

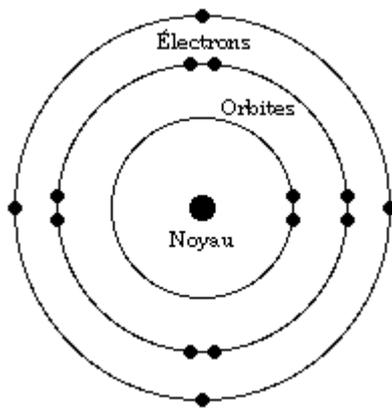
# TDM - Les cellules photovoltaïques

## Principe de fonctionnement ;

### Les matériaux semi-conducteurs :

Les semi-conducteurs sont des matériaux se situant entre les conducteur et les isolant, c'est-à-dire qu'ils ont une résistance plus élevée que les conducteur métallique mais plus faible que celle des isolants. Dans le cas des cellules photovoltaïques, c'est le silicium qui est le plus souvent utilisé comme semi-conducteurs.

### Atome de silicium :



Ici on peut voir que le silicium comme tous les semi-conducteurs à quatre électrons sur sa couche extérieure, on dira alors que sa valence est de 4.

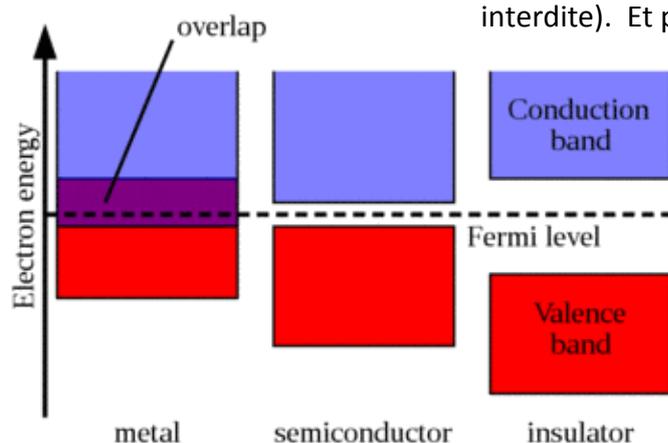
Ces 4 électrons de valence peuvent former des liaisons covalentes avec les atomes voisins.

### Les semi-conducteur de type intrinsèque ;

Un semi-conducteur intrinsèque est un semi-conducteur qui n'a pas été dopée c'est-à-dire qu'il n'a pas d'atome étranger, ils sont pur.

A 0 kelvin les semi-conducteurs ne sont pas conducteurs car leurs électrons de valences sont solidement attachés donc il n'y a pas d'électrons libres.

Mais lorsque la température augmente, les électrons absorbent cette énergie et vont donc s'exciter. Si les électrons absorbent assez d'énergie ils pourront passer de la bande de valence, où les électrons contribuent à la cohésion du solide, à la bande de conduction, où les électrons sont délocalisés, ils pourront donc contribué à la conductivité électrique du corps. Cette énergie nécessaire pour le passage d'une bande à l'autre est appelé GAP (bande interdite). Et pour les semi-conducteur, dans cette



« zone GAP » se trouve le niveau de fermi. Le niveau de Fermi est le niveau maximale d'énergie qu'un électron peut atteindre. Dans le cas des semi-conducteurs le niveau de Fermi est situé dans la bande de GAP, le passage de la bande

de valence à la bande de conduction est donc impossible. Mais pour augmenter la conductivité des semis conducteurs intrinsèque, on y introduit des impuretés(=dopage).

### Dopage de type N :

Le dopage de type N consiste à introduire un atome de la Vème colonne du tableau de Mendeleïev, le plus souvent on utilise le phosphore comme impureté car comme il est pentavalent 4 de ses électrons vont assurer les liaisons avec les atomes de silicium voisin et il restera un électron libre.

