

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique  
Département d'Electronique

**Mémoire de Fin d'Etude  
de MASTER ACADEMIQUE**  
domaine : Sciences et technologies  
Filière : Génie électrique  
Spécialité : Microélectronique

*Présenté par*

**CHERIFI Farida  
GRIM Naima**

Thème

**Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome**

*Mémoire soutenu publiquement le /09/2018 devant le jury composé de :*

**Mme LAGHA Kahina** , Promo trice

# Remerciements

*Nous remercions le DIEU le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage afin d'accomplir ce modeste travail*

- ❖ *Nos remerciements vont à Notre promotrice **M<sup>eme</sup> Lagha Kahina** pour nous avoir orientée et donnée de précieux conseils .Nous la prions de bien vouloir  
Agrée le témoignage de notre plus vive reconnaissance*

Nous apportons aussi nos vifs remerciements aux personnels enseignants de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

- ❖ *Nous remercions chaleureusement les membres du jury pour leur regard critique et plus que pertinent sur l'ensemble de notre travail.*
- ❖ *A toute la promotion de **2017/2018***

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail:*

❖ *A mon chère père, à ma chère mère, pour leur tendresse, leurs conseils, leurs sacrifices, leur présence à mes côtés et leur soutien, auxquels je dois ce que je suis et à qui je souhaite une longue vie pleine de bonheur et de santé. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon éternelle reconnaissance et de ma profonde affection.*

❖ *A Mes frères.*

❖ *A Mes sœurs.*

*A toute ma famille.*

*Sans oublier ma binôme **naima**, sa famille et tous mes Amis(e)*

**Farida**

# *Dédicaces*

*Avant tous, je remercie dieu le tout puissant de  
M'avoir donné le courage et la patience pour réaliser  
Ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées.*

*Je dédie ce modeste travail :*

❖ *A mes très chers parents, que dieu les garde et les  
Protège pour leurs soutien moral et financier, pour  
Leurs encouragements et les sacrifices qu'ils ont endurés.*

❖ *A mes chers grands parents*

*Mon frère Aghiles*

*A mes sœurs*

*A toute ma famille*

*A mon binôme **farida** avec qui j'ai partagé ce travail, et toute sa famille*

*A tous mes amis et camarades de promotion*

*Ainsi qu'à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour l'élaboration de  
ce travail.*

*Naïma*

# Sommaire

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Introduction générale**

## **Chapitre I : Généralité sur le système photovoltaïque**

I.1. Introduction.....	1
I.2.Energie solaire .....	1
I.3.Rayonnement solaire.....	1
I.4.Le nombre de masse d'air .....	3
I.5. Effet photovoltaïque.....	4
I.6.Cellule photovoltaïque .....	5
I.6.1 Technologies des cellules photovoltaïques .....	5
I.6.2.La structure de la cellule photovoltaïque .....	8
I.6.3.Le principe de fonctionnement d'une cellule solaire .....	9
I.6.5.Le schéma électrique d'une cellule photovoltaïque : .....	10
I.6.6.Caractéristique courant- tension (I-V) de la cellule photovoltaïque : .....	11
I.7.Influence de l'éclairement et de la température.....	14

## Chapitre II : Le système photovoltaïque autonome

II.1 Introduction .....	17
II.2 Système photovoltaïque autonome.....	17
II.2.1 Le générateur photovoltaïque .....	18
II.2.2. Le système de stockage.....	21
II.2.2.1. La batterie.....	21
II.2.2.2. Les caractéristiques principales d'une batterie sont.....	22
II.2.2.3 Groupement de batteries.....	24
II.2.3 Les onduleurs .....	25
II.2.3.1 Différents type d'onduleurs autonomes .....	26
II.2.3.2 La caractéristique des onduleurs .....	26
II.2.3.3 Critères de choix de l'onduleur .....	26
II.2.4 Les régulateurs de charge.....	27
II.2.4.1 Les différents types de régulateurs de charge .....	27
II.2.5 La charge.....	31
II.2.6 Câblage .....	32

## **Chapitre III : Méthode de dimensionnement**

III.1 Introduction .....	35
III.2 Méthode de dimensionnement d'une installation photovoltaïque autonome.....	35
III.2.1 Calcul du besoin en énergie d'installation autonome .....	35
III.2. Dimensionnement générateur photovoltaïque.....	36
III.3. Dimensionnement de stockage.....	39
III.4. Dimensionnement de l'onduleur .....	40
III.5. Dimensionnement du régulateur .....	41
II.6. Calcul du cout de l'installation photovoltaïque .....	41

## **Chapitre IV : Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome**

IV-1 Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome .....	43
IV. 1.1. Le choix du site .....	43
IV.2.1. Irradiations mensuelles (G) de la wilaya de Tizi-Ouzou.....	43
IV.1.2 Calcul de l'angle d'inclinaison optimale pour le générateur photovoltaïque.....	44
IV.1.3. Calcul du besoin en énergie d'installation autonome.....	44
IV.1.4. Dimensionnement du générateur photovoltaïque.....	45
IV .1.5 Choisir la tension de fonctionnement du champ photovoltaïque .....	46
IV.2 Dimensionnement économique.....	47
IV.2. Calcul du besoin en énergie d'installation autonome .....	49
IV.2.1 Dimensionnement du générateur photovoltaïque.....	49
IV.3 Dimensionnement de l'onduleur .....	51
IV.4 Dimensionnement du régulateur .....	51
IV.5 Dimensionnement économique de l'installation photovoltaïque.....	52

### **Conclusion générale**

### **Références bibliographique**

### **Résumé**

## Nomenclature

H : est la constante de Planck

C : est la vitesse de la lumière.

$\lambda$  : longueur d'onde.

AM : masse d'air .

$\theta$ : représente l'angle entre la position du soleil et l'horizon.

G : Générateur.

D : Diode interne.

Rsh : Résistance shunt interne.

Rs : Résistance série interne.

V : Tension aux bornes de la photo génératrice.

U : Tension aux bornes de l'utilisation.

I : Courant traversant l'utilisation.

FF : facteur de forme

$P_{in}$  : puissance lumineuse incidente (W).

$P_{max}$  : puissance maximale délivrée (W).

$I_{cc}$  : courant de court-circuit.

$V_{co}$  : tension de circuit-ouvert.

E : l'éclairement ( $W / m^2$ )

T : température

$E_{Tot}$  : Energie totale consommée par jour (Wh /j)

$E_{DC}$ : Energie consommée en continu par jour (Wh /j)

$E_{AC}$ : Energie consommée en alternatif par jour (Wh /j)

t : temps journalier d'utilisation (h)

$P_{DC}$  : Puissance consommé par les appareils qui fonctionnent en continue (W)

$P_{AC}$  : Puissance consommé par les appareils qui fonctionnent en alternatif (W)

$\eta_{ond}$  : Rendement de l'onduleur

$\eta_M$  : Rendement du module

$G$  : Irradiation globale sur un plan incliné (Wh/J/m<sup>2</sup>)

$S_M$  : Surface du module (m<sup>2</sup>)

$F_{CG}$  : Facture de correction globale (entre 0.65 et 0.9) la valeur souvent utilisée est 0.75.

$P_C$  : Puissance crête nécessaire pour alimenter la charge.

1000 : Irradiation durant les tests (Wh/m<sup>2</sup>).

$P_{CM}$  : Puissance crête du module photovoltaïque utilisé.

$V_{bat}$  : Tension de la batterie (V).

$V_{max}$  : Tension au point de puissance max (V).

$N_{MP}$  : Nombre de module en parallèle.

$N_{Tot}$  : Nombre totale de module.

$N_{MS}$  : Nombre de module en sérié.

$S_M$  : Surface du module (m<sup>2</sup>)

$N_{MS}$  : Nombre des module en sérié

$N_{MP}$  : Nombre des modules en parallèle

$A_{UT}$  : autonomie en jours

$P_{DD}$  : profondeur de décharge

$\eta_{bat}$  : rendement de la batterie

$C_{acc}$  : capacité de la batterie de stockage (Ah) ou (Wh)

$C_{bat}$  : capacité de la batterie (Ah)

$V_{bat}$  : tension de la batterie (V)

$V_{insta}$  : tension d'installation (V).

