

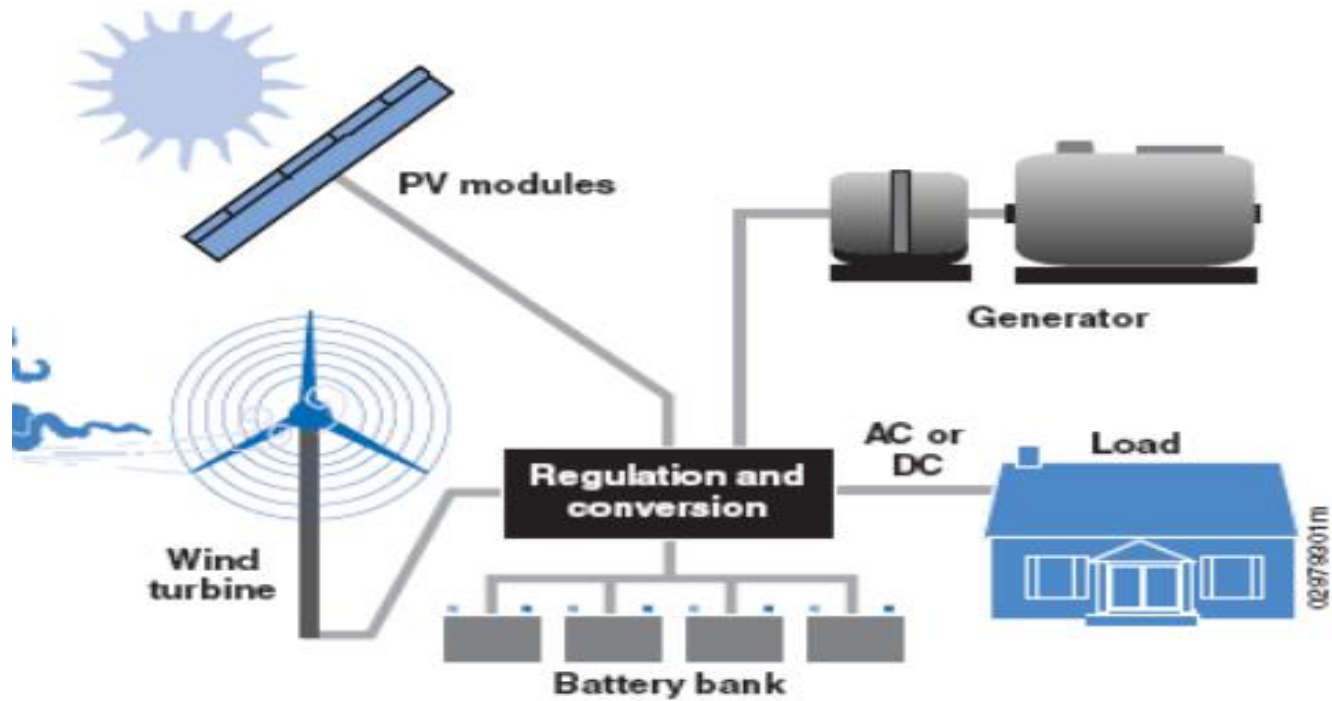
Chapitre 05

Sources d'énergie autonomes avec systèmes de stockage

Sources autonomes

- Les sources autonomes de production d'énergie sont celles qui permettent d'alimenter un appareil électrique en l'absence du réseau de distribution d'énergie électrique.
- Il ne faut pas les confondre avec les énergies renouvelables, qui ont pour origine l'eau (énergie des vagues, des marées, géothermie), le vent (énergie éolienne), le soleil (énergie solaire), la biomasse.
- Des éoliennes et des capteurs solaires embarqués sur des bateaux constituent des sources autonomes d'énergie renouvelable.

