

Energies renouvelables

S4: La Conversion Photovoltaïque

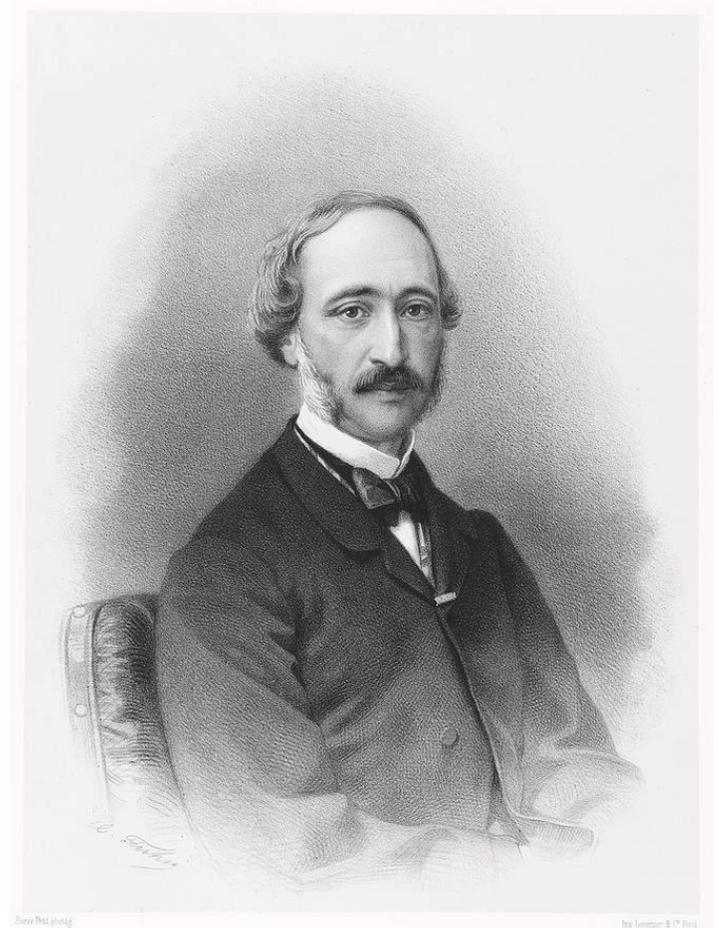
Niveau: Master I Construction mécanique



Evolution de l'électricité photovoltaïque

Evolution de l'électricité photovoltaïque

- L'effet photovoltaïque est un phénomène physique propre à certains matériaux appelés semi-conducteurs qui produisent de l'électricité lorsqu'ils sont exposés à la lumière. Il a été découvert en **1839** par le physicien français **Alexandre Edmond Becquerel**.



Evolution de l'électricité photovoltaïque

- Les bases théoriques de l'effet photovoltaïque fussent connues depuis le début du siècle, ce n'est qu'à partir de **1954**, dans les laboratoires de la Bell Téléphone à New Jersey, que la première cellule ayant un rendement raisonnable a été mise au point.



Something New Under the Sun. It's the Bell Solar Battery, made of thin discs of specially treated silicon, an ingredient of common sand. It converts the sun's rays directly into usable amounts of electricity. Simple and trouble-free. (The storage batteries beside the solar battery store up its electricity for night use.)

Bell System Solar Battery Converts Sun's Rays into Electricity!

Bell Telephone Laboratories invention has great possibilities for telephone service and for all mankind

Evolution de l'électricité photovoltaïque

- ❑ Les panneaux photovoltaïques trouvent leur première application dans le cadre de la course à l'espace. L'armée américaine veut les utiliser dans le cadre d'un projet secret : les satellites. La Navy, qui s'est vu donner la responsabilité d'envoyer le premier satellite américain, équipe son satellite, le Vanguard I, d'une batterie électrochimique et de panneaux solaires.