$N_B$ : nombre total de la batterie,

$N_{BS}$  : nombre de batterie en série

$I_s$  : courant de sortie du régulateur (A)

$P$  : puissance total de la charge lorsque tous les appareils fonctionnent au maximum de leur puissance de fonctionnement (W)

$C_{TDV}$  : coût total estimé pour une durée de vie de l'installation prévue

$C_{RB}$  : coût de remplacement (batterie)

$C_{ons}$  : consommation annuelle de système

$C_{OM}$  : coût d'opération et maintenance

$C_{OND}$  : coût de l'onduleur si besoin

$C_B$  : coût du parc de stockage

$C_O$  : coût indirect (coût de la structure du câblage ....ect)

$C_{GPV}$  : coût du g générateur photovoltaïque

$C_{reg}$  : coût du régulateur à installer

$C_T$  : coût total initial du système

$T_{Cons}$  : la durée de vie de l'installation

## Liste des figures

### I-Généralité sur le système photovoltaïque

Figure (I.1) : Analyse spectrale du rayonnement solaire .....	2
Figure(I.2) : Le différent type du rayonnement solaire.....	3
Figure (I.3) : Description du nombre de masse d'air AM.....	4
Figure (I.4) : Description d'une cellule photovoltaïque.....	4
Figure (I.4) : Cellules au silicium Monocristallin (1) et Cellule au Silicium Poly cristallin (2) .....	5
Figure (I.5) : Exemple de module utilisant le silicium amorphe .....	6
Figure (I.6) : cellule organique.....	6
Figure (I.7) : La structure de la cellule photovoltaïque.....	6
Figure(I.8) : structure (1) et diagramme de bande (2) d'une cellule photovoltaïque.....	8
Figure (I.9) : schéma électrique d'une cellule photovoltaïque.....	9
Figure (I.10) : Caractéristique (I-V) de la cellule photovoltaïque.....	10
Figure (I.11) : caractéristique courant tension de Ns cellule en série.....	11
Figure (I.12) : caractéristique courant tension de Ns cellule en parallèle.....	13
Figure (I.13) : Evolution de la caractéristique I(v).1 et P(v).2 pour différents niveaux d'éclairements .....	14
Figure(I.14) : Evolution de la caractéristique I(v) .1 et P(v).2 pour différentes températures .....	15

### II- Le système photovoltaïque autonome

Figure (II.1) : Les différents composants d'un système photovoltaïque autonome.....	17
Figure II.2 : Exemple d'un panneau solaire .....	18
Figure (II.3) : Comment incliné le panneau solaire.....	19
Figure(II.4) : processus de charge et de décharge d'une batterie au plomb .....	20
Figure (II.5) : caractéristique charge et décharge d'une batterie.....	21
Figure (II.6) : branchement des batteries en série .....	22
Figure(II.7) : branchement des batteries en parallèle .....	22
Figure (II.8) : symbole de l'onduleur .....	23
Figure(II.9) : schéma de régulateur série.....	25

Figure(II.10) : schéma de régulateur shunt .....	25
Figure (II.11) : Régulateur MPPT .....	26
Figure II.12: graphe rendement puissance MPPT.....	28
Figure II.12 : exemple sur les câbles.....	29

## Liste des tableaux

Tableau (I.1): Avantage et inconvénient des cellules photovoltaïques .....	7
Tableau (II.1) : les tensions du système correspondantes à chaque intervalle de puissance crête.....	42

## INTRODUCTION

La production d'énergie est un défi de grande importance pour les années à venir. En effet, les besoins énergétiques des sociétés industrialisées ne cessent d'augmenter. Par ailleurs, les pays en voie de développement auront besoin de plus en plus d'énergie pour mener à bien leur développement. De nos jours, une grande partie de la production mondiale d'énergie est assurée à partir de sources fossiles. La consommation de ces sources donne lieu à des émissions de gaz à effet de serre et donc une augmentation de la pollution. Le danger supplémentaire est qu'une consommation excessive du stock de ressources naturelles réduit les réserves de ce type d'énergie de façon dangereuse pour les générations futures.

A ce sujet, Les énergies renouvelables, comme l'énergie solaire photovoltaïque, éolienne ou hydraulique, ... apparaissent comme des énergies inépuisables et facilement exploitables. Si l'on prend l'exemple du soleil, une surface de 145000km<sup>2</sup> (4% de la surface des déserts arides) de panneaux photovoltaïques (PV) suffirait à couvrir la totalité des besoins énergétiques mondiaux [10].

La filière étudiée dans ce mémoire est l'énergie solaire qui est donc une possibilité de développement efficace et durable tant que le soleil brille encore, c'est pour cela que les recherches scientifiques se développent dans le sens de généraliser, améliorer et optimiser l'exploitation des systèmes solaires.

L'exploitation directe de l'énergie solaire relève une technologie bien distincte c'est de produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire photovoltaïque.

Elle provient de la transformation directe d'une partie de rayonnement solaire en énergie électrique, cette conversion d'énergie s'exécute par le biais d'une cellule dite cellule photovoltaïque (PV) basée sur un phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à produire une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée au soleil. La tension générée par une cellule (PV) peut varier en fonction du matériau utilisé pour la fabrication de la cellule.

L'association de plusieurs cellules (PV) en séries/parallèles donne lieu à un générateur photovoltaïque (GPV), qui a une caractéristique courant-tension non linéaire présentant un point

de puissance maximale, dépendant de niveau d'éclairement et de la température, ainsi que de vieillissement de l'ensemble de composants.

Ces panneaux photovoltaïques associés à des onduleurs, des batteries et des régulateurs constituent un système photovoltaïque. Ils peuvent être soit autonomes soit reliés au réseau électrique.

La conception d'une installation photovoltaïque nécessite une méthode de dimensionnement qui prend en compte les caractéristiques techniques de chaque composant ainsi que les caractéristiques du lieu à savoir la latitude, la température, l'irradiation solaire ... etc.) en plus d'une étude détaillée de la charge à alimenter.

Notre travail consiste à dimensionner un kit photovoltaïque autonome situé à Tizi-Ouzou pour alimenter une charge de 320 Watts pendant une durée de 12 heures. Nous allons évaluer l'effet du type des panneaux photovoltaïques choisis ainsi que l'effet de la capacité de la batterie sur le nombre d'éléments que contient le kit photovoltaïque.

Le premier chapitre de notre mémoire est consacré aux rappels sur le rayonnement solaire et l'effet photovoltaïque. Nous détaillerons le principe de fonctionnement d'une cellule solaire ainsi que celui des modules photovoltaïques.

L'étude des différents éléments qui constituent un kit photovoltaïque autonome à savoir les panneaux photovoltaïques, les régulateurs, les onduleurs, les batteries seront étudiés au deuxième chapitre.

Dans le troisième chapitre nous présentons les méthodes de dimensionnement d'une installation photovoltaïque autonome.

Dans le quatrième chapitre, nous présentons le dimensionnement d'un kit photovoltaïque autonome qui alimentera une charge de puissance 320 Watts avec une autonomie de 12 heures. Nous évaluons aussi l'effet du type du panneau solaire utilisé ainsi que l'effet de la capacité de la batterie choisie dans le dimensionnement du kit photovoltaïque autonome.

# Chapitre I : Généralités sur le système photovoltaïque

---

## I.1. Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la transformation d'une partie du rayonnement solaire en électricité, la conversion de cette énergie peut se faire grâce aux cellules photovoltaïques. Cela est basé sur un phénomène appelé effet photovoltaïque.

Dans ce chapitre nous exposons l'énergie solaire, le phénomène effet photovoltaïque et le principe de fonctionnement des cellules solaire ainsi que leurs caractéristiques principales.

## I.2. Energie solaire

L'énergie solaire convertit directement le rayonnement lumineux (solaire ou autre) en électricité, la distance entre la terre au solaire environ 150 million de kilomètre et la vitesse de la lumière est d'un peu plus de 300000 Km/S.

## I.3. Rayonnement solaire

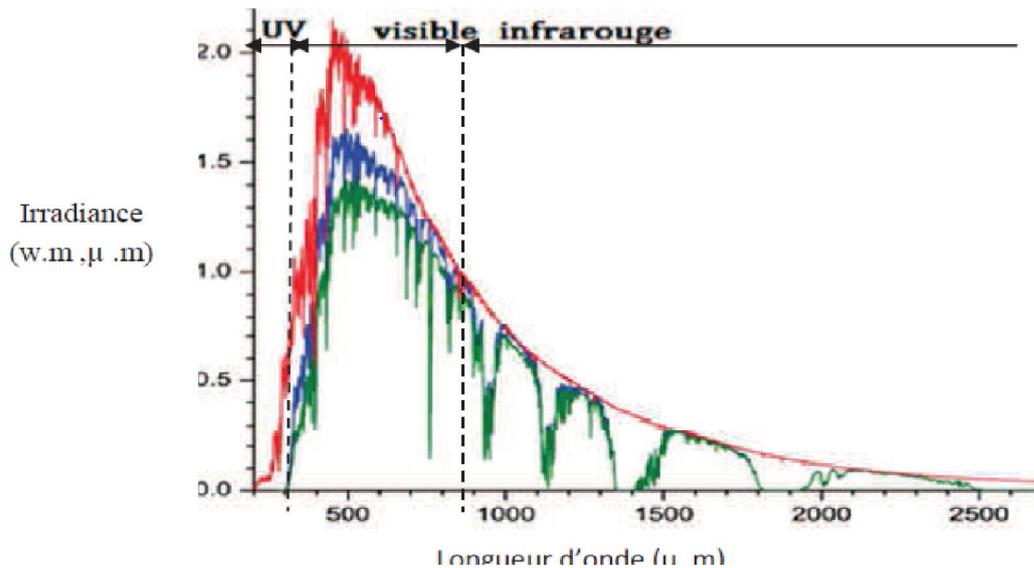
Le soleil envoie de l'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique, compris dans une bande de longueurs d'ondes qui varient de 0,22 à 10  $\mu\text{m}$ , ce rayonnement est composé de grains de lumière appelés photons, l'énergie de chaque photon est directement liée à la longueur d'onde par la relation suivante :

$$E_P = h \cdot c / \lambda$$

h : est la constante de Planck

C : est la vitesse de la lumière

$\lambda$  : longueur d'onde.