Systemes hybrides



Systemes hybrides

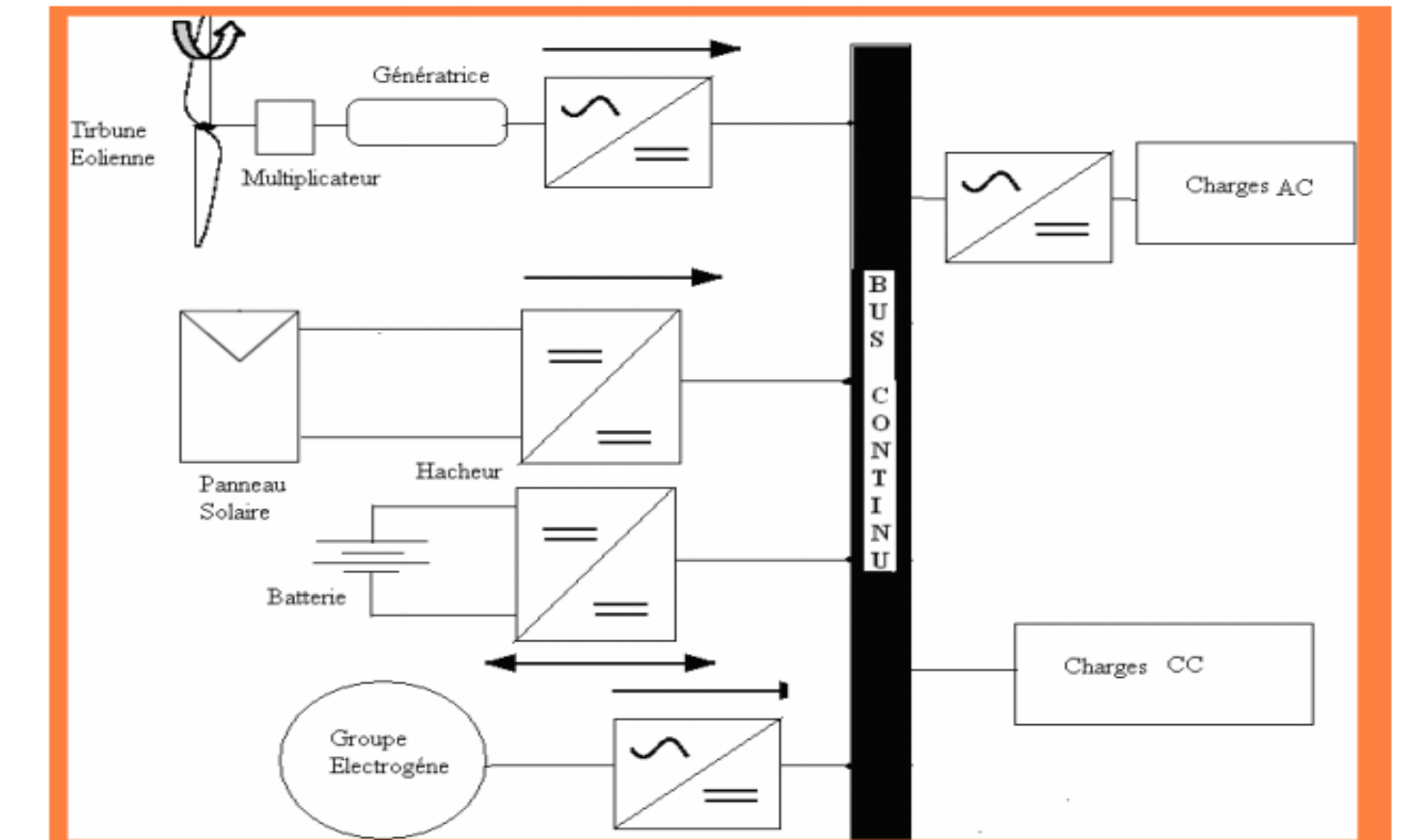
Les systèmes d'énergie hybride sont en général constitués:

- de sources d'énergie classiques (Groupe Électrogène par exemple),
- des sources d'énergie renouvelable (éolienne, solaire, hydroélectricité, marémotrice, géothermique etc.),
- des convertisseurs statiques et dynamiques, des systèmes de stockage (Batterie, volant d'inertie, le stockage hydrogène...),
- des charges principales et de délestages et un système de supervision.

