

Chapitre 1

Principe de Conversion Photovoltaïque

1.1. Introduction

Le soleil est une source énergétique quasiment illimitée, il pourrait couvrir plusieurs milliers de fois notre consommation globale d'énergie [1]. C'est pourquoi, l'homme cherche depuis longtemps à mettre à profit cette énergie importante et diffusée sur l'ensemble de la planète. Il est arrivé à réaliser ce but par le moyen dit cellule photovoltaïque. Le nom Photovoltaïque vient du Grec, il est composé de deux parties:

Photos: Lumière. **Volt:** Unité de tension électrique, du nom Alessandro Volta.

Ce phénomène fut découvert au 19^{ème} siècle par le physicien Alexandre Edmond Becquerel. La première cellule photovoltaïque fut développée début 1954 pour l'alimentation en énergie des satellites. Depuis 1958, les cellules photovoltaïques alimentent seulement le système énergétique des satellites jusqu'à ses premières applications terrestres au début des années 70. Le photovoltaïque fut utiliser pour l'alimentation en énergie de petites maisons isolées et d'équipements de télécommunications [2].

Dans ce chapitre nous détaillons les principes de fonctionnement d'une cellule solaire, la fabrication d'un cellule solaire et ses différents type.

1.2. Historique

Les systèmes photovoltaïques sont utilisés depuis 40ans. Les applications ont commencé avec le programme spatial pour la transmission radio des satellites. Elles se sont poursuivies avec les balises en mer et l'équipement de sites isolés dans tous les pays du monde, en utilisant les batteries pour stocker l'énergie électrique pendant les heures sans soleil [3].

1839 : Découverte de l'effet photovoltaïque par Alexandre Edmond Becquerel.

Il avait observé que certains matériaux faisaient des étincelles lorsqu'ils étaient exposés à la lumière. Il démontra qu'il s'agissait d'une conversion directe de la lumière en électricité.

1958 : Une cellule avec un rendement de 9 % est mise au point. Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace.

1954 : Trois chercheurs américains, Gerald Pearson, Daryl Chapin et Calvin Fuller, mettent au point une cellule photovoltaïque à haut rendement au moment où l'industrie spatiale naissante cherche des solutions nouvelles pour alimenter ses satellites.

1958 : Une cellule avec un rendement de 9 % est mise au point. Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace.

1973 : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware.

1983 : La première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4 000 km en Australie.

1.3. Principe de fonctionnement

Cet effet met en jeu trois phénomènes physiques, intimement liés et simultanés

- ✓ L'absorption de la lumière dans le matériau
- ✓ Le transfert d'énergie des photons aux charges électriques
- ✓ La collecte des charges.

Dans un matériau photovoltaïque, une partie du flux lumineux absorbé sera restitué sous forme d'énergie électrique. Il faut donc au départ que le matériau ait la capacité d'absorber la lumière visible, puisque c'est ce que l'on cherche à convertir : lumière du soleil ou des autres sources artificielles, L'énergie absorbée (à des photons d'énergie supérieure à celle du band gap) permet aux électrons d'être libérés (laissant un ion positif). Ces électrons libérés sont susceptibles de produire un courant électrique si on les attire ensuite vers l'extérieur [4].

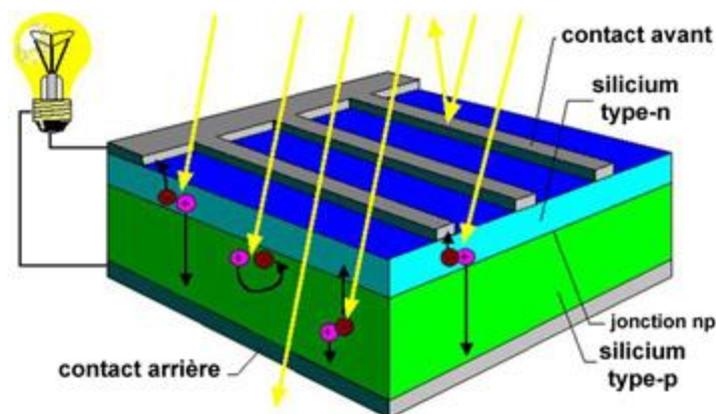


Figure 1. 1. Principe de conversion de l'énergie solaire

En énergie électrique par cellule Photovoltaïque.

