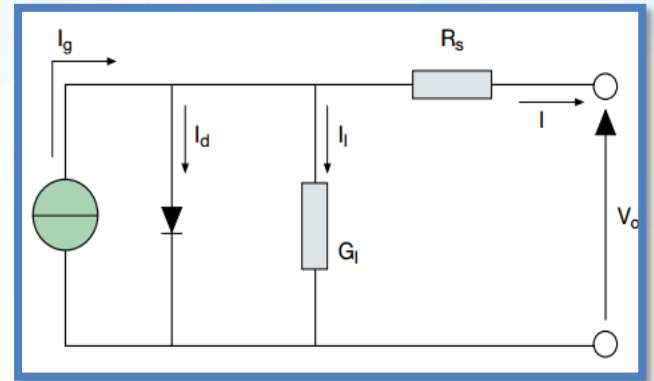
L'ensoleillement à Bordeaux est de 2,5 kWh / m² / jour



➤ Circuit équivalent de la cellule :

Une cellule photovoltaïque peut être considérée comme un générateur de courant et être représentée par le circuit équivalent indiqué dans la Figure.

Le courant I au niveau des bornes de sortie est égal au courant généré par l'effet PV I_g du générateur de courant idéal, moins le courant de diode I_d et le courant de fuite I_l .



La série de résistances R_s représente la résistance interne au flux de courant généré et dépend de l'épaisseur de la jonction P-N, des impuretés présentes et des résistances de contact. La conductance de fuite G_l tient compte du courant à la terre dans des conditions normales d'utilisation.

Dans une cellule idéale, nous aurions $R_s = 0$ et $G_l = 0$. Cependant, dans une cellule en silicium de grande qualité, nous avons $R_s = 0.05 \div 0.10 \Omega$ et $G_l = 3 \div 5 \text{ mS}$. L'efficacité de conversion de la cellule PV est considérablement affectée par une légère variation de R_s , alors qu'elle est nettement moins affectée par une variation de G_l .

La tension à vide V_{oc} se produit lorsque la charge n'absorbe pas de courant ($I=0$) et est obtenue par le rapport :

$$V_{oc} = I_l / G_l$$

Le courant de diode est obtenu par la formule classique du courant direct :

$$I_d = I_D \cdot \left[e^{Q \cdot V_{oc} / A \cdot k \cdot T} - 1 \right]$$

- ✦ I_D est le courant de saturation de la diode ;
- ✦ Q est la charge de l'électron ($1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) ;
- ✦ A est le facteur d'identité de la diode et dépend des facteurs de recombinaison à l'intérieur de la diode (pour le silicium cristallin, environ 2) ;
- ✦ k est la constante de Boltzmann ($1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$) ;
- ✦ T est la température absolue en degrés K

Par conséquent, le courant fourni à la charge est obtenu par la formule :

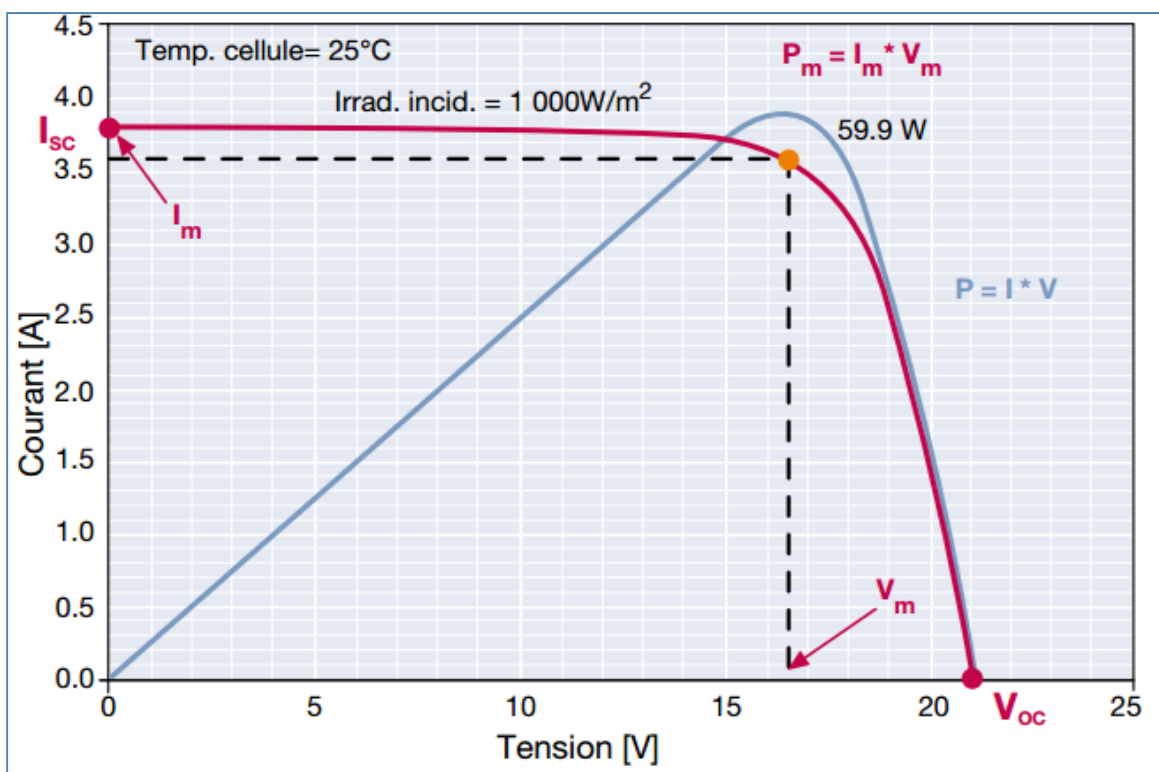
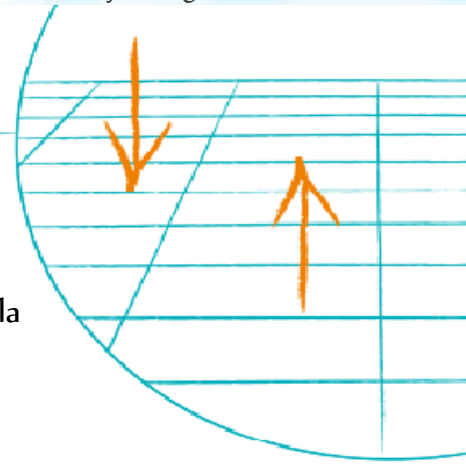
$$I = I_g - I_d - I_l = I_g - I_D \cdot \left[e^{\frac{Q \cdot V_{oc}}{A \cdot k \cdot T}} - 1 \right] - G_l \cdot V_{oc}$$