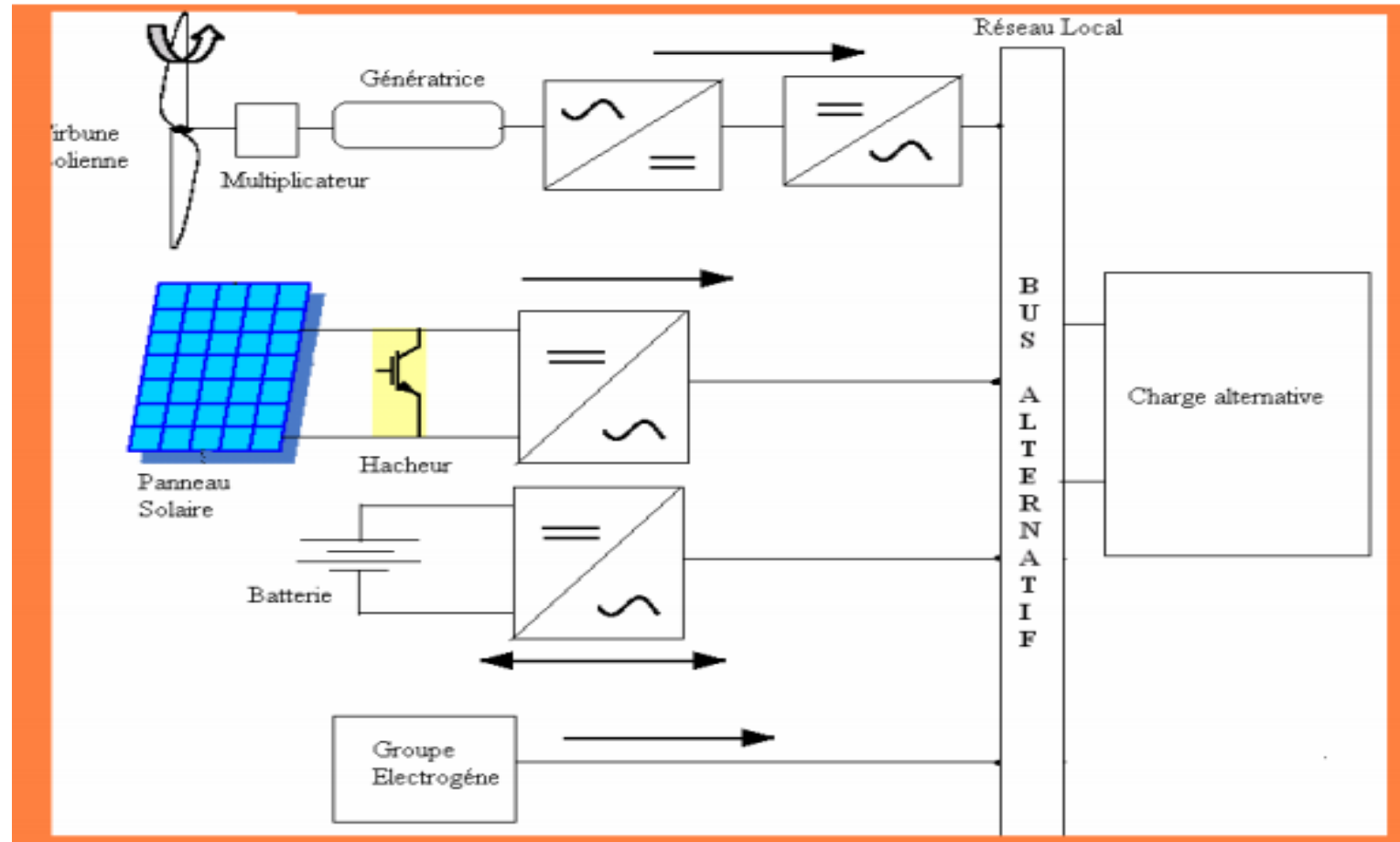
SYSTEMES HYBRIDES

- La puissance délivrée par les SYSTEMES HYBRIDES peut varier de quelques Watts pour des applications domestiques jusqu'à quelques Mégawatts pour des systèmes destinés à l'électrification des îles.
- pour les systèmes hybrides ayant une puissance en dessous de 100kW, la connexion mixte, bus CA (courant continu) et bus CC (courant alternatif), avec une batterie de stockage, est très répandue.
- Le champ d'application des SYSTEMES HYBRIDES est très large dans une plage de 50 kW à 250 kW.