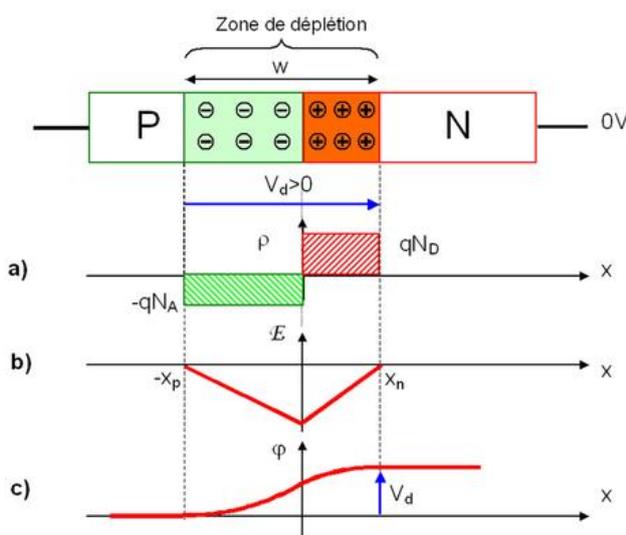
Cette électron va être exciter grâce à l'énergie thermique, il pourra donc plus aisément passer dans la bande de conduction

### Dopage de type P :

Le dopage de type P consiste à introduire dans les atomes de silicium qui est un atome de la IVème colonne un atome de la IIIème colonne comme le bore. Le fait qu'o introduit un atome de bore va faire qu'il aura une liaison de libre, ce qui va former un trou et cela qu'a des conditions de température basse.

A température élevée, l'énergie thermique va permettre le transfert d'un électron d'un atome de silicium voisin vers celui du Bore, ce qui va charger négativement l'atome de Bore car il aura un électron en plus.

### La jonction PN ;

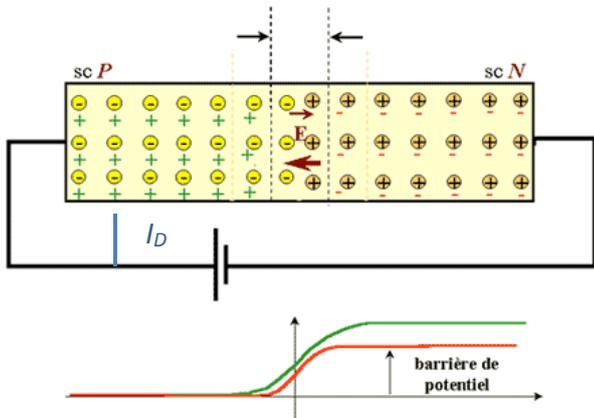


Quand un dopage P et un Dopage N d'un même cristal sont mis côte à côte, cela forme une jonction PN. A l'endroit où les 2 dopage se touchent, des trous du dosage P vont passer dans la zone N et les électrons du Dopage N vont passer dans la Zone P, à cette jonction, les électrons et les trous se combinent entre eux et se neutralisent c'est la zone de déplétion. La différence de densité du donneur et du receveur va passer d'une charge négative pour la zone P à une charge positive pour la zone N. Dans cette zone chargée électriquement, il ne reste plus que des ions, qui vont empêcher les autres charges

libres dans la zone P et N se recombiner car ils ne pourront pas traverser cette zone de déplétion, qui est isolante. Mais si applique à la diode une différence de potentiel, 2 cas de figure se présentent à nous.

### Cas 1 ;

Si on applique à cette diode une différence de potentielle  $V$  continue avec la borne positive du générateur reliée à la zone P et la borne négatif à la zone N, la diode est dite en « polarisation directe ».



Dans le cas où on applique une tension continue aux bornes, il se crée un champ électrique. Or dans la jonction PN il y a des particules (trous, électrons) ces particules, vont se déplacer selon la loi :

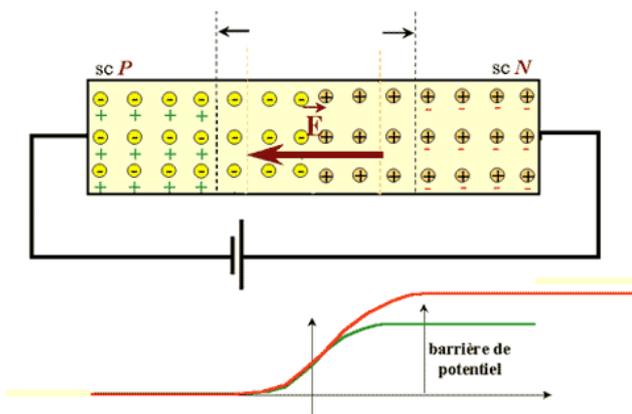
$$\vec{F}_e = q\vec{E}$$

Donc, Elles vont suivre le champ électrique qui est orienté du + vers le -.