Dans les cellules traditionnelles, le dernier terme, à savoir le courant de fuite à la terre I_l , est négligeable par rapport aux deux autres courants. Par conséquent, le courant de saturation de la diode peut être déterminé expérimentalement en appliquant la tension à vide V_{oc} à une cellule non éclairée et en mesurant le courant circulant à l'intérieur de la cellule.

➤ Caractéristique courant-tension de la cellule :

La courbe de la caractéristique courant-tension d'une cellule PV est montrée dans la Figure. Dans des conditions de court-circuit, le courant généré est à son maximum (I_{sc}), tandis que lorsque le circuit est ouvert, la tension (V_{oc} =tension du circuit ouvert) est à son maximum.

Dans les deux conditions susmentionnées, l'énergie électrique produite dans la cellule est nulle, alors que dans toutes les autres conditions, lorsque la tension augmente, l'énergie produite augmente également : elle atteint tout d'abord le Maximum Power Point (P_m) puis elle chute soudainement jusqu'à approcher la valeur de tension à vide.



Par conséquent, les données caractéristiques d'une cellule solaire peuvent être résumées comme suit :

- ✦ I_{sc} courant de court-circuit ;
- ✦ V_{oc} tension à vide ;
- ✦ P_m puissance maximale produite dans des conditions standards (STC) ;
- ✦ I_m courant produit au Maximum Power Point ;
- ✦ V_m tension au Maximum Power Point ;
- ✦ FF facteur de remplissage : c'est un paramètre qui détermine la forme de la courbe de la caractéristique V-I et c'est le rapport entre la puissance maximale et le produit ($V_{oc} \cdot I_{sc}$) de la tension à vide multipliée par le courant de court-circuit

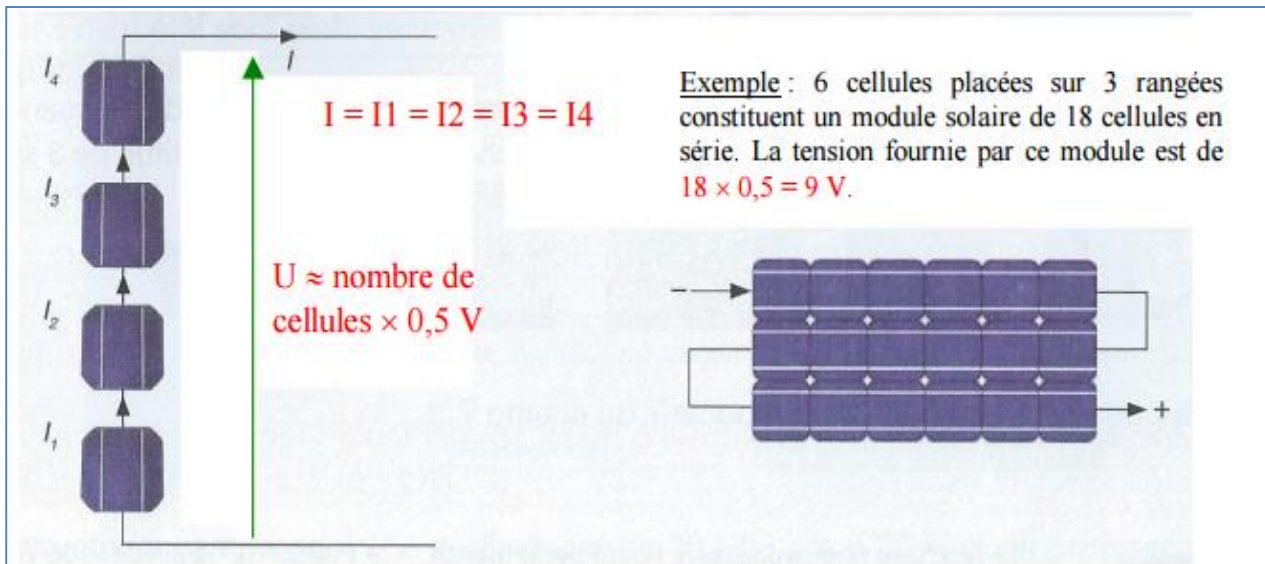
➤ Association des cellules en série

Les caractéristiques électriques d'une seule cellule sont généralement insuffisantes pour alimenter les équipements électriques.

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

Un panneau photovoltaïque est un assemblage en série de cellules permettant d'obtenir une tension de 12 volts. La puissance d'un panneau solaire est fonction de sa surface, c'est à dire du nombre de cellules photovoltaïques.

Un panneau constitué de 24 cellules photovoltaïques va donc délivrer une tension U de 12 V, et cela quel que soit l'ensoleillement.



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.

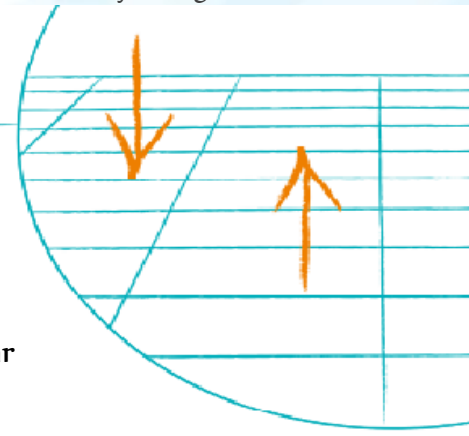
Définition du watt crête : la puissance crête d'une installation photovoltaïque est la puissance maximale délivrée par un module dans les conditions optimales (orientation, inclinaison, ensoleillement,...). Elle s'exprime en Watt crête (Wc).

En première approximation, on estime qu'un module de 1 m² produit 100 Wc

➤ Diodes « by-pass »

La mise en série des cellules peut être dangereuse lorsque l'une d'entre elles se retrouve à l'ombre. Elle va s'échauffer et risque de se détruire.

En effet, une cellule "masquée" voit l'intensité qui la traverse diminuer. De ce fait, elle bloque la circulation de l'intensité "normale" produite par les autres modules. La tension aux bornes de cette cellule "masquée" augmente, d'où apparition d'une surchauffe.



C'est l'effet d'autopolarisation inverse. Une telle cellule est appelée "Hot spot".

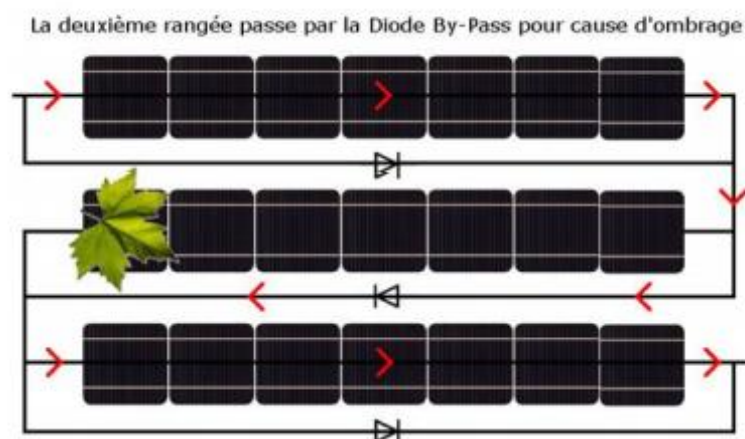
Pour supprimer ce problème et protéger la cellule « masquée », on place des diodes « bypass » en anti-parallèles sur 18 ou 24 cellules de façon à court-circuiter les cellules ombrées.

Un panneau solaire dispose d'une à trois diodes by-pass, en fonction de son nombre de cellules (en moyenne 36 cellules pour 3 diodes bypass).

En cas de masque :

- 1 diode : 100 % du module est en by-pass,
- 2 diodes : 50 % du module est en by-pass,
- 3 diodes : 33 % du module est en by-pass.

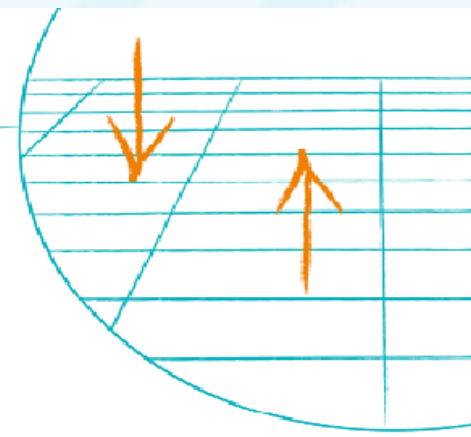
Exemple :



➤ Inclinaison et orientation des panneaux

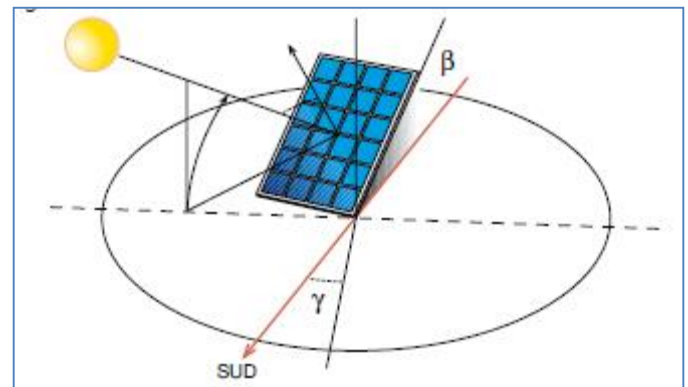
Une valeur positive de l'angle d'azimut indique une orientation vers l'ouest, tandis qu'une valeur négative indique une orientation vers l'est (CEI 61194).

Concernant les panneaux montés au sol, la combinaison de l'inclinaison et de l'orientation détermine l'exposition des panneaux. En revanche, lorsque les panneaux sont installés sur les toits des bâtiments, l'exposition est déterminée par l'inclinaison et l'orientation de la pente du toit. De bons résultats sont obtenus par les collecteurs orientés vers le sud-est ou le sud-ouest avec une déviation de 45° maximum par rapport au sud. Des déviations supérieures peuvent être compensées par un léger élargissement de la surface du collecteur.

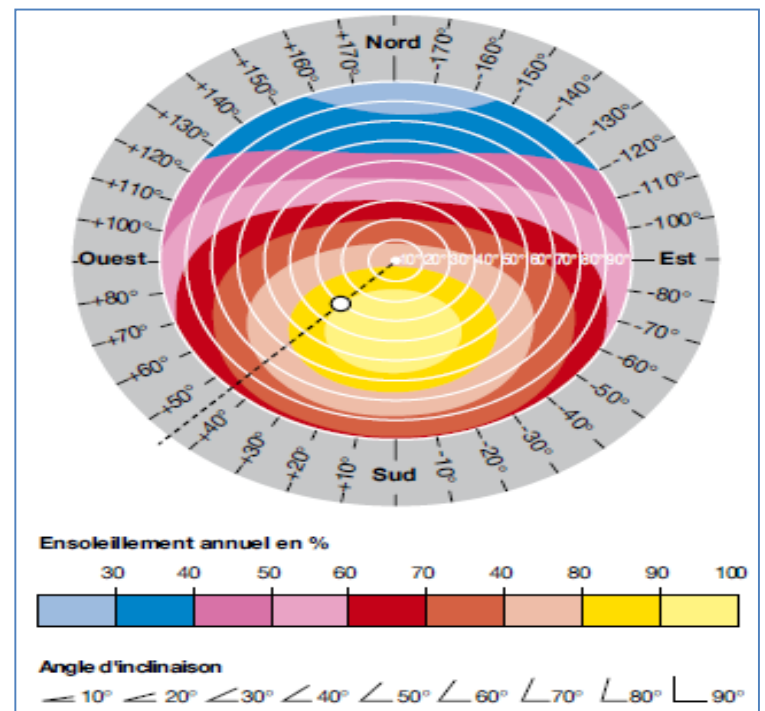


Un panneau non-horizontale reçoit, en plus du rayonnement direct et diffus, le rayonnement réfléchi par la surface qui l'entoure (composant albedo). En règle générale, un coefficient albédo de 0.2 est présumé.

Pour la première évaluation de la capacité de production annuelle de puissance électrique d'une installation PV, il suffit généralement d'appliquer au rayonnement annuel moyen sur le plan horizontal les coefficients de correction du tableau

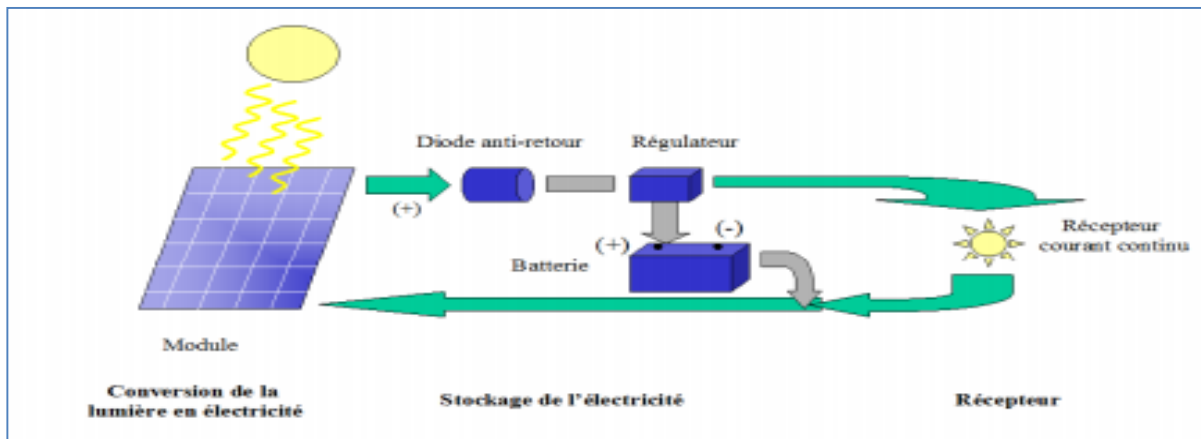


Orientation / Inclinaison	0°	30°	60°	90°
Est	0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est	0,93	0,96	0,88	0,66
Sud	0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest	0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest	0,93	0,90	0,78	0,55



➤ Le fonctionnement d'un système photovoltaïque en site isolé

Le système photovoltaïque de base est constitué d'un module photovoltaïque, d'un régulateur, d'une batterie, d'un récepteur « courant continu » et d'un onduleur si il existe un récepteur « courant alternatif »



• Le module photovoltaïque

Est composé de plusieurs photopiles produisant environ 0.5 volt connectées entre elles afin de fournir au récepteur extérieur une tension et une puissance adéquate. Ces ensembles de photopiles sont ensuite encapsulés dans des modules étanches qui les préservent de l'humidité et des chocs. Les modules sont ensuite interconnectés afin de constituer un champ de panneaux solaires dont l'importance est dictée par la puissance appelée par les différentes applications et leur temps d'utilisation. Nous verrons dans un prochain courrier les règles qui régissent le bon dimensionnement des systèmes photovoltaïques.

• La batterie

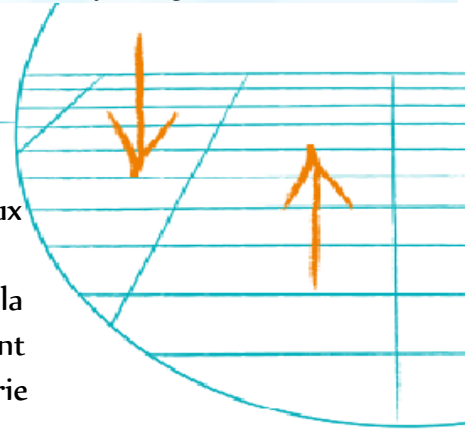
Est très utile en raison de non concomitance entre la période d'ensoleillement et la période de consommation d'électricité. Il est en effet indispensable dans ce cas de stocker l'énergie produite afin de la restituer lors des journées sans ensoleillement ou la nuit. Ce stockage est effectué le plus souvent au moyen de batteries au plomb dont le nombre est fixé par les applications et le nombre de jour d'autonomie désiré.



- Le régulateur :

Le régulateur est un ensemble électronique dont le rôle est de gérer les flux de courant : courant venant des panneaux en vue de charger la batterie et courant venant de la batterie vers les consommateurs. Il gère la charge et la décharge de la batterie en déconnectant le panneau quand les batteries sont chargées ou en coupant l'alimentation aux consommateurs quand la batterie est trop déchargée. Le régulateur est donc à l'intersection de l'ensemble. Il comporte une diode anti retour pour éviter à la batterie de se décharger dans le panneau pendant la nuit. On ne peut donc pas faire l'économie d'un régulateur !

Permet d'effectuer une régulation de la charge et de la décharge. Il protège ainsi les batteries des surcharges et des décharges excessives et prolonge ainsi la durée de vie de la batterie qui peut alors dépasser 5 à 7 ans. Ainsi, quand l'énergie produite est supérieure à l'énergie consommée, l'excédent d'électricité est stocké dans la batterie jusqu'à ce que la limite de charge de la batterie soit atteinte. Inversement, quand l'énergie produite est inférieure à l'énergie consommée, la batterie fournit la quantité d'électricité supplémentaire nécessaire pour faire fonctionner les applications (la nuit, elle fournit donc la totalité de l'électricité) jusqu'à ce que la limite de décharge de la batterie soit atteinte.



Cette DEL indique l'état de fonctionnement du régulateur. En cas de problème au sein du système, celle-ci peut se mettre à clignoter rouge plus ou moins rapidement en fonction du type de panne.

Voir tableau des pannes ci-dessous.

Les DEL indiquent l'état de charge des batteries :

Vert : les batteries sont à leur charge maximale (environ 13 volts)

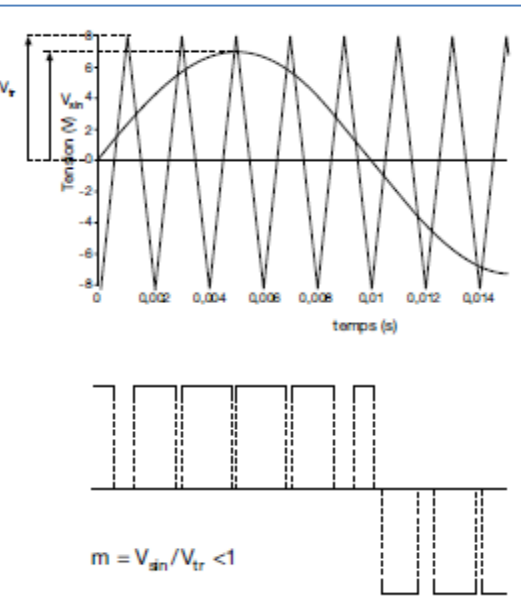
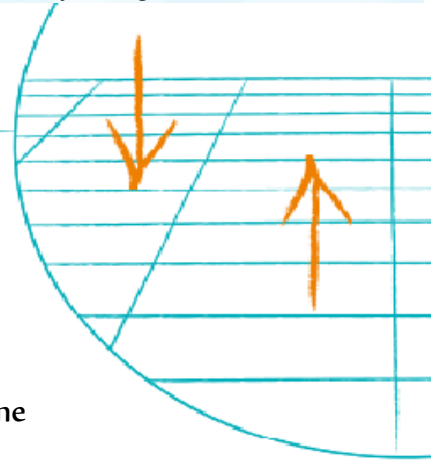
Orange : Les batteries sont faibles (environ 12 volts).

Rouge : Les batteries sont trop faibles, le régulateur coupe le système afin de préserver les batteries de la décharge totale.

- Onduleur :

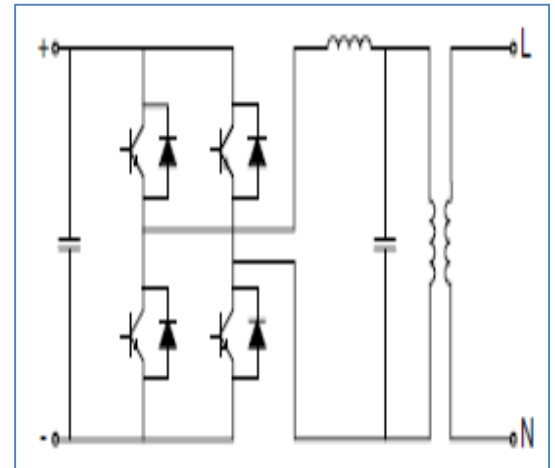
Le système de conditionnement d'énergie et de contrôle est constitué d'un onduleur convertissant le courant continu en courant alternatif et contrôlant la qualité de la puissance de sortie fournie au réseau au moyen d'un filtre LC situé à l'intérieur de l'onduleur. La Figure montre le schéma de principe d'un onduleur.

Les transistors, utilisés comme commutateurs statiques, sont contrôlés par un signal d'ouverture-fermeture qui se traduit en mode simple par une forme d'onde de sortie carrée.



Pour obtenir une forme d'onde aussi sinusoïdale que Possible, une technique plus sophistiquée, la modulation de largeur d'impulsions (MLI), est utilisée ; la technique .

MLI permet d'obtenir une régulation de la fréquence ainsi que de la valeur r.m.s de la forme d'onde de sortie



Steca Solarix 'Modular'

Onduleur 550W / 12V



➤ 10 POINTS IMPORTANTS

Panneaux Solaires

Les panneaux solaires doivent être maintenus propres sinon le rendement diminue. Pensez à un dépoussiérage régulier, laver à l'eau sans produit abrasif ;

Relier le cadre des panneaux à la Terre et placer un fusible entre les panneaux et le régulateur (Ampérage Fusible > Ampérage Régulateur) ;

Vos panneaux solaires doivent avoir impérativement les mêmes caractéristiques (même ampérage et même voltage)

Régulateur

Attention aux polarités ! Relier le câble + de la batterie sur le pôle – du régulateur (ou inversement) peut endommager le régulateur de manière irréversible ;

Onduleur

Attention aux polarités ! Relier le câble + de la batterie sur le pôle – de l'onduleur (ou inversement) peut endommager l'onduleur de manière irréversible ;

Toujours couper l'onduleur lorsqu'on travaille sur le système. Un onduleur délivre du courant de 220 Volts ! Relier celui-ci à la Terre.

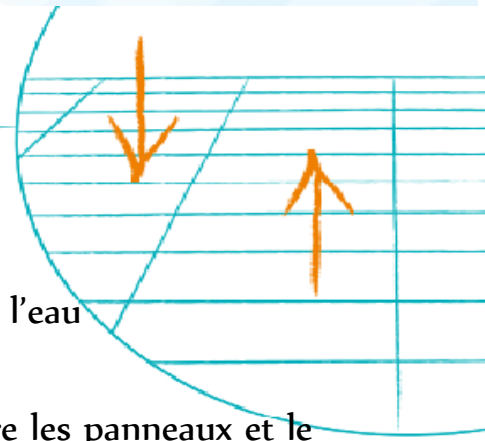
Batteries

Toujours surélever la batterie (en la posant sur des morceaux de bois par exemple).

Il est indispensable de charger les batteries avant la première utilisation (avec un chargeur ou durant 2/3 jours de chargement avec des panneaux aux heures les plus optimales en termes d'ensoleillement).

Suivre la notice de votre batterie si vous avez besoin de rajouter de l'électrolyte (chaque batterie a besoin d'une densité d'électrolyte différente).

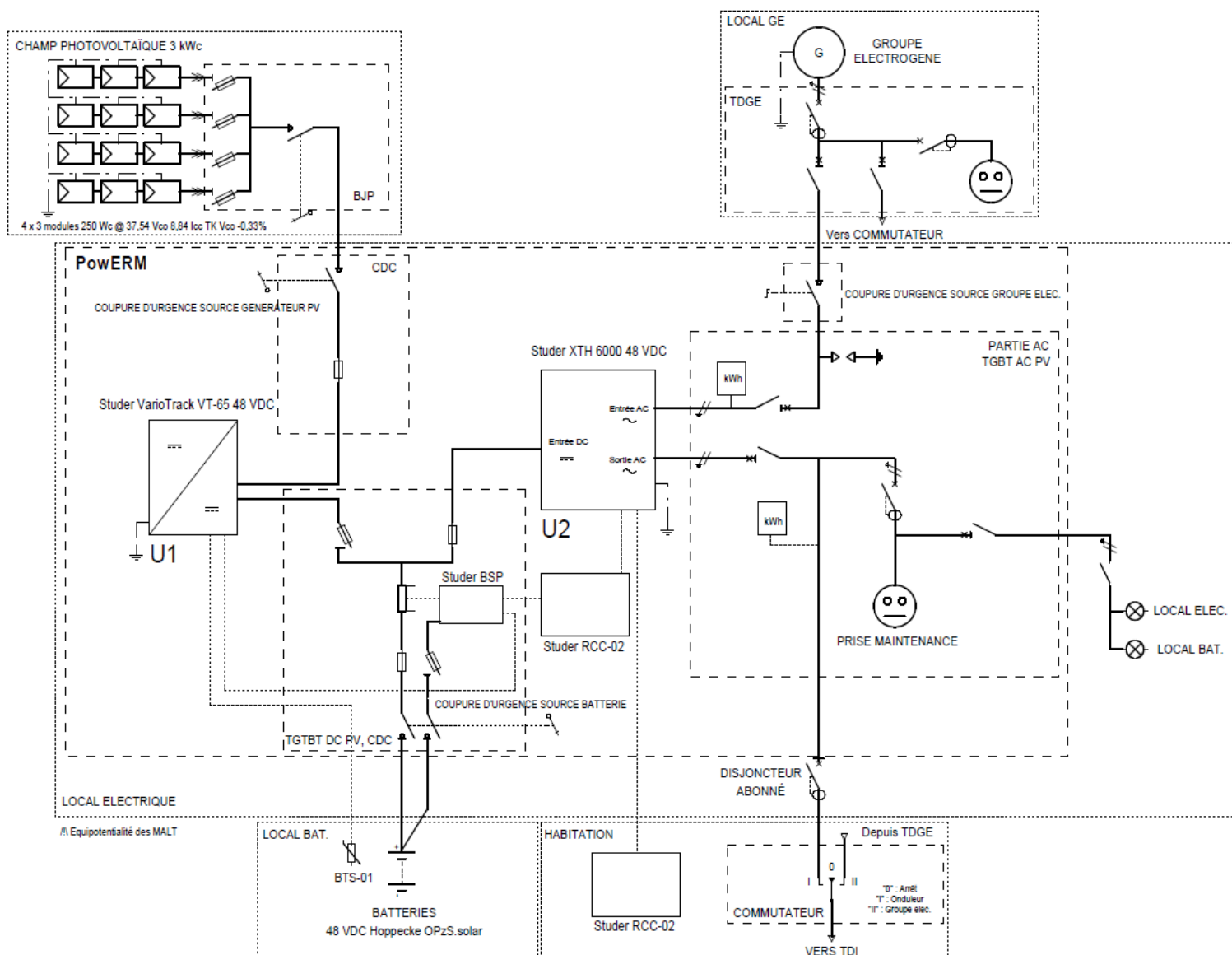
Si vous connectez des batteries en série ou en parallèle, assurez toujours d'avoir des batteries identiques (même âge, même capacité). Dans le cas contraire, le système ne sera pas équilibré et il y aura un vieillissement prématuré des batteries à cause d'un courant interne qui circulera entre elles.



➤ Exemple d'installation électrique des PVs

Les schémas suivants sont donnés à titre informatifs, ils doivent être adapté à chaque besoin et ne doivent en aucun cas être pris comme référence dans votre dimensionnement.

Protection électrique	Oui	Non	Oui	Non	Oui
Commande fonctionnelle	Oui	Non	Non	Oui	Oui
Coupure pour entretien mécanique	Non	Non	Non	Oui	Oui
Coupure d'urgence	Non	Non	Non	Oui	Oui
Sectionnement	Non	Oui	Oui	Oui	Oui





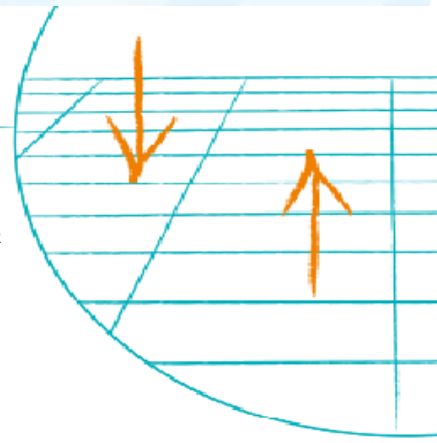
Avantage et Inconvénients



➤ Avantages

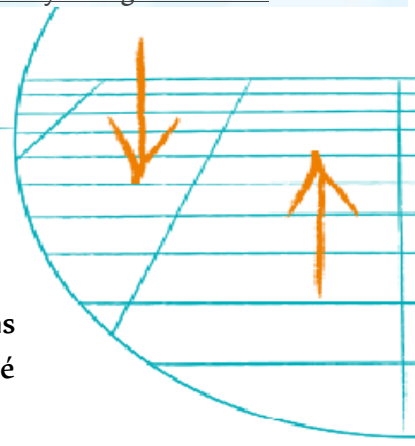
Les panneaux solaires présentent de nombreux avantages :

- D'un point de vue écologique, les panneaux solaires sont une énergie propre non polluante pour l'environnement.
- Aucun gaz à effet de serre n'est rejeté et il n'y a aucun déchet radioactif produit (en France, 85.7% de l'énergie provient du nucléaire).
- L'énergie solaire est inépuisable, contrairement aux énergies fossiles comme le charbon ou le pétrole qui sont pourtant encore plus utilisés que le solaire.
- Pour les endroits isolés ou les petites installations, rien de tel que les panneaux solaires pour les rendre autonomes.
- Les panneaux solaires, une fois installés, demandent très peu d'entretien et l'énergie est produite sans action de l'homme.
- L'énergie solaire est subventionnée par l'Etat. Dans le cas d'une installation domestique, jusqu'à 60% du coût de l'installation peut être remboursée.
- De plus, les panneaux solaires ne sont encore que peu utilisés et ont une forte marge d'évolution et un avenir prometteur.
- Les panneaux solaires peuvent représenter un très bon investissement pour des particuliers.
- Les panneaux solaires restent silencieux et non dérangeants pour les riverains• voisins, ce qui n'est pas le cas de toutes les sources d'énergie.



➤ Les Inconvénients

- Le principal inconvénient des panneaux solaires est le coût. En effet, pour installer 1m^2 de panneaux solaires il faut compter 1000€ (installation + achat du panneau). Pour des productions importantes d'énergie, ce système n'est pas rentable. Il faut environ 3 ans pour que le panneau produise l'énergie qui a été nécessaire à sa construction, or un panneau a une durée de vie moyenne de seulement 25 ans!... Alors que l'énergie à base nucléaire est moins chère et produit plus sur une plus courte durée.
- D'autre part, les quantités d'énergie produites sont liées au temps. Pour qu'un panneau solaire fonctionne il faut du soleil. Ainsi pendant les jours de mauvais temps et la nuit ceux-ci ne produisent pas: on a ici une perte de temps conséquente. De plus, c'est en été que les panneaux solaires produisent le plus (longues journées) or nos besoins d'énergie sont plus faibles en été qu'en hiver... Ceci amènerait à devoir stocker l'énergie nonutilisée, ce qui est compliqué et cher.
- Enfin, de grandes superficies sont nécessaires pour pouvoir placer des panneaux solaires. Elles doivent, de plus, être placées stratégiquement (sur certaines longitudes de la Terre) pour recevoir un maximum d'énergie du soleil. Ainsi, les zones équatoriales seraient les plus adéquates mais ne sont pas forcément favorables à de telles installations (ex: la forêt amazonienne, qui reçoit de grandes quantités de soleil mais présente aussi une végétation abondante qu'on ne peut envisager de détruire)



Étudiez avec un comptable ou un fiscaliste la possibilité de créer une entreprise pour exploiter votre installation, si elle dépasse 10 kW (plus de 80 m² de panneaux environ).



CONCLUSION



➤ Conclusion

L'énergie solaire reste encore très coûteuse, de part le fait de leur production. Pour régler ce problème, les fabricants commencent à produire des centres de production entièrement automatisés produisant plus de 3000 cellules photovoltaïques par heure. En produisant en plus grosse quantité on peut donc réduire le coût final d'un panneau, et ainsi rendre l'énergie solaire plus abordable et plus propre (production de CO₂ réduite par le grand nombre produit). Un problème récurrent est encore l'efficacité dans le temps et la quantité d'énergie qu'une cellule pourra transformer. Les recherches sont intenses et actuellement en cours de développement, des cellules de plus en plus performantes sont donc produites. Aussi, l'angle d'inclinaison d'un panneau par rapport au soleil est très important pour optimiser la réception d'énergie. Des systèmes permettant d'obtenir un angle optimal existent mais restent chers. On les appelle panneaux actifs. Enfin, des chercheurs ont mis au point une technologie de peinture solaire : c'est une peinture spéciale très épaisse qui s'applique sur des revêtements lisses comme une voiture. Le principe de cette peinture est de comporter des cellules photovoltaïques et des micros fils de fer dans la peinture reliés tous à une batterie. Cette peinture présente sur toute la surface du revêtement peint est parfaite pour récupérer un maximum d'énergie, car la peinture est exposée dans n'importe quel angle. Par contre elle reste encore à l'état de bêta-test et est très chère au développement. Peut-être sera-t-elle la future source d'énergie de nos voitures ?