SYSTEMES HYBRIDES



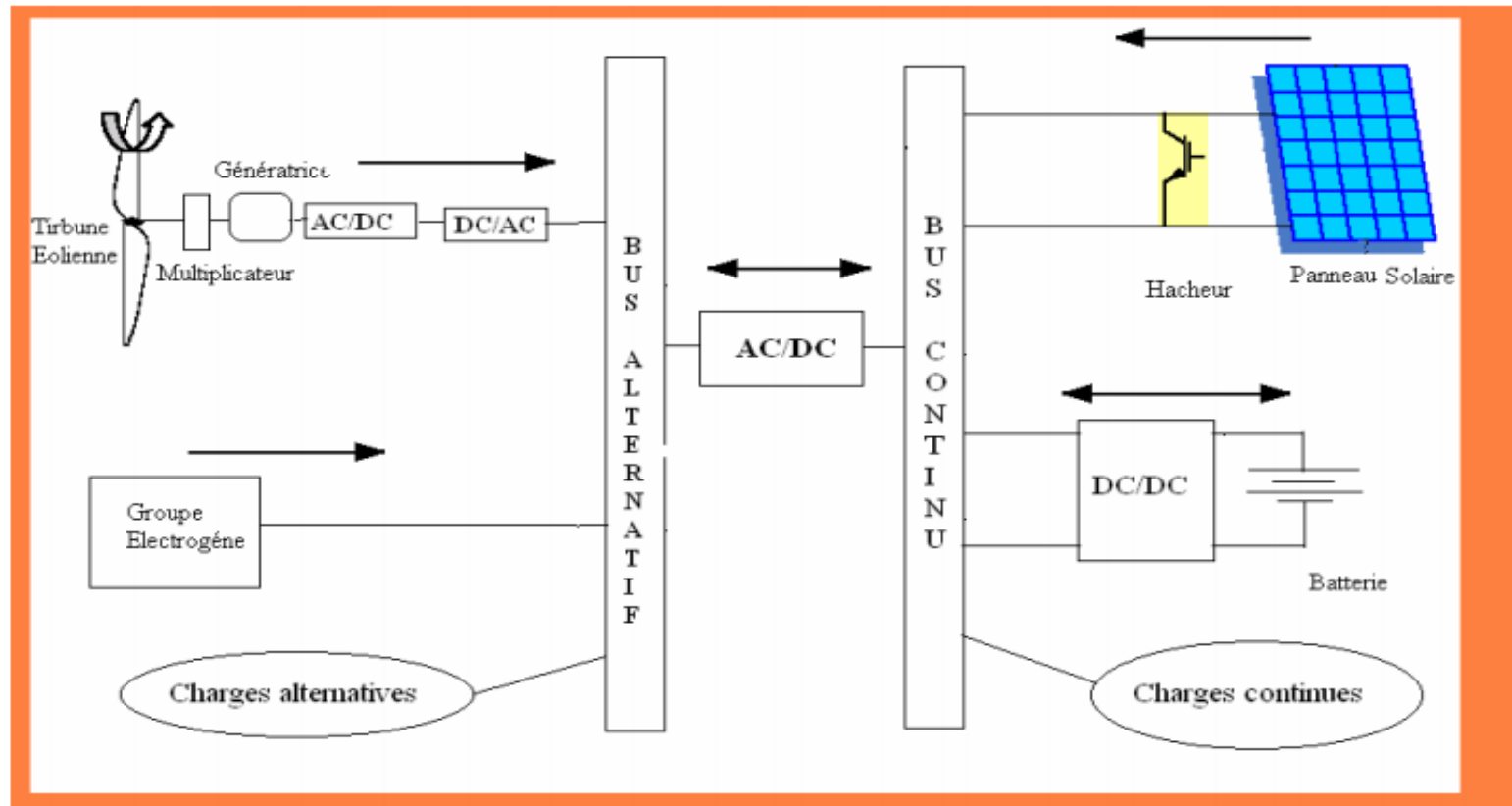
Topologie en bus AC



Architecture à bus DC-AC

- Dans cette configuration, les sources d'énergie renouvelable et les générateurs Diesels peuvent alimenter une partie de charge en AC directement, ce qui permet d'augmenter le rendement du système et de réduire la puissance nominale du groupe diesel et de l'onduleur.
- Le ou les générateur(s) Diesel(s) et l'onduleur peuvent fonctionner en autonome ou en parallèle en synchronisant les tensions en sortie.
- Les convertisseurs situés entre les deux bus (le redresseur et l'onduleur) peuvent être remplacés par un convertisseur bidirectionnel, qui, en fonctionnement normal, réalise la conversion continue-alternative.

SYSTEMES HYBRIDES



Pourquoi stocker

- L'objectif est d'alimenter une charge bien déterminée avec une énergie issue de la combinaison de l'éolien et du photovoltaïque.
- Le problème est de trouver un équilibre entre l'apport énergétique et la demande (la charge) qui est une fonction du temps (jour, saison et année).
- Chaque source d'énergie : l'énergie éolienne et le rayonnement solaire, varie en fonction du temps de la journée, de la saison et de l'année. L'équilibre entre l'apport énergétique de chaque source et la demande (type de charge) n'est pas toujours possible. le manque d'énergie sera compensé par l'introduction d'un stockage électrochimique tampon dans le système.

Stockage de l'énergie

- Actuellement l'énergie est essentiellement stockée sous forme d'eau retenue derrière des barrages. Il y a aussi la possibilité de travailler en circuit fermé : il existe quelques centrales de pompage/turbinage. Mais les contraintes environnementales sont très importantes ...