Les cellules photovoltaïques

Les cellules photovoltaïques

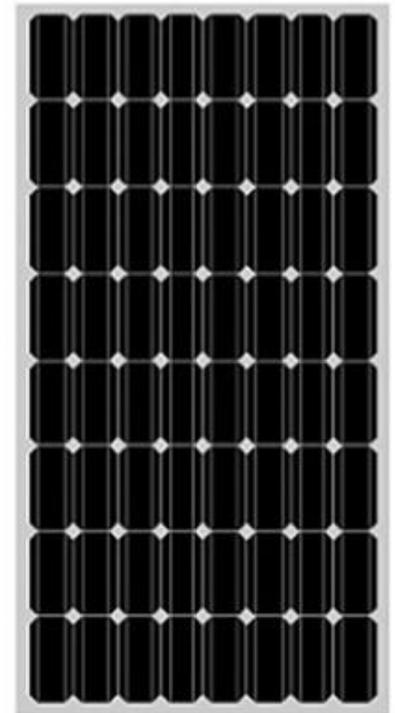
- ❑ La cellule photovoltaïque est composée d'un matériau semi-conducteur (Silicium) qui absorbe l'énergie lumineuse et la transforme directement en courant électrique.
- ❑ Une cellule individuelle, unité de base d'un système photovoltaïque, ne produit qu'une très faible puissance électrique, typiquement de 1 à 3 W avec une tension de moins d'un volt.



Les cellules photovoltaïques

❑ a. *Les cellules monocristallines :*

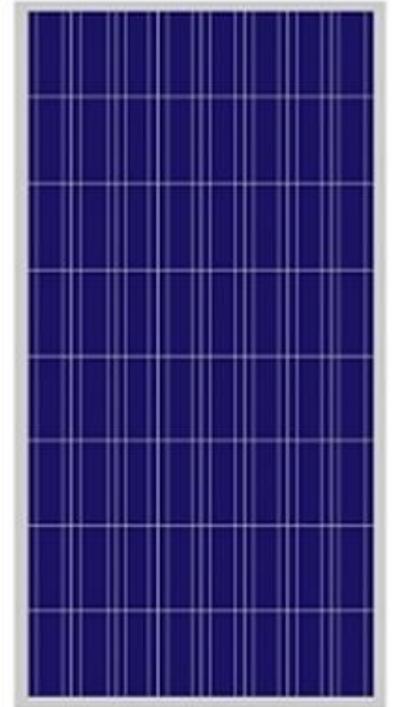
- ❑ Les panneaux PV avec des cellules monocristallines sont les photopiles de la première génération, elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en un seul cristal.
- ❑ Les cellules sont rondes ou carrées et, vues de près, elles ont une couleur uniforme. Elles ont un rendement de 12 à 18%.



Les cellules photovoltaïques

❑ *b. Cellules polycristallines:*

- ❑ Les panneaux PV avec des cellules polycristallins sont élaborés à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples.
- ❑ Elles ont un rendement de 11 à 15%, mais leur coût de production est moins élevé que les cellules monocristallines.