Pour que les charges libérées par l'illumination soient génératrices d'énergie, il faut qu'elles circulent. Il faut donc les attirer hors du matériau semi-conducteur dans un circuit électrique.

Cette extraction des charges est réalisée au sein d'une jonction créée volontairement dans le semi-conducteur. Le but est d'engendrer un champ électrique à l'intérieur du matériau, qui va entraîner les charges négatives d'un côté et les charges positives de l'autre côté. C'est possible grâce au *dopage du semi-conducteur*.

Deux méthodes de dopage sont possibles :

- ❖ Le dopage de type n (négatif), qui consiste à introduire dans la structure cristalline semi-conductrice des atomes étrangers qui ont la propriété de donner chacun un électron excédentaire, libre de se mouvoir dans le cristal (ex : le phosphore)
- ❖ Le dopage de type p (positif) utilise des atomes dont l'insertion dans le réseau cristallin donnera un trou excédentaire. (ex : le bore).

Lorsque l'on effectue deux dopages différents (type n et type p) de part et d'autre de la cellule, il en résulte, après recombinaison des charges libres (électrons et trous), un champ électrique constant créé par la présence d'ions fixes positifs et négatifs.[4]

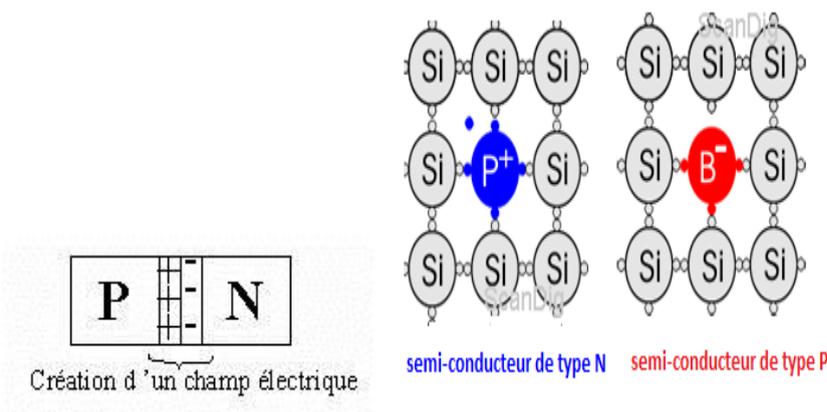


Figure 1. 2 - le champ électrique de la jonction PN.

1.3. Cellule solaire

La cellule photovoltaïque « photopile » permet la conversion directe de l'énergie lumineuse en énergie électrique (Courant continu). Son principe de fonctionnement repose sur l'effet photovoltaïque.

L'énergie des photons lumineux captés par les électrons périphériques (couche N) leur permet de franchir la barrière de potentiel et d'engendrer un courant électrique continu. Pour effectuer la collecte de ce courant, des électrodes sont déposées sur les deux couches de semi-conducteur. (L'électrode supérieure est une grille permettant le passage des rayons lumineux.

Une couche antireflet est ensuite déposée sur cette électrode afin d'accroître la quantité de lumière absorbée [5].