Stockage de l'énergie électrique

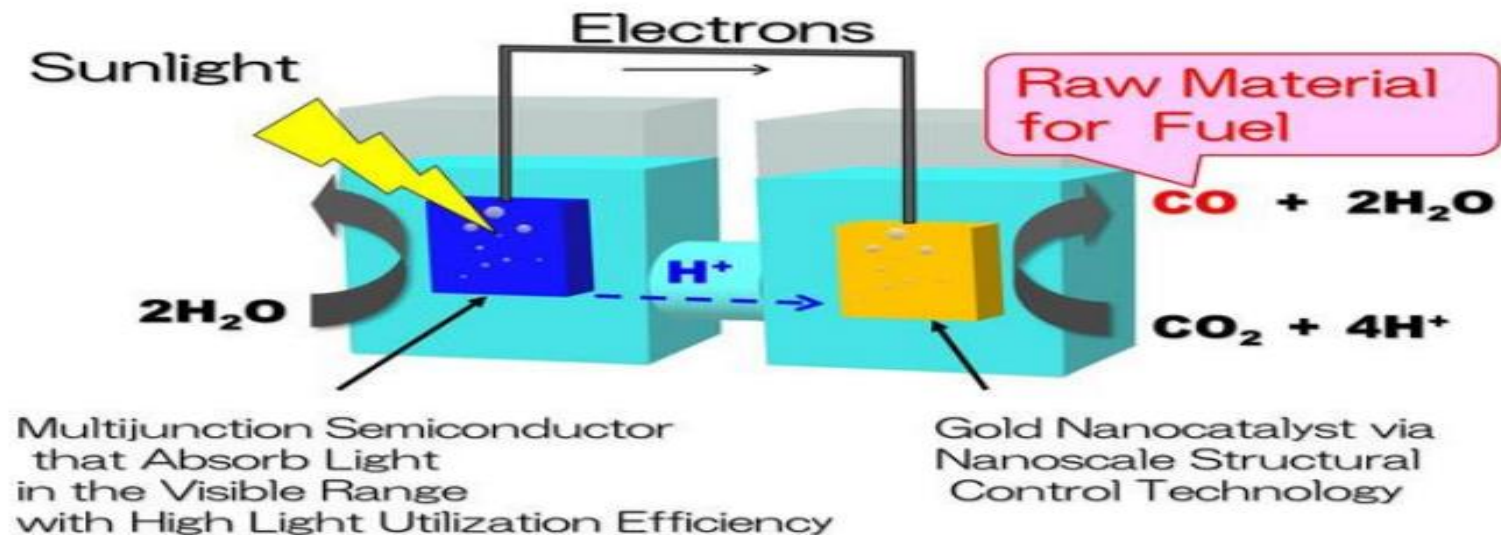
- Actuellement on stocke l'énergie électrique dans des batteries, ce qui assure une certaine durabilité...
- On stocke le gaz dans des réservoirs souterrains... On peut comprimer l'air ...
- Mais il y a d'autres moyens de stocker de l'énergie : sous forme de chaleur.

Stockage de l'énergie électrique

- Les énergies renouvelables produisent du courant continu, elles sont donc à même de fournir du courant pour des inductances (bobines) des capacitances (batteries) et du transport à très haute tension (500 à 1000 kV)
- L'électricité ne se transporte pas sans perte en ligne !
- Stockage de l'électricité d'origine solaire est plus facile (production de courant continu en basse tension) que l'électricité d'origine éolienne (production de courant triphasé moyenne tension)
- Les besoins de stockages sont fonction des applications : portables, mobiles (transports), stationnaires.

Le rêve : la photosynthèse artificielle

- Le 26 novembre 2014, lors de la « Conference on artificial photosynthesis » Toshiba a annoncé le développement d'une nouvelle technologie



L'électricité demain : les enjeux

- Produire des appareils moins gourmands
- Fournir de l'énergie à la demande
- Lutter contre les émissions des CO₂
- Réduire l'importance des pointes de demande
- Faire baisser le prix de revient de l'énergie en période de pointe.

La transition énergétique

- Définition : s'orienter vers un modèle énergétique plus sobre, moins polluant, plus indépendant en s'appuyant sur les économies d'énergie et les énergies renouvelables adaptées aux ressources de chaque territoire

Technologies de stockage

- Mécaniques : pompage, gaz comprimé
- Electriques : super-condensateurs, condensateurs
- Electrochimiques : batteries, piles à combustibles, technologies avancées
- Chimiques : hydrogène