**Figure (I.1) :** Analyse spectrale du rayonnement solaire.

L'atmosphère reçoit ce rayonnement puissance moyenne de 1,30 Kilowatt au mètre carré. Il existe quatre types de rayonnement :

➤ **Rayonnement direct**

Est reçu directement au soleil sans diffusion par l'atmosphère ses rayons sont parallèles entre eux, il forme donc des ombres et peut être concentré par des miroirs. [6]

➤ **Rayonnement de diffus**

Est constitué par la lumière diffusée par l'atmosphère (air, nébulosité, aérosols) la diffusion est le phénomène qui répartit un faisceau parallèle en une multitude faisceaux partante dans tous les directions. [6]

➤ **Rayonnement réfléchi ou L'albédo**

Est la partie réfléchi par le sol et dépend de l'environnement du site.[6]

### ➤ Rayonnement global

Est la somme de tous les rayonnements reçus, y compris le rayonnement réfléchi par le sol et les objets qui se trouvent à sa surface. Il est mesuré par un pyromètre ou un Solarimètre sans écran.

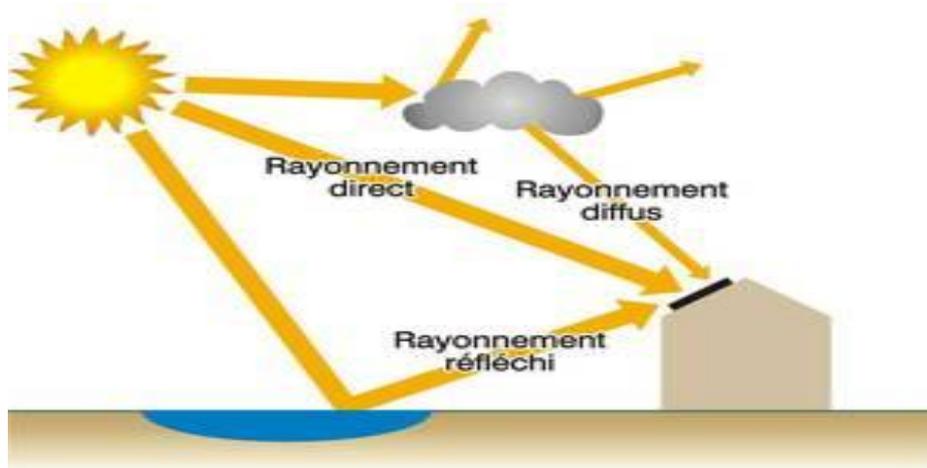


Figure I.2 : Le différent type du rayonnement solaire.

### I.4. Le nombre de masse d'air

On appelle « masse d'aire » AM, la partie de l'énergie solaire par absorption atmosphérique. Elle correspond à la longueur relative du parcours à travers l'atmosphère terrestre traversée par le rayonnement solaire. [6]

$$AM \sim \frac{1}{\sin\theta}$$

$\theta$ : représente l'angle entre la position du soleil et l'horizon figure (I.3).

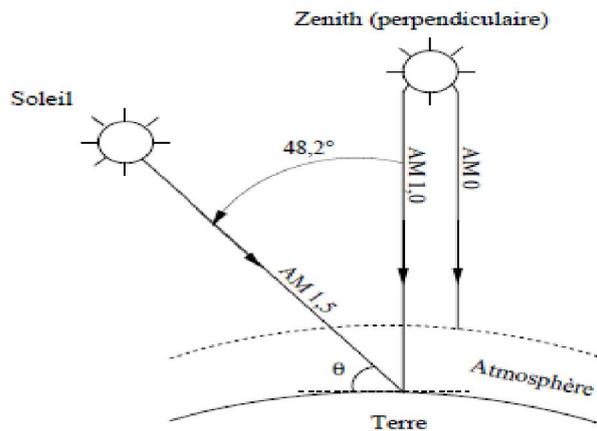


Figure (I.3) : Description du nombre de masse d'air AM

## I.5. Effet photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé effet photovoltaïque, il correspond à l'apparition d'une différence de potentielle entre les deux cotés d'une jonction semi-conducteur, lorsque ce matériau est exposé à la lumière du soleil, les photons constituant la lumière attaquent les atomes exposés au rayonnement, les électrons des couches électronique supérieure appelés aussi électrons de valence ont tendance à être arracher.

Dans la cellule photovoltaïque, une partie des électrons ne revient pas à son état initiale et les électrons arrachés créent une tension électrique contenue et faible.

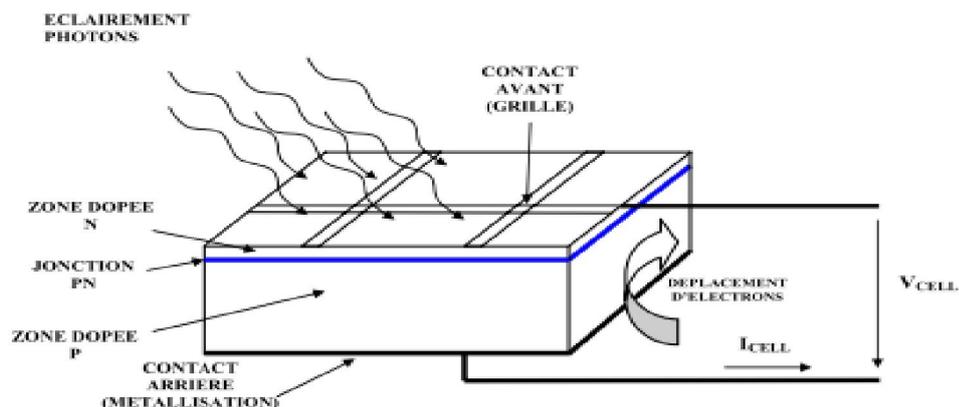


Figure (I.4) : Description d'une cellule photovoltaïque.

## I.6. Cellule photovoltaïque

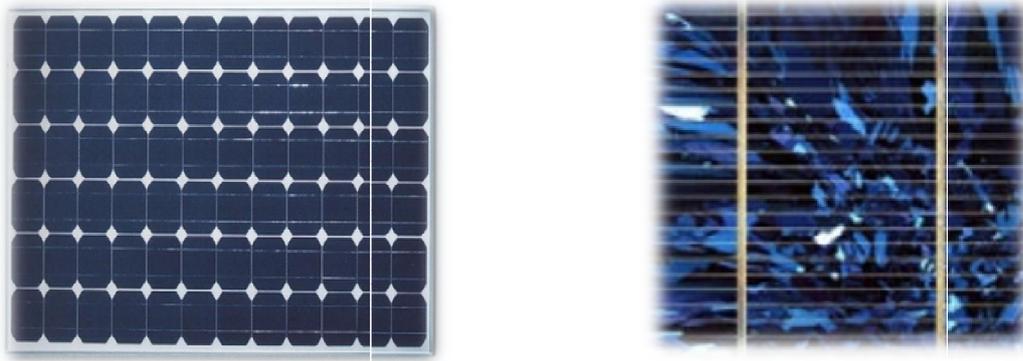
Les cellules photovoltaïques ou les plaque solaire sont des composants optoélectronique qui transforment directement l'énergie lumineuse en énergie électrique, elles sont réalisées à l'aide de matériaux semi-conducteur.

### I.6.1 Technologies des cellules photovoltaïques

On distingue trois générations de cellules photovoltaïques en fonction du développement technologique.

➤ **Technologies de la première génération à base de silicium cristallin.**

Les cellules de première génération sont basées sur une seule jonction P-N utilisent généralement le silicium sous forme cristallin comme matériau semi-conducteur. Les cellules produites par la méthode basée sur les wafers de silicium, consomment de l'énergie et donc très chère. Elles nécessitent par ailleurs un silicium d'une grande pureté. On différencie également les cellules à base de silicium monocristallin et poly cristallin. [6]



**Figure (I.4) :** Cellules au silicium Monocristallin (1) et Cellule au Silicium Poly cristallin (2).

➤ **Technologies de la 2<sup>ème</sup> génération à base de couches –minces**

Plus récemment sont apparues les technologies en couche – mince ;plus fines et dont la part démarché semble à une augmentation rapide .La cellule dites en couches- mince (thin – film) constituent ce que certains appellent les cellules de seconde génération car elles font historiquement suite aux cellules en silicium cristallin relativement épaisses. On distingue plusieurs types de cellules en couche- mince : [6]

- A base de silicium amorphe (a – si).
- A base de tellure de cadmium (CdTe).

## Chapitre I : Généralités sur le système photovoltaïque

---

- A base de cuivre / indium /sélénium ou cuivre / indium / Gallium/ sélénium (CIS ou CIGS).