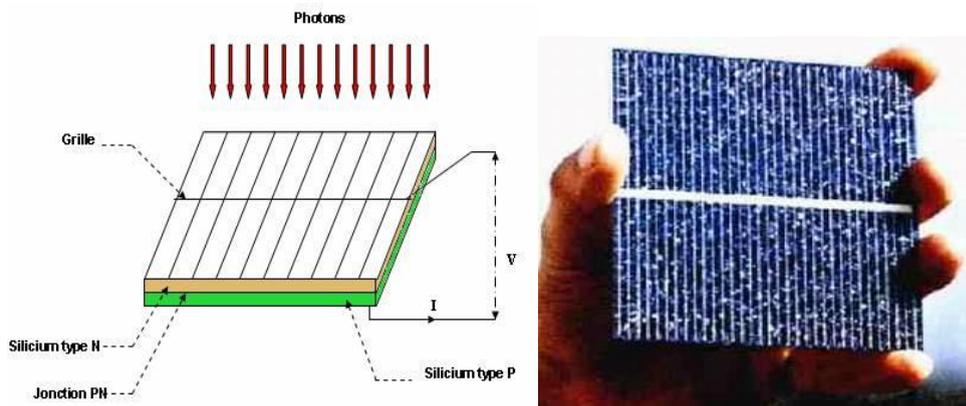


Figure 1. 3. Description d'une cellule.

1.3.1. Fabrication

Le silicium est actuellement le matériau le plus utilisé pour fabriquer les cellules photovoltaïques disponibles à un niveau industriel, La pierre de silice est à la base de la production de cellules photovoltaïques, La silice est un composé chimique (SiO_2). Le silicium (Si) est un élément de la famille des cristallogènes, C'est l'élément le plus abondant sur la Terre après l'oxygène (27,6%). Il n'existe pas à l'état libre mais sous forme de dioxyde :

- la silice (dans le sable, le quartz, la cristobalite, ...)
- les silicates (dans les feldspaths, la kaolinite, ...)

Procédé d'extraction : Divers traitements du sable permettent de purifier le silicium qui est alors chauffé et réduit dans un four. Le produit obtenu est un silicium dit métallurgique, pur à 98% seulement.

Ce silicium est ensuite purifié chimiquement et aboutit au silicium de qualité électronique (pur à 99.999999% exactement) qui se présente sous forme liquide

Par la suite, ce silicium pur va être enrichi en phosphore (qui deviendra la « partie N ») ou en bore (qui deviendra la « partie P »), afin de pouvoir le transformer en semi-conducteur

La production des cellules photovoltaïques nécessite de **l'énergie**, et on estime qu'une cellule photovoltaïque doit fonctionner environ 2 à 3 ans suivant sa technologie pour produire l'énergie qui a été nécessaire à sa fabrication.

1.3.2. Différent type

Il existe plusieurs types de cellules solaires au silicium :

1.3.2.1 Cellules monocristallines

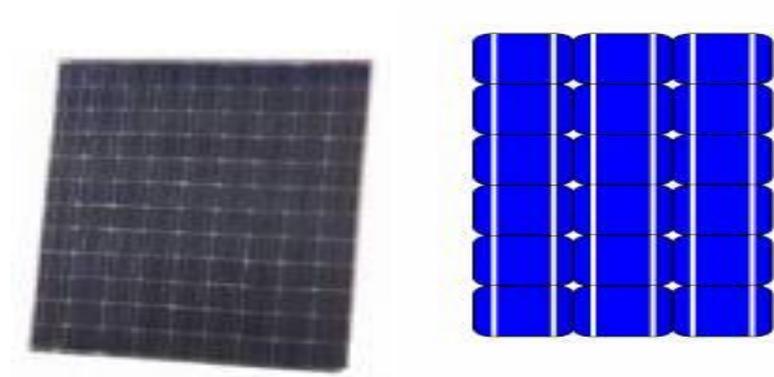


Figure 1. 1 – type de cellule monocristalline.

Première génération de photopiles

- Forme de plaquettes rondes, carrées ou pseudo-carrées, de surface bleu-gris uniforme.
- Rendement excellent de 15 % et jusqu'à 24 % en labo.
- Méthode de production laborieuse et difficile, et donc, très chère.
- Il faut une grande quantité d'énergie pour obtenir un cristal pure [6].