Photovoltaïque

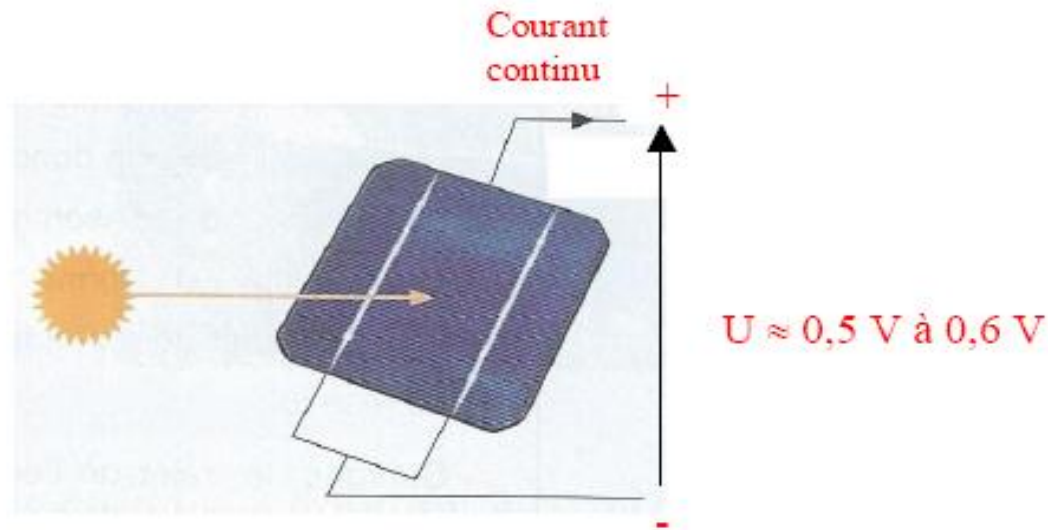
- Principe de l'énergie solaire photovoltaïque : transformer le rayonnement solaire en électricité
- à l'aide d'une cellule photovoltaïque.



TECHNOLOGIE

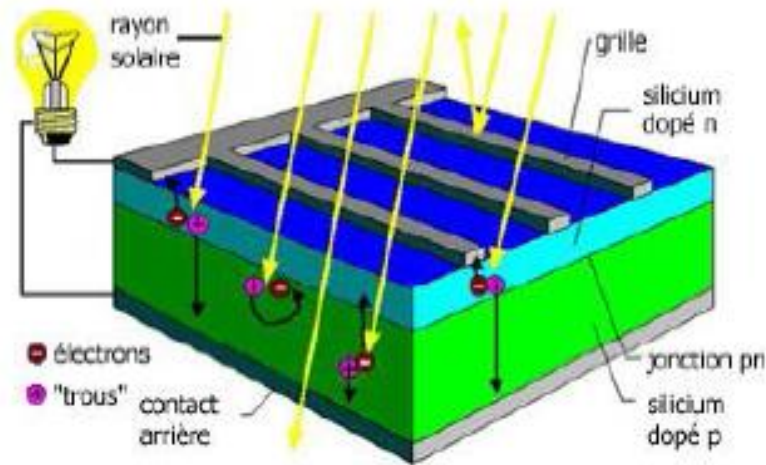
- **1-/ Cellule photovoltaïque**
- L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par le physicien français Becquerel. Un
- panneau solaire fonctionne par l'effet photovoltaïque c'est-à-dire par la création d'une force
- électromotrice liée à l'absorption d'énergie lumineuse dans un solide..

- C'est le seul moyen connu actuellement pour convertir directement la lumière en électricité.
- 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.



- La cellule photovoltaïque est fabriquée à partir de deux couches de silicium (matériau semiconducteur):
- - une couche dopée avec du bore qui possède moins d'électrons que le silicium, cette zone est donc dopée positivement (zone P),
- - une couche dopée avec du phosphore qui possède plus d'électrons que le silicium, cette zone est donc dopée négativement (zone N).

- Lorsqu'un photon de la lumière arrive, son énergie crée une rupture entre un atome de silicium et un électron, modifiant les charges électriques. Les atomes, chargés positivement, vont alors dans la zone P et les électrons, chargés négativement, dans la zone N. Une différence de potentiel électrique, c'est-à-dire une tension électrique, est ainsi créée. C'est ce qu'on appelle l'effet photovoltaïque



- A la surface, le contact électrique (électrode négative) est établi par la grille afin de permettre
- à la lumière du soleil de passer à travers les contacts et de pénétrer dans le silicium
- Les cellules solaires sont recouvertes d'une couche antireflet qui protège la cellule et réduit les pertes par réflexion. C'est une couche qui donne aux cellules solaires leur aspect bleu foncé.

Module solaire ou photovoltaïque

- **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 un
- 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.