C'est pourquoi les trous vont se déplacer vers la zone N en traversant la jonction PN et les électrons vont de déplacer vers la zone P en traversant aussi la jonction PN. Le fait qu'elles traversent cette jonction va générer un courant électrique de quelque mA.

### Cas 2 ;

Si on applique à cette diode une différence de potentielle continue avec la borne positive du générateur reliée à la zone N et la borne négatif du générateur reliée la zone P, la diode est dite en « polarisation inverse »



Dans le cas où on applique une tension continue aux bornes à ce montage un courant électrique sera créé mais il sera tellement faible, qu'il est négligeable.

En effet, le champ électrique se déplace du + vers le -, les trous et les électrons ne vont pas traverser la jonction PN mais ils iront en sens inverses de celle-ci, donc aucun courant ne vas circuler.

## Les différents types de cellules :

### Cellules de la première génération : cellules cristallines :

Les cellules de la première génération ont comme principal composant le silicium et ne contiennent qu'une jonction PN. Elles sont produites en « wafers »<sup>1</sup> grâce à du silicium très pur mais leur production est à ce jour très coûteuse et consomme beaucoup d'énergie.

On distingue 2 types de cellules cristallines :

#### Les cellules monocristallines



Lorsque le silicium est refroidi et donc se solidifie en ne formant qu'un cristal, on découpe de fines lamelles, tranches de ce cristal et qui ont une couleur bleue foncée uniforme.

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>	<b>Rendement</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Très bon rendement (150 Wc/m<sup>2</sup>)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Si l'éclairage, le rayonnement est faible, le rendement est très faible.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Rendement du dispositif commercial entre 12-19 % (soit une puissance de 120 à 190 Wc par m<sup>2</sup>).</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Durée de vie de plus ou moins 30ans</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- coût élevé</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- En laboratoire le rendement maximale atteint est de 25%</li></ul>

<sup>1</sup> En électronique et micro-électronique, un wafer (de l'anglais) est une tranche, une galette ou une plaque de semi-conducteur.(wiki)

## Les cellules polycristallins

Durant le refroidissement du silicium en fusion qui a été coulé dans des creuset à fond plat, il se forme des cristaux différents qui vont donner au panneaux photovoltaïques une couleur bleu foncé mais cette fois ci irrégulière



<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>	<b>Rendements</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Bon rendement (100 Wc/m<sup>2</sup>)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Si l'éclairage, le rayonnement est faible, le rendement est très faible.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Rendement du dispositif commercial entre 11-15 % (110 à 150 Wc/m<sup>2</sup>)</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Meilleur rapport qualité/prix que le monocristallins</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>- En laboratoire le rendement maximale atteint est de 20%</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Durée de vie de plus ou moins 30ans</li></ul>		

## **Cellules de la 2<sup>ème</sup> génération : couches minces**

Dans les cellules de la 2<sup>ème</sup> génération, les semi-conducteur qui peuvent être le silicium amorphe, le tellure de cadmium sont posé sur un support souvent en verre par vaporisation. Ces cellules sont souvent utilisées dans les montres, calculatrices ...

### **Le silicium amorphe**

Les cellules CIS représentent la nouvelle génération de cellules solaires sous forme de films minces, de type cuivre-indium-sélénium (CIS). Les matières premières nécessaires à la fabrication des cellules CIS sont plus faciles à se procurer que le silicium utilisé dans les cellules photovoltaïques classiques. De plus, leur efficacité de conversion énergétique est la plus élevée à ce jour pour des cellules photovoltaïques en couche mince.