**Figure (I.5)** : Exemple de module utilisant le silicium amorphe

- **Technologies de la 3<sup>ème</sup> génération « les cellules organiques »**

Elles sont constituées de molécules organiques combinant flexibilité et légèreté. Il y a trois types de cellules : les moléculaires, celles en polymères et les organiques hybrides. Ces technologies sont encore de la recherche et de développement. [6]



**Figure (I.6)** : cellule organique.

## Chapitre I : Généralités sur le système photovoltaïque

---

### ➤ **Avantage et inconvénient des cellules photovoltaïques**

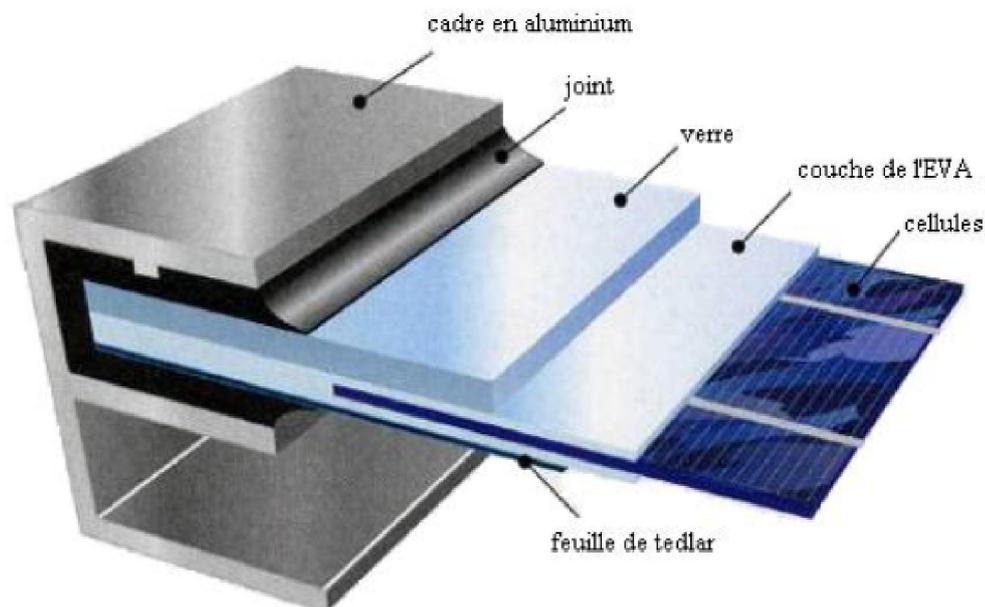
Le tableau (I.1) présente les avantages et les inconvénients pour les technologies les plus utilisées d'une cellule photovoltaïque.

Type	Silicium mono cristallin	Silicium poly cristallin	Amorphe
<b>Durée de vie</b>	25 ans	15 ans	<10 ans
<b>Avantage</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bon rendement en soleil direct.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bon rendement en soleil direct (moins que le monocristallin mais plus que l'amorphe).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Souplesse.</li><li>Prix moins élevé que le cristallin</li><li>• Bon rendement en diffus.</li></ul>
<b>Inconvénient</b>	Mauvais rendement en soleil diffus (temps nuageux...) <ul style="list-style-type: none"><li>• Prix élevé.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mauvais rendement en soleil diffus (temps nuageux...).</li><li>• Prix élevé.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mauvais rendement en pleine soleil.</li></ul>

**Tableau (I.1):** Avantage et inconvénient des cellules photovoltaïques.

### I.6.2. La structure de la cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est constituée de plusieurs couches. On trouve au centre de cette cellule, une couche avec porteurs de charges libres négative (N) en contact avec une autre couche avec porteurs de charges libres positives (P). De part et d'autre du cœur de la cellule, on a une couche conductrice (K) autrement dit une grille métallique, puisqu'il faut que cette couche soit conductrice et ne subisse pas des phénomènes de corrosion. On a donc une couche qui sert de cathode (pôle +) recouvrant la couche semi-conductrice dopée N et une couche qui joue le rôle de l'anode (pôle -) en dessous la couche semi-conductrice P. Aussi le silicium est très réflécheur, on place donc un revêtement anti-réflexion sur le dessus de la cellule. Enfin on trouve une couche de verre qui protège la cellule. Ces couvertures de protections sont indispensables car la cellule est très fragile. L'épaisseur totale de la cellule est de l'ordre du millimètre. Pour finir, on relie les cellules entre elles, constituant alors le panneau solaire, afin d'obtenir une puissance suffisante. [7]



**Figure (I.7) :** La structure de la cellule photovoltaïque

## I.6.3. Le principe de fonctionnement d'une cellule solaire

Une cellule photovoltaïque est un dispositif qui permet de transformer l'énergie solaire en énergie électrique. Cette transformation est basée sur les trois mécanismes suivants :

- Absorption des photons (dont l'énergie est supérieure au gap) par le matériau constituant le dispositif ;
- Conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création du pair électron/trou dans le matériau semi-conducteur ;
- Collecte des particules générées dans le dispositif ;

Le matériau constituant la cellule photovoltaïque doit donc posséder deux niveaux d'énergie et être assez conducteurs pour permettre l'écoulement du courant d'où l'intérêt des semi-conducteurs pour l'industrie photovoltaïque. Afin de collecter les particules générées, un champ électrique permettant de dissocier les paires électron/trou créés est nécessaire. Pour cela on utilise le plus souvent une jonction P-N d'autres structures, comme les hétérojonctions et les Schottky sont également utilisées.[7]

Le fonctionnement des cellules photovoltaïques est illustré sur la figure (I.7) :

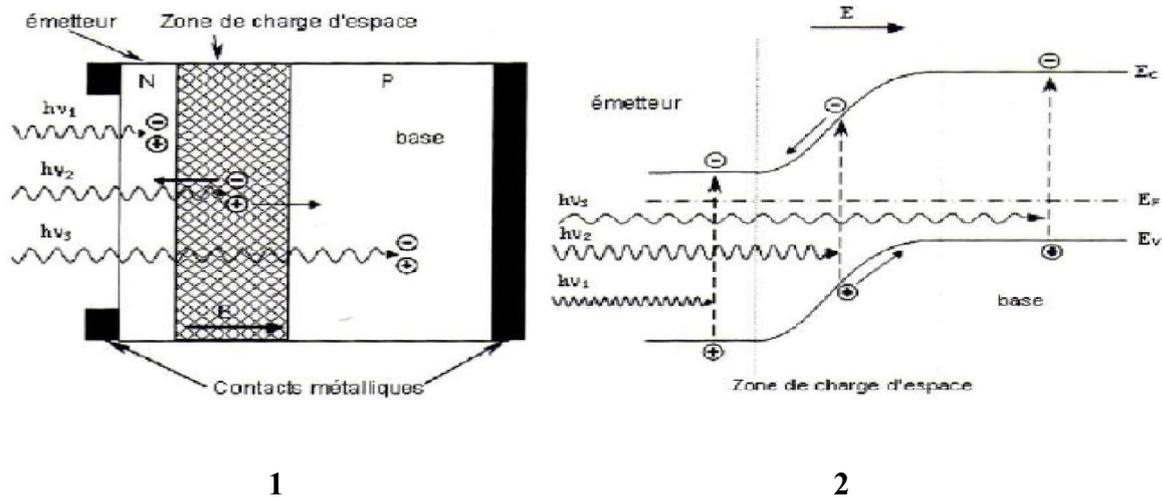


Figure (I.8) : structure (1) et diagramme de bande (2) d'une cellule photovoltaïque.

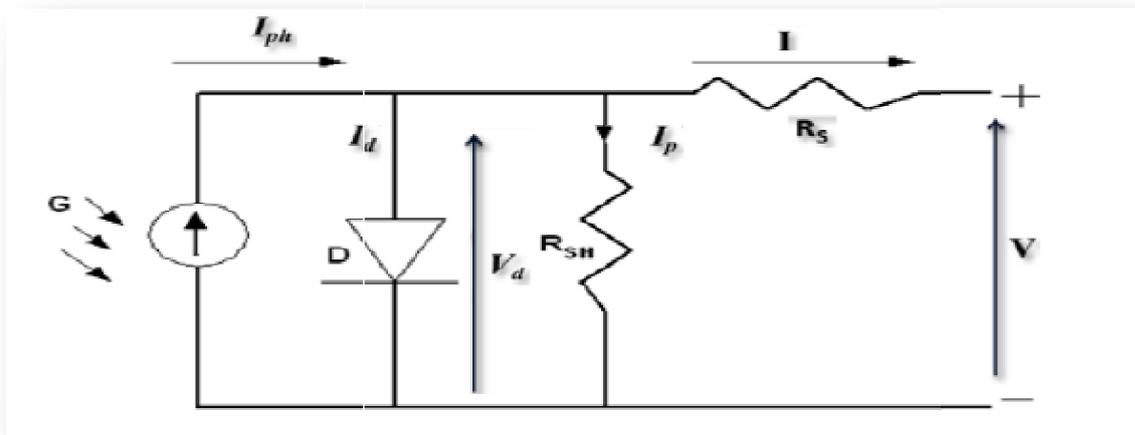
## Chapitre I : Généralités sur le système photovoltaïque

Les photons incidents créent des porteurs dans les zones N et dans la zone de charge d'espace. Les photon-porteurs auront un comportement différent suivant la région :

- Dans la zone N ou P, les porteurs minoritaires qui atteignent la zone de charge d'espace, sont envoyés par le champ électrique dans la zone P (pour les trous) ou dans la zone N (pour les électrons) ou ils seront majoritaires, on aura un photo-courant de diffusion.
- Dans la zone de charge d'espace, les paires électrons / trou créés par les photons incidente sont dissociés par le champ électrique, les électrons vont aller vers la région N, les trous vers la région P. on aura un photon-courant de génération.