Les cellules photovoltaïques

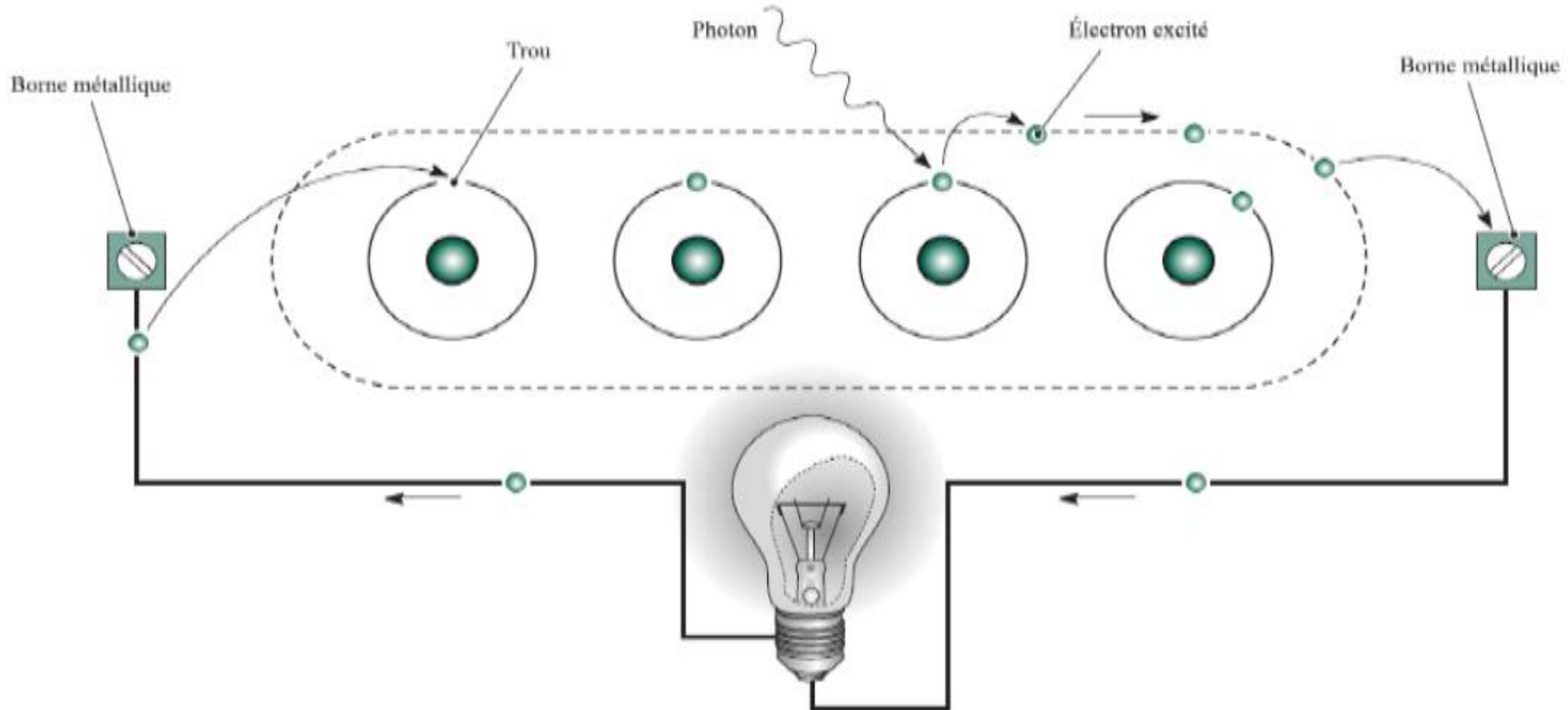
- ❑ **c. Couche mince (Amorphe) :**
- ❑ Cette technologie permet d'utiliser des couches très minces de silicium qui sont appliquées sur du verre, du plastique souple ou du métal
- ❑ Les modules photovoltaïques amorphes ont un coût de production bien plus bas, mais malheureusement leur rendement n'est que de 6 à 8% actuellement.





Le principe de fonctionnement d'une cellule PV

Le principe de fonctionnement d'une cellule PV



Le principe de fonctionnement d'une cellule PV

- ❑ Lorsqu'une cellule solaire photovoltaïque est soumise au rayonnement solaire, les photons contenus dans le rayonnement absorbé apportent de l'énergie qui libère des électrons de la couche du semi-conducteur de la cellule.
- ❑ C'est le mouvement des électrons libérés qui produit le courant électrique.
- ❑ Ce processus de conversion de lumière en électricité est appelé l'effet photovoltaïque.