1.3.2.2. Cellules poly cristalline

Elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en plusieurs cristaux dont les orientations sont différentes. On les prépare en sciant en couches minces un bloc de silicium coulé. Elles ont un éclat brillant nacre bleu-Gri (multicolore) [6].

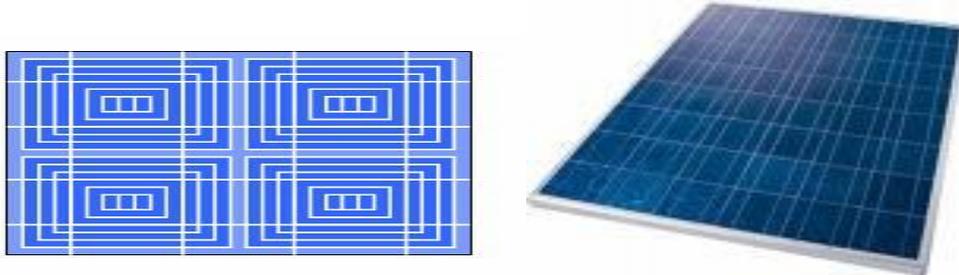


Figure 1. 2 – type de cellule poly cristalline.

- Rendement de 13 % et jusqu'à 20 % en labo.
- Coût de production moins élevé.
- Procédé moins gourmand en énergie.

1.3.2.3. Cellules amorphes

Ces cellules sont composées d'un support en verre ou en matière synthétique sur lequel est disposé une fine couche de silicium (l'organisation des atomes n'est plus régulière comme dans un cristal). Elles ont une surface uniformément sombre.

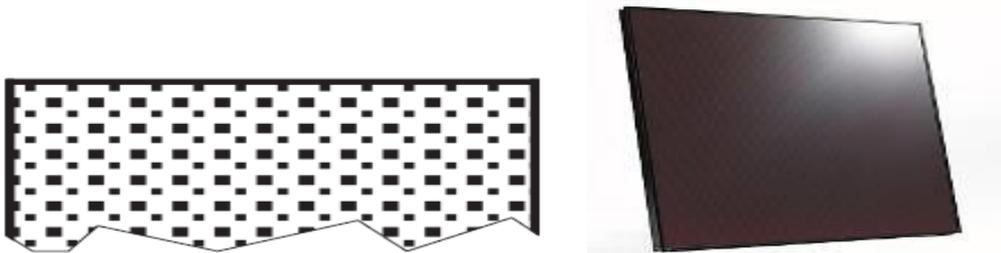


Figure 1. 3– type de cellule amorphe.

- Rendement de seulement 6 % par module et de 14 % en labo
- Coût de production bien plus bas
- Appliquées dans les petits produits de consommation : montres, calculatrices, mais peu utilisées dans le cadre des installations solaires.

Cependant, elles ont l'avantage de mieux réagir à la lumière diffuse et à la lumière fluorescente et donc, elles sont plus performantes à une température élevée.[6]

1.4. Les avantages spécifiques du *photovoltaïque

Par rapport aux autres sources renouvelables, le photovoltaïque offre des avantages particuliers:

- ❖ Elle est exploitable pratiquement par tout, la lumière du soleil étant disponible dans le monde entier.
- ❖ L'équipement de production peut presque toujours être installé à proximité du lieu de consommation, évitant ainsi les pertes en ligne.
- ❖ Il est totalement modulable et la taille des installations peut être facilement ajustée selon les besoins ou les moyens.
- ❖ Aucun mouvement, pas de pollution directe ou indirecte (facteurs atmosphériques ou liquides, produits de nettoyage, risque d'accident physique,...) aucun déchet, aucune perturbation pour l'environnement de proximité, c'est une énergie purement propre et écologique.
- ❖ La maintenance et les réparations sont réduites à presque rien pour la partie photovoltaïque et à peu de chose pour l'électronique associée.