### I.6.5. Le schéma électrique d'une cellule photovoltaïque :

Le schéma électrique équivalent d'une cellule photovoltaïque est représenté à la figure I.9



**Figure (I.9) :** schéma électrique d'une cellule photovoltaïque.

G : Générateur D : Diode interne Rsh : Résistance shunt interne

Rs : Résistance série interne V : Tension aux bornes de la photo génératrice

U : Tension aux bornes de l'utilisation

I : Courant traversant l'utilisation

G : est une source de courant parfaite.

D : est une diode idéale.

# Chapitre I : Généralités sur le système photovoltaïque

---

$R_{sh}$  : est une résistance shunt qui prend en compte les fuites inévitables de courant qui interviennent entre les bornes opposées positive et négative d'une photopile (micro court-circuit dans le silicium en particulier).

$R_s$  : est une résistance série qui est due aux différentes résistances électriques que le courant rencontre sur son parcours (résistance intrinsèque des couches, résistance de contact) .

$R_u$  est l'impédance du récepteur qui impose le point de fonctionnement sur la photopile en fonction de sa caractéristique courant-tension à l'éclairement considéré (dans le cas où le récepteur est assimilable à un résistor).

L'équation du modèle du générateur photovoltaïque est donné par :

$$I = I_{ph} - I_0 \left[ \exp \left( \frac{q \cdot V + I \cdot R_s}{mKT} \right) - 1 \right] - \left( \frac{V + I \cdot R_s}{R_{sh}} \right) \quad (I.1)$$

## I.6.6. Caractéristique courant- tension (I-V) de la cellule photovoltaïque :

A partir de la caractéristique I-V sous éclairnement de la cellule photovoltaïque, on déduit les paramètres électriques propres à la cellule et notamment :

### ➤ Le courant de court- circuit ( $I_{sc}$ ) :

Exprimé en mA, est le courant qui circule dans la cellule sous éclairnement sans application de tension. L'expression approchée du courant de court-circuit est :[5]

$$I \cong \frac{I_{ph}}{\left( 1 + \frac{R_s}{R_{sh}} \right)} \quad (I.2)$$

D'où :  $I_{CC} \approx I_{ph}$  dans le cas idéal.

### ➤ Tension de circuit ouvert ( $V_{co}$ ) :

C'est la tension  $V_{CO}$  pour laquelle le courant débité par le générateur photovoltaïque est nul (la tension maximale d'une photopile ou d'un générateur PV). Son expression est déduite de l'équation suivante :[5]

$$I_{PH} - I_0 \left( \exp \left[ \frac{V_{CO}}{V_T} \right] - \frac{V_{CO}}{R_{SH}} \right) = 0 \quad (I.3)$$

# Chapitre I : Généralités sur le système photovoltaïque

Dans le cas idéal ( $R_s \rightarrow 0, R_{sh} \rightarrow \infty, I_{ph} = I_{cc}$ ) on obtient :

$$V_{\infty} = V_T \ln \left( \frac{I_{ph}}{I_0} + 1 \right) \quad (I.4)$$

## ➤ Le facteur de forme :

Quant au facteur de forme FF, dit aussi facteur de remplissage, est le rapport de la surface du rectangle  $P_{max}$  produite par la tension en circuit ouvert et du courant court-circuit. Il est défini par :

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{co} I_{cc}} \quad (I.5)$$

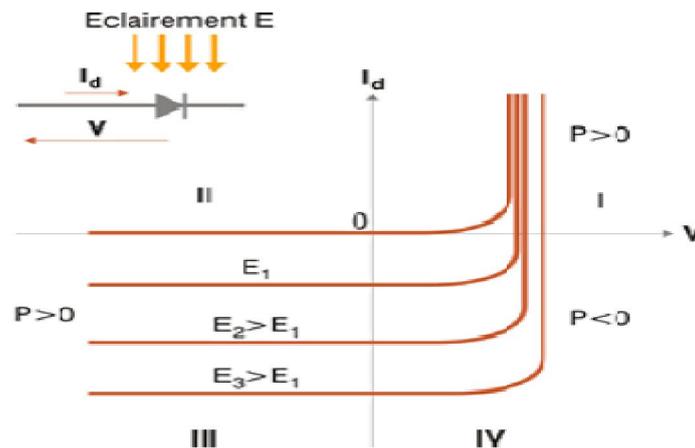


Figure (I.10) : Caractéristique (I-V) de la cellule photovoltaïque.

## ➤ Le rendement photovoltaïque

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{FF \cdot I_{cc} \cdot V_{co}}{P_{in}} \quad (I.6)$$

$P_{in}$  : puissance lumineuse incidente (W).

$P_{max}$  : puissance maximale délivrée (W).

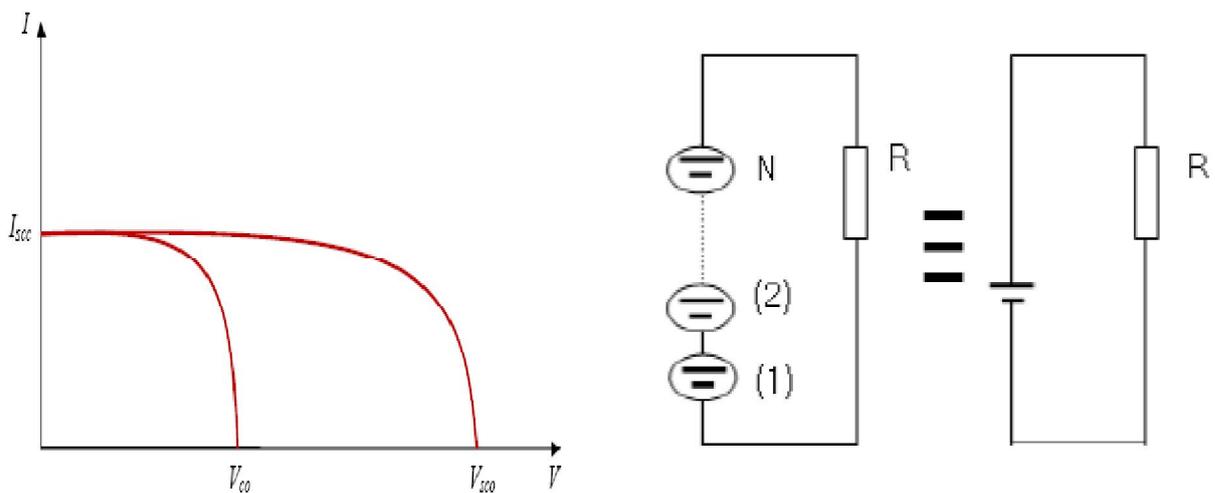
## I.6.7.Regroupement des cellules

### ➤ Regroupement en série

Dans un groupement  $N_s$  cellules en série figure(I.11) permet d'augmenter la tension du générateur photovoltaïque.les cellules sont traversées par le même courant et la caractéristique du groupement série est obtenus par addition des tensions élémentaires de chaque cellules. Les équations qui résument les caractéristiques électriques d'une association série de  $N_s$  cellules.[8]

$I_{cc} = I_c$  : courant de court-circuit.

$V_{co_{N_s}} = N_s * V_{co}$  : tension de circuit-ouvert.



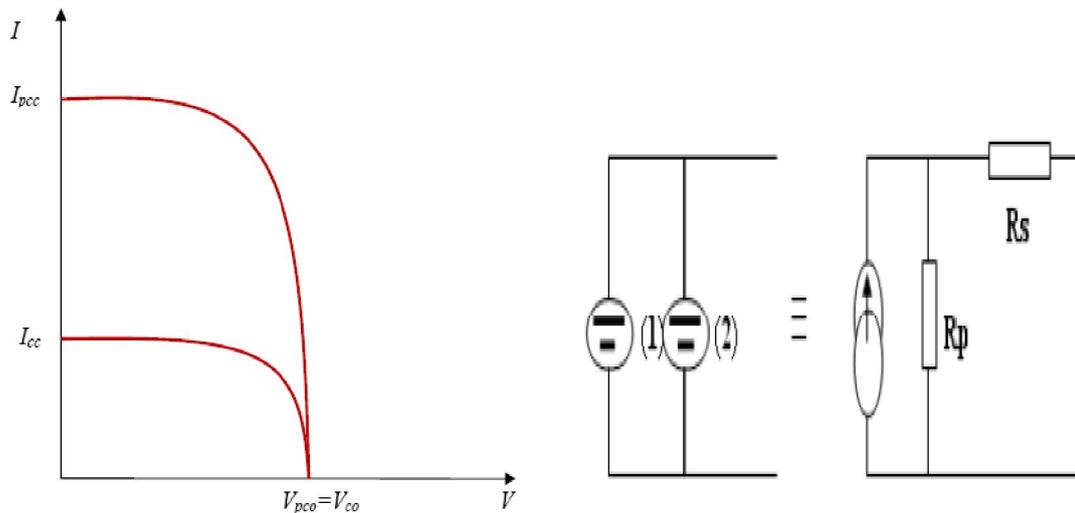
**Figure (I.11) :** caractéristique courant tension de  $N_s$  cellule en série.

### ➤ Regroupement en parallèle

Dans un groupement  $N_p$  identique connectées en parallèle figure(I.12), les cellules soumises à la même tension et la caractéristique résultante du groupement est obtenue par addition des courants.[8]

$I_{cc_{N_p}} = N_p * I_{sc}$  : courant de court-circuit.