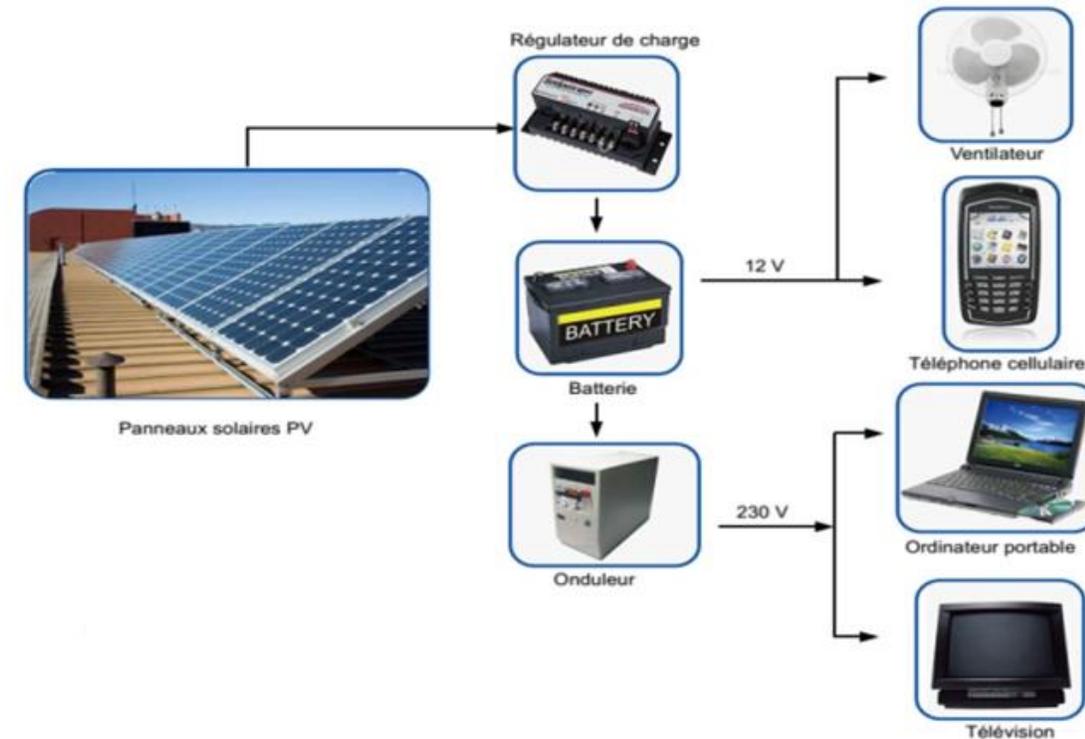


Dimensionnement d'une installation PV

Dimensionnement d'une installation PV

- Une installation photovoltaïque complète comporte:

- ✓ *les panneaux solaires,*
- ✓ *le matériel de montage,*
- ✓ *le système de stockage de l'énergie,*
- ✓ *Les onduleurs.*



Dimensionnement d'une installation PV

- ❑ An une installation photovoltaïque autonome, la seule source d'énergie est le photovoltaïque.
- ❑ Ainsi que pour calculer la puissance crête du champ PV, la première condition est satisfaire les besoins de l'équipement électrique (l'énergie produite doit être au minimum égale à l'énergie journalière consommé par l'équipement électrique).

Dimensionnement d'une installation PV

a. Calcule la consommation d'énergie d'une installation électrique :

- La première étape pour concevoir une installation photovoltaïque est de savoir combien d'électricité vous avez besoin. La puissance journalière consommée par un appareil électrique est calculée par la formule suivante :

Consommation (kWh) = nombre x [puissances d'appareil (W) x durée de fonctionnement (h)] / 1000.

Dimensionnement d'une installation PV

b. Estimation de la production photovoltaïque :

- ❑ La production d'une cellule photovoltaïque dépend évidemment du soleil. Par conséquent il est impossible de dire par avance quelle quantité d'électricité produira un panneau solaire;
- ❑ la production sera différente selon l'endroit où vous l'installerez et même suivant la position que vous lui donnerez.

Dimensionnement d'une installation PV

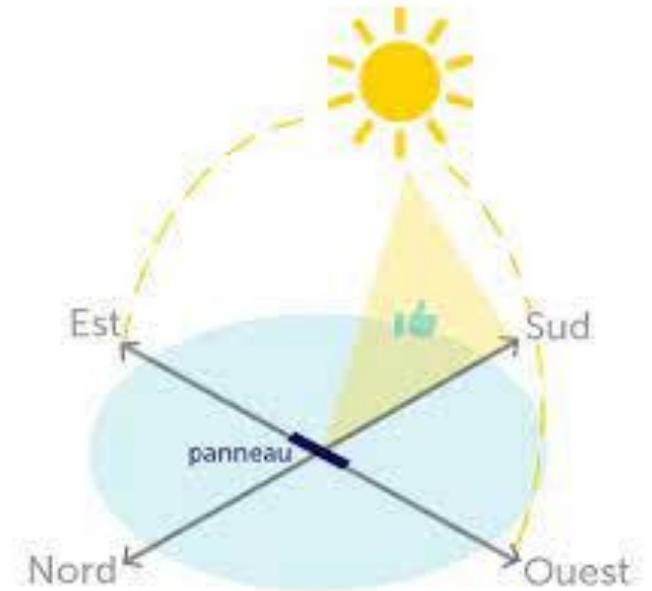
❖ *Trouver la meilleure position pour un panneau photovoltaïque*

- ❑ Le rendement d'un module photovoltaïque varie avec l'angle d'incidence des rayons solaires. La position que vous allez donner à vos panneaux solaires va donc avoir une influence sur la production.
- ❑ La position d'un panneau est en fait :
 - ✓ Son orientation, ou azimut, c'est-à-dire l'angle qu'il fera avec l'axe nord-sud dans le plan horizontal.
 - ✓ Son inclinaison, c'est-à-dire l'angle qu'il fera avec le plan horizontal.