$V_{co} = V_{co_{N_p}}$  : tension de circuit-ouvert.



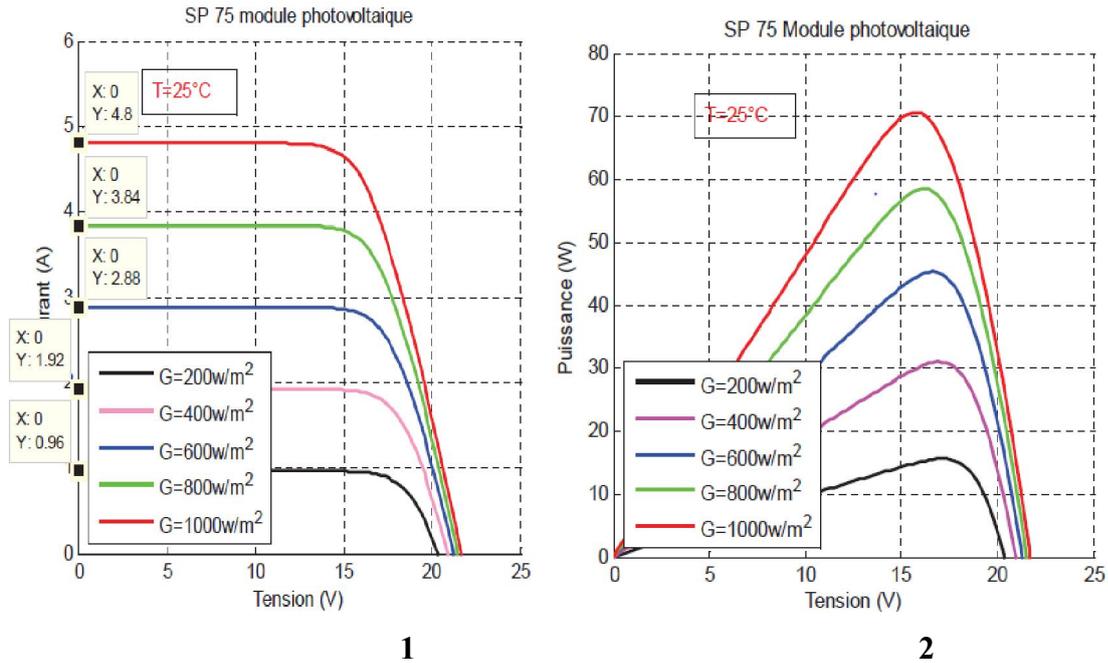
**Figure (I.12) :** caractéristique courant tension de  $N_s$  cellule en parallèle.

### I.7. Influence de l'éclairement et de la température

La caractéristique de la cellule photovoltaïque est directement liée aux conditions météorologiques, l'éclairement et de la température.

#### ➤ Eclairement

Pour une température constante de  $25^\circ$ , on remarque la variation de courant de court-circuit  $I_{cc}$  et de la puissance  $P_{max}$  en fonction de la tension pour différents niveaux d'éclairement. Pour la figure (I.13).1, Le courant  $I_{cc}$  augmente proportionnellement à l'augmentation de l'éclairement, mais par contre la tension varie légèrement. Ce qui se traduit par l'augmentation de la puissance. [1]

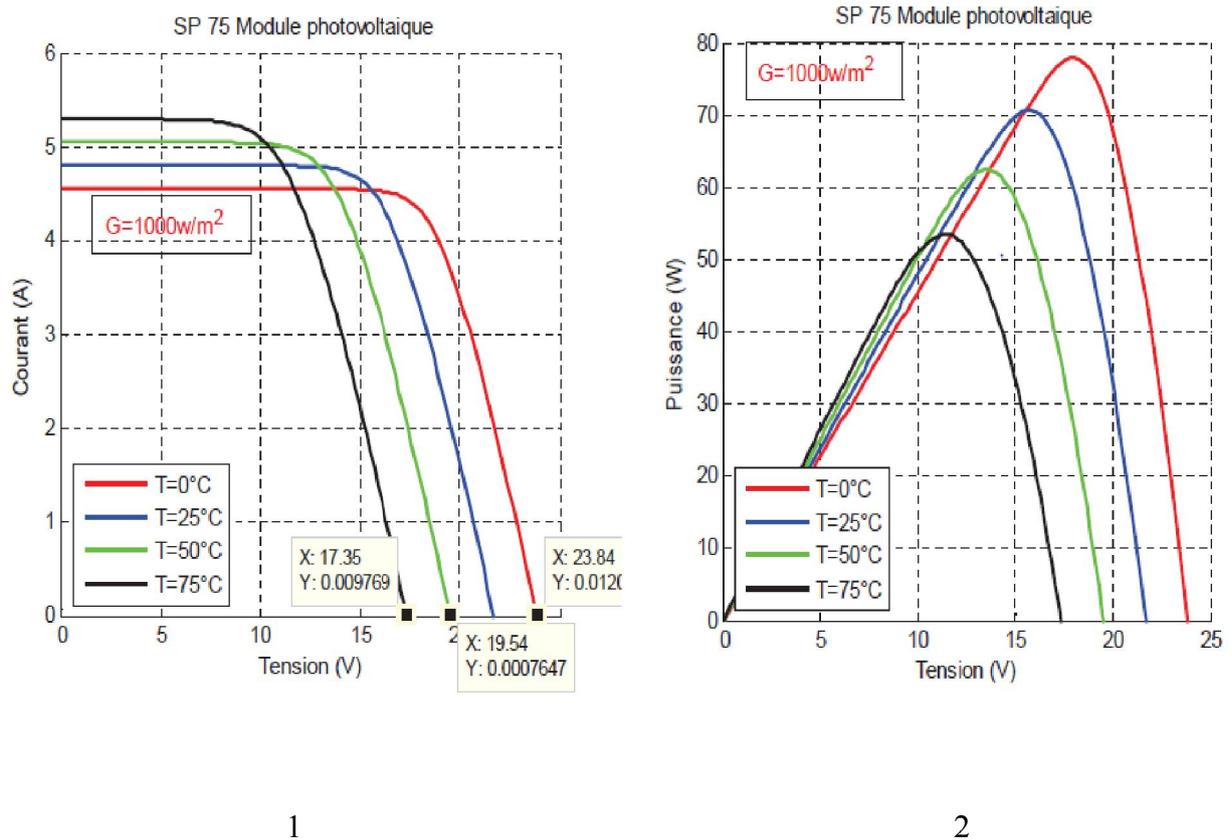


**Figure (I.13) :** Evolution de la caractéristique  $I(v)$ .1 et  $P(v)$ .2 pour différents niveaux d'éclairiments.

## ➤ Température

La température est un paramètre très important dans le fonctionnement des cellules solaires, la figure (I.14).1 présente la variation du courant de court-circuit  $I_{cc}$  et la puissance  $P_{max}$  en fonction de la tension pour des températures différentes à un éclairiment donné. Quand la température de la cellule augmente le courant de court-circuit augmente faiblement tandis que la tension en circuit ouvert  $V_{co}$  diminue de manière remarquable. Par contre la puissance maximale diminue lorsque la température augmente figure(I.14).2 .[1]

# Chapitre I : Généralités sur le système photovoltaïque



**Figure(I.14) :** Evolution de la caractéristique  $I(v)$ .1 et  $P(v)$ .2 pour différentes températures.

- L'effet photovoltaïque est une fonction de deux grandeurs physiques : L'éclairement et la température.
- Plus l'éclairement  $E$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) est important, plus la cellule va délivrer un courant important.
  - A l'inverse. Plus la température ( $T^\circ$ ) est élevée, plus la tension de sortie est faible.

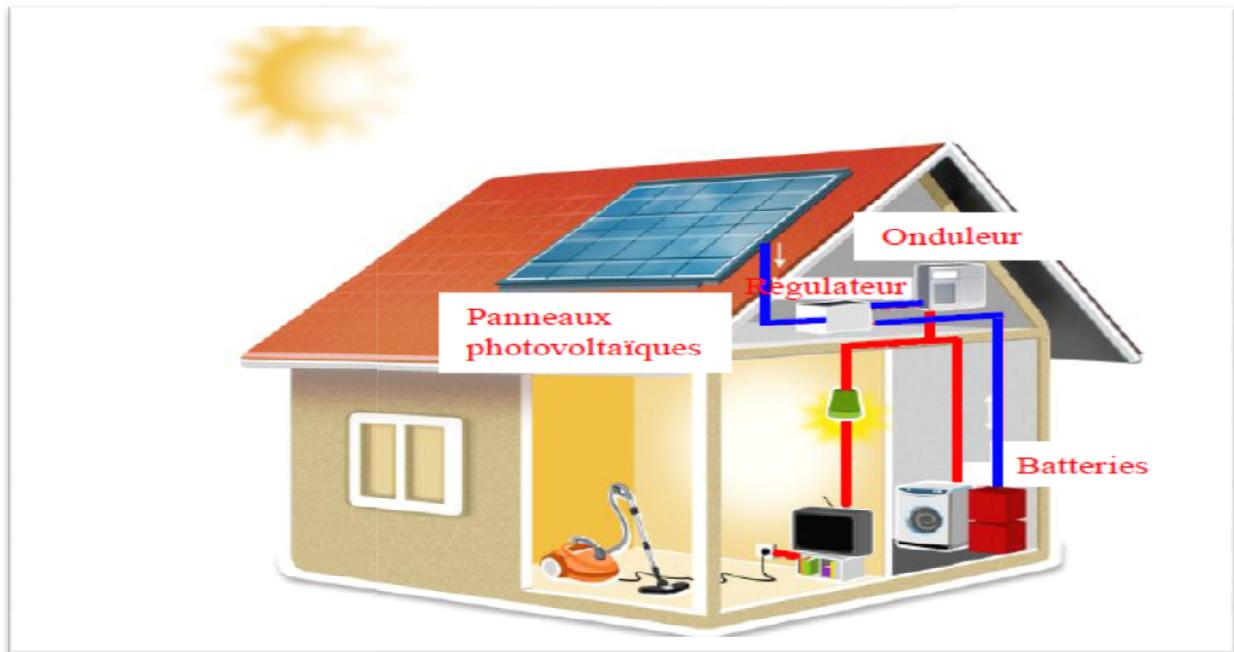
### II.1 Introduction

Dans ce chapitre on s'intéresse à l'installation autonome et leurs différents éléments à savoir les panneaux photovoltaïques, les régulateurs, les onduleurs, le système de stockage, le principe de fonctionnement et les différents types de ces composants.

### II.2 Système photovoltaïque autonome

C'est un système dont l'énergie produite est utilisée dans un site isolé et ayant un système de stockage d'énergie .L'énergie produite par les modules est en courant continu et comme on touche à l'habitat où la plus part des appareils fonctionnent en courant alternatif, il y a nécessité de la convertir. Ce système est composé de:

- Générateur photovoltaïque.
- Système de stockage.
- Régulateur.
- Onduleur.
- La charge (a courant alternatif, courant direct).
- Câblage.



**Figure (II.1) :** Les différents composants d'un système photovoltaïque autonome.

### II.2.1 Le générateur photovoltaïque

#### ➤ Le panneau photovoltaïque

Le panneau solaire ou champ solaire est un groupement de plusieurs modules en série et /ou en parallèle capable de transformer directement la lumière en électricité, ces modules sont montés sur une armature métallique qui permet de supporter le champ solaire avec un angle d'inclinaison spécifique. [9]



**Figure (II.2 :) Exemple d'un panneau solaire.**

La quantité d'électricité dans l'ensemble des composants des systèmes PV dépend de :

- La taille du panneau.
- L'ensoleillement du lieu d'utilisation.
- La saison d'utilisation.

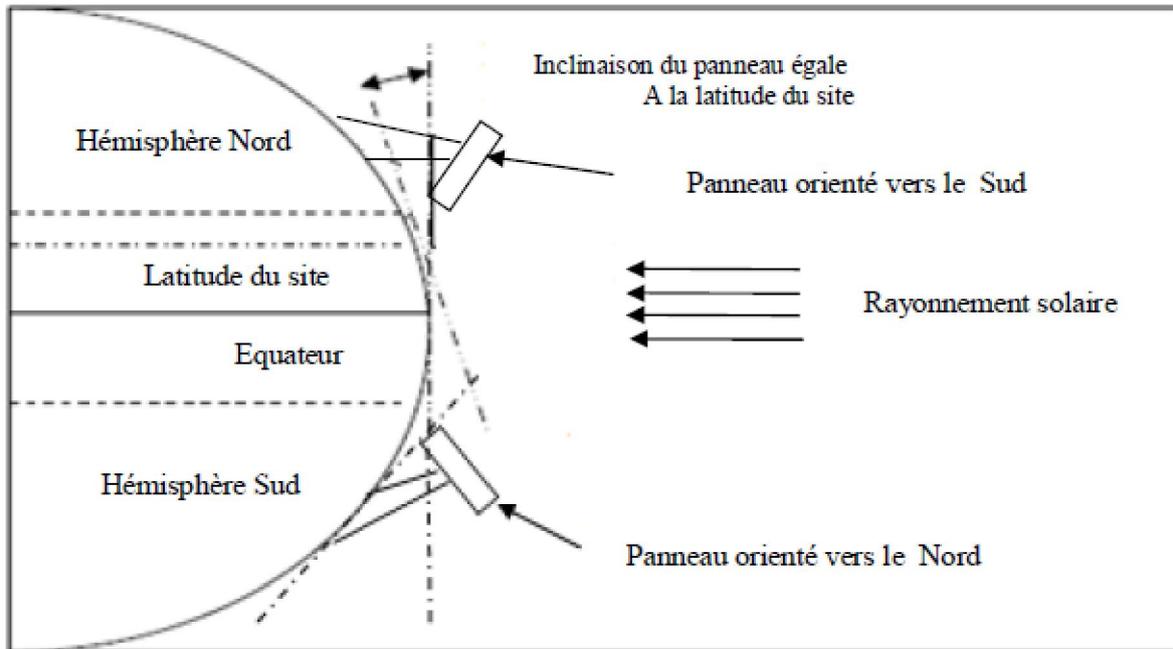
La puissance délivrée par un panneau est importante dans les heures d'ensoleillement maximal et presque nulle la nuit, ce qui nécessite un élément de stockage.

### ➤ **Choi de l'orientation du module**

L'orientation des modules doit être vers le sud pour les sites de l'hémisphère Nord, et vers le nord pour les sites de l'hémisphère Sud. [9]

### ➤ Choix de l'inclinaison du module

Il faut que la surface soit perpendiculaire aux rayons solaire pour produire un maximum d'énergie, comme il est difficile de modifier plusieurs fois dans l'année l'inclinaison des modules on choisi généralement une valeur moyenne sur l'année.[9]



**Figure (II.3) :** Comment incliné le panneau solaire.

### II.2.2. Le système de stockage

Le stockage d'énergie dans les installations photovoltaïques autonomes d'objectif de fournir d'énergie à tout moment, quelles que soient les séquences d'ensoleillement. Le stockage est assuré par des batteries (accumulateurs).

#### II.2.2.1. La batterie

Les batteries sont des ensembles des cellules électrochimiques (accumulateur) connectées en série, qui convertissent l'énergie chimique en énergie électrique. Les cellules de la batterie se composent de deux électrodes (positive et négative). [3]

**A la charge**, l'énergie électrique fournie par le générateur est stockée dans les cellules sous forme d'énergie chimique.

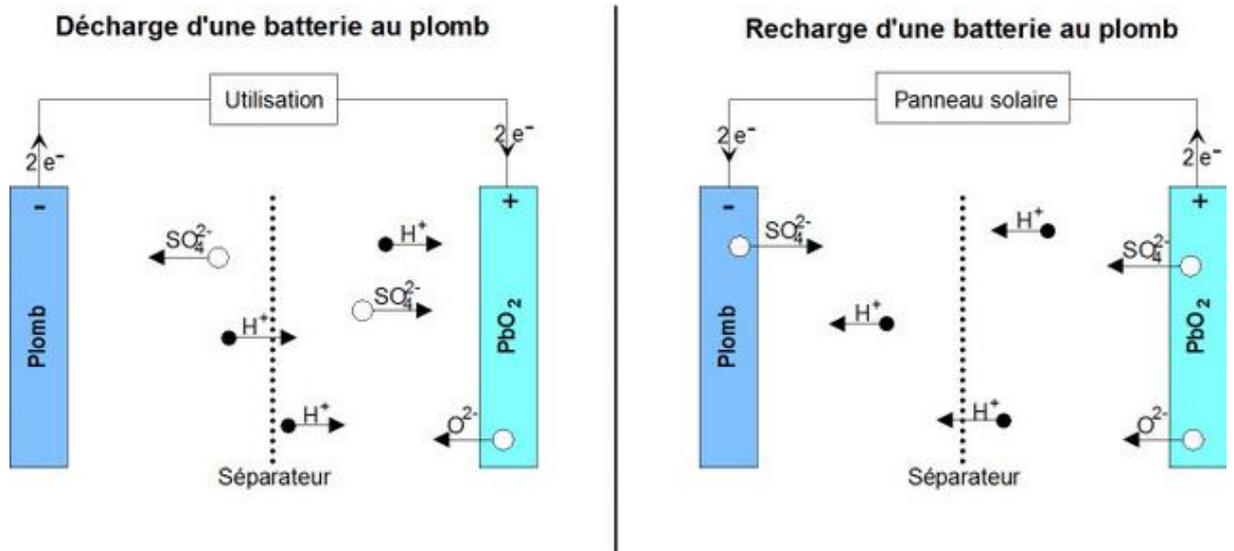
**A la décharge**, l'énergie qu'il stocke dans la batterie et convertie en énergie électrique lorsque la batterie est reliée à un circuit comportant une charge.

Les batteries les plus utilisées pour les générateurs autonomes sont en générale de type au plomb-acide et nickel-cadmium.

#### **a- Batterie au plomb**

Les batteries au plomb sont les plus utilisée pour les systèmes solaires autonomes .elle est constituée de deux électrodes, une positive est à base de dioxyde de plomb ( $PbO_2$ ) et une négative à base de plomb (Pb). La durée de vie de cette batterie est variant entre 10 à 15 ans.

### ➤ Principe de fonctionnement d'une batterie au plomb



Figure(II.4) : processus de charge et de décharge d'une batterie au plomb

A la charge, les deux polarités se sulfatent, l'électrolyte est consommé (les ions  $\text{SO}_4^{2-}$  vont sur les électrodes). l'oxygène libéré par l'électrode positive s'unit aux ions  $\text{H}^+$  en solution pour former de l'eau. Si la décharge est totale, l'électrolyte ne sera plus composé que d'eau distillée. [2]

la charge, les deux polarités désulfatent, l'électrolyte est régénéré (mise en solution d'ions  $\text{SO}_4^{2-}$ ). La plaque positive est peroxydée (formation de  $\text{PbO}_2$ ) et des ions sont libérés (augmentation de la concentration  $\text{H}^+$  de l'électrolyte).

### ➤ Batterie au nickel

Ce type de batteries généralement utilisé pour des applications de puissance relativement faible. Le coût élevé de ce type d'accumulateur (par rapport au Plomb) en limite l'utilisation pour les micro-puissances. Elles sont caractérisées par une longue durée de vie entre 15 à 20 ans. [2]

### II.2.2.2. Les caractéristiques principales d'une batterie sont

#### ➤ **Capacité**

La capacité d'une batterie est la quantité d'énergie que l'on peut stocker et que l'on peut restituer par celle-ci sous tension nominale; elle est exprimée en ampère-heure (Ah).[7]

#### ➤ **Rapports de chargement et déchargement**

Si la batterie est chargée ou est déchargée à un rythme différent que celui spécifié, la capacité disponible peut augmenter ou diminuer. Généralement, si la batterie est déchargée à un rythme plus lent, sa capacité augmentera légèrement. Si le rythme est plus rapide, la capacité sera réduite. [7]

#### ➤ **La durée de vie**

Un accumulateur peut être chargé puis déchargé complètement un certain nombre de fois avant que ses caractéristiques ne se détériorent. Par ailleurs, quel que soit le mode d'utilisation de l'accumulateur, il y'a une durée de vie totale exprimée en année (ou en nombre de cycles). [7]

#### ➤ **Profondeur de décharge**

La profondeur de décharge est le pourcentage de la capacité totale de la batterie qui est utilisé pendant un cycle de charge/décharge.[7]

#### ➤ **La tension d'utilisation**

C'est la tension à laquelle l'énergie stockée est restituée normalement à la charge.[7]

#### ➤ **Le rendement**

C'est le rapport entre l'énergie électrique restituée par l'accumulateur et l'énergie fournie à l'accumulateur. [7]

### ➤ Le taux d'autodécharge

L'autodécharge est la perte de capacité en laissant l'accumulateur au repos (sans charge) pendant un temps donné.

### ➤ La charge

Pendant la charge, l'accumulateur est un récepteur (environ 2,2 V) ; en fin de charge (point M), on note un accroissement rapide de la tension, les plaques complètement polarisées, la fin de charge est atteinte à 2,6 ou 2,7V [7]

### ➤ La décharge

Durant une assez longue durée d'utilisation, la tension reste remarquablement constante à la valeur de 2V environ .à partir du point N, elle diminue brusquement à 1,8 V, il faut alors recharger l'accumulateur [7]

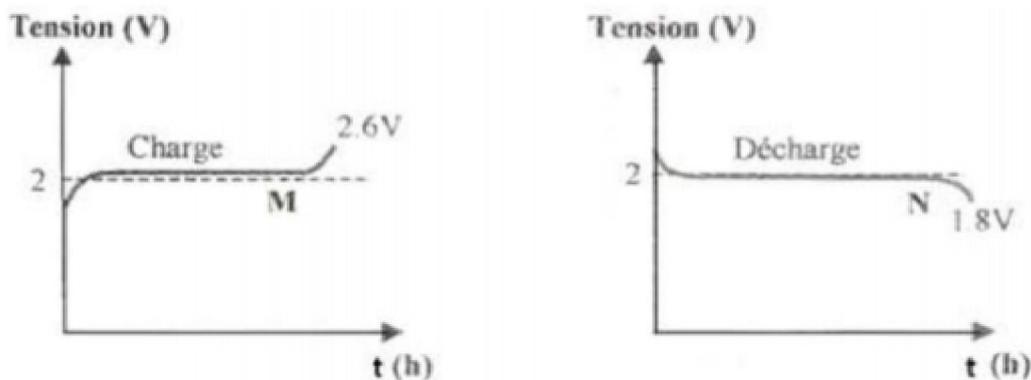


Figure (II.4) : caractéristique charge et décharge d'une batterie

### II.2.2.3 Groupement de batteries

Il peut augmenter la capacité de stockage avec la connexion en série ou /et en parallèle plusieurs batterie identique et de même durée de vie. [2]

### ➤ Montage en série

Le groupement plusieurs batteries d'intensité identique en série permet d'augmenter la tension du groupement des batteries sans modifier l'intensité. [2] Voir la figure

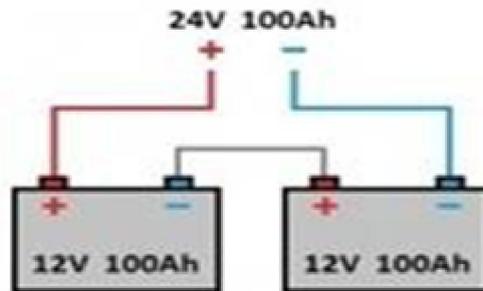


Figure (II.5) : branchement des batteries en série.

### ➤ Montage en parallèle

Le groupement de plusieurs batteries de tension identique en parallèle permet d'augmenter la capacité du parc des batteries sans modifier tension. [2] Voir la figure II.6

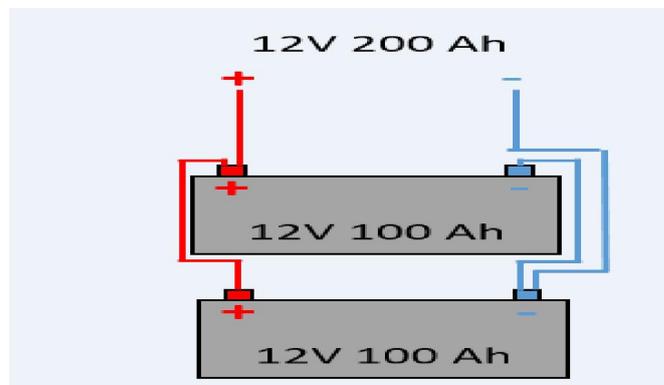
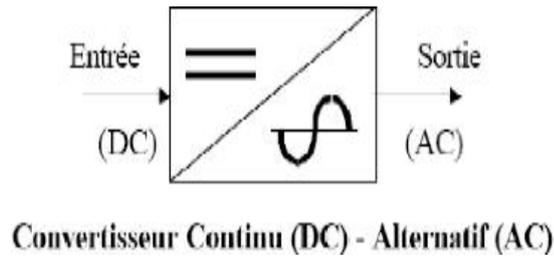


Figure (II.6) : blanchement des batteries en parallèle.

### II.2.3 Les onduleurs

Un onduleur est un appareil électrique permettant de transformer la tension /courant continue issue des modules photovoltaïque ou des batteries en tension /courant alternatif. Il dit autonome s'il assure de lui même sa fréquence et sa forme d'onde [1]



**Figure II.7 :** symbole de l'onduleur.

### II.2.3.1 Différents type d'onduleurs autonomes

#### ➤ Onduleurs à onde carré

C'est la technique la plus simple et la plus ancienne pour générer une onde alternative .mais ne sont pas toujours capables d'alimenter certains appareilles. [3]

#### ➤ Onduleurs à onde sinusoïdale modifiée

La technologie utilisée est plus élevée que les onduleurs à onde carré, et mieux adaptés aux installations photovoltaïque autonome en termes d'efficacité et de rendement globale. [3]

#### ➤ Onduleurs à onde sinusoïdale

Sont généralement les plus chers et plus aboutie que les onduleurs précédente. [3]

### II.2.3.2 La caractéristique des onduleurs

Les principales caractéristiques des onduleurs sont :

- Puissance nominale.
- Puissance de point ou surcharge.
- Consommation à vide ou en attente.
- Tension d'entrée et de sortie.
- Rendement et la durée de vie.

### II.2.3.3 Critères de choix de l'onduleur

Avant de choisir un onduleur il faut s'assurer que :

- L'onduleur peut démarre le récepteur (seul un essai est vraiment relevant).
- Les variations de la tension de sortie sont acceptées par la charge.
- L'onduleur est protégé contre les surcharges côté DC et AC et contre la surchauffe.
- L'onduleur coupe les utilisations en cas de basse tension DC (protection de batterie).
- La charge tolère la distorsion de l'onduleur (forme d'onde).
- Son rendement est suffisant au point de fonctionnement de la charge.

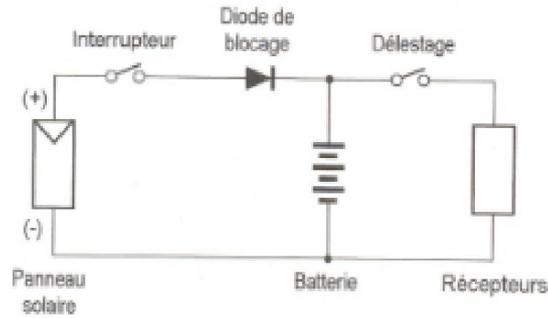
### II.2.4 Les régulateurs de charge