Dimensionnement d'une installation PV

- **Orientation optimal:**

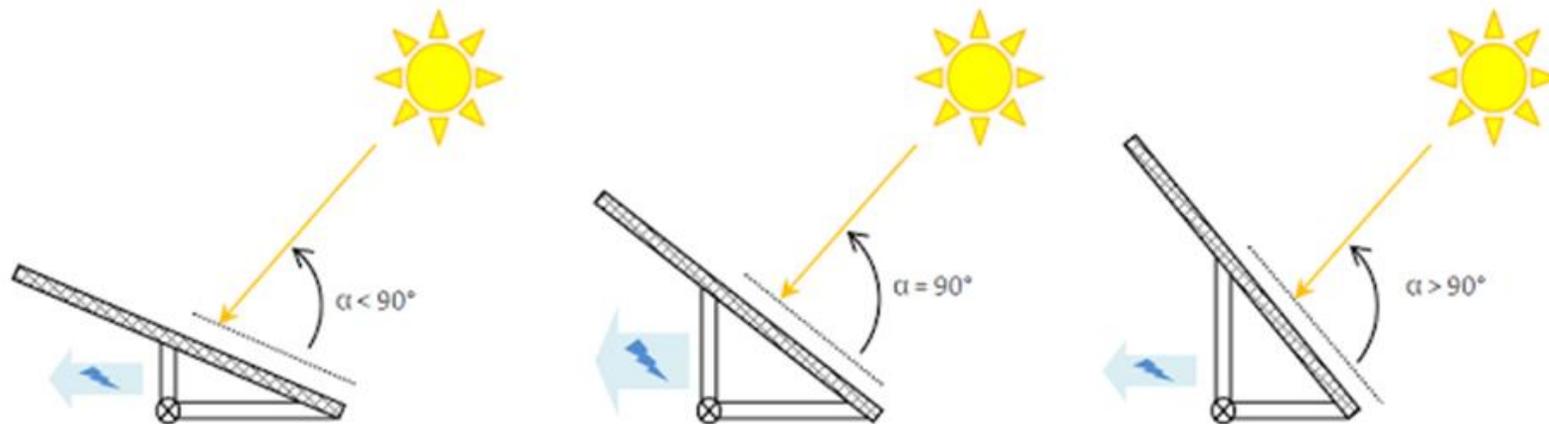
- ✓ Pour l'orientation, c'est relativement simple : du moment que l'horizon est dégagé, il faut orienter le panneau solaire vers le sud si vous êtes dans l'hémisphère nord et vers le nord si vous êtes dans l'hémisphère sud.



Dimensionnement d'une installation PV

- **Inclinaison optimal:**

- ✓ *Pour une installation solaire en site isolé, l'inclinaison optimale est généralement celle qui permet d'optimiser la production des panneaux solaires pendant le mois le moins ensoleillé.*



Dimensionnement d'une installation PV

❖ *Calculer la production réelle d'un panneau :*

- ❑ La puissance des panneaux solaires est exprimée en watt-crête : un panneau de 1kWc produit une puissance de 1kW dans des conditions standards.
- ❑ Donc l'énergie produite dans des conditions réelles sera inférieure à celle qui aurait été produite dans des conditions standards. Elle dépendra essentiellement de 3 facteurs :
 - ✓ le rayonnement global journalier, c'est-à-dire l'ensoleillement
 - ✓ la position des panneaux solaires (orientation et inclinaison)
 - ✓ la température

Dimensionnement d'une installation PV

- **Pertes liées à l'orientation des panneaux :**
 - ✓ L'angle formé par les rayons du soleil et le panneau solaire est appelé angle d'incidence (noté a). La production est maximale si les rayons du soleil atteignent la surface du panneau perpendiculairement à midi (heure solaire).
 - ✓ Une production optimale lorsque l'inclinaison de panneau est de 90° par rapport aux rayons du soleil (au centre).
 - ✓ Lorsque les rayons du soleil n'atteignent pas le panneau sous l'angle optimal, le rendement est approximativement : $\sinus(a)$

Dimensionnement d'une installation PV

- **Pertes liées à la température**

- ✓ *La puissance-crête est donnée pour une température de 25°C. Si la température est très supérieure à 25°C, il faudra en tenir compte. Les pertes seront alors de 0.4% par degrés pour une cellule mono ou polycristalline et de 0.3% par degrés pour les autres technologies.*
- ✓ *Donc l'énergie qui sera fournie pour 1kWc installé est environ :*

$$\text{Rayonnement global journalier} \times \sin(\alpha) \times (1 - (\text{température} - 25) \times 0.004)$$

Dimensionnement d'une installation PV

c. *Calculer le nombre de batteries nécessaire*

- ❑ Pour calculer les nombres de batteries nécessaires pour une installation photovoltaïque vous devez :
 - ✓ Avoir calculé l'énergie que va consommer chaque jour votre installation,
 - ✓ Connaitre au moins la tension et la capacité des batteries que vous allez utiliser.

Dimensionnement d'une installation PV

- **Déterminer l'autonomie souhaitée**

- ✓ *La capacité de stockage dont vous aurez besoin dépend essentiellement de 2 paramètres : l'énergie consommée par jour et l'autonomie de votre système, c'est-à-dire le nombre de jours qu'il devra pouvoir supporter sans soleil.*

- ✓ *Donc :*

La quantité d'énergie consommée est : [Besoin quotidien x autonomie]

Dimensionnement d'une installation PV

- **Les pertes**

- ✓ *L'électricité qui sort des batteries n'arrive pas entièrement à vos appareils électriques : une partie est perdue dans les fils et lors de la conversion continu-alternatif par l'onduleur.*
- ✓ *Donc :*

*La quantité d'énergie que devront restituer vos batteries est donc en fait :
[Energie consommée / (rendement de la batterie)]*

Dimensionnement d'une installation PV

- **Tenir compte de la profondeur maximale de décharge des batteries**
- ✓ *Pour que les batteries aient une meilleure durée de vie, vous ne devez pas les décharger complètement : Il faut fixer une profondeur maximale de décharge. En générale cette profondeur varie de 30 à 80%. Une bonne valeur intermédiaire est 50%.*

**La capacité de vos batteries devra donc être :
[Énergie à restituer / profondeur max de décharge]**

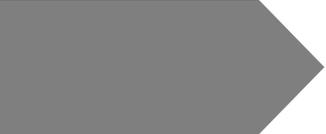
Dimensionnement d'une installation PV

- **En déduire le nombre de batteries**

Pour passer d'un chiffre en kWh à un nombre de batteries, il faut multiplier par 1000 (pour convertir les kWh en Wh) diviser par la tension aux bornes de batteries (pour convertir les Wh en Ah) puis par la capacité des batteries (en Ah) et arrondir au chiffre supérieur.

Donc :

Le nombre des batteries égale :
 $[(\text{Énergie à restituer} / \text{profondeur max de décharge}) / (\text{capacité de la batterie} \times \text{la tension de la batterie})]$



Avantages et inconvénients

Avantages et inconvénients

□ *Les avantages*

- ✓ Energie électrique non polluante à l'utilisation et s'inscrit dans le principe de développement durable ;
- ✓ Source d'énergie renouvelable car inépuisable à l'échelle humaine ;
- ✓ Utilisables soit dans les pays en voie de développement sans réseau électrique important soit dans des sites isolés tels qu'en montagne où il n'est pas possible de se raccorder au réseau électrique national.

Avantages et inconvénients

❑ *Les inconvénients*

- ✓ Coût du photovoltaïque élevé car il est issu de la haute technologie ;
- ✓ Le rendement actuel des cellules photovoltaïques reste assez faible (environ 10% pour le grand public) et donc ne délivre qu'une faible puissance ;
- ✓ Marché très limité mais en développement ;
- ✓ Production d'électricité ne se fait que le jour alors que la plus forte demande chez les particuliers se fait la nuit ;

Avantages et inconvénients

❑ *Les inconvénients*

- ✓ Le stockage de l'électricité est quelque chose de très difficile avec les technologies actuelles (coût écologique des batteries très élevé) ;
- ✓ Durée de vie : 20 à 25 ans, après le silicium "cristallisé" rend inutilisable la cellule ;
- ✓ Pollution à la fabrication : certaines études prétendent que l'énergie utilisée pour la fabrication des cellules n'est jamais rentabilisée durant les 20 années de production ; Même en fin de vie, le recyclage des cellules pose des problèmes environnementaux.



A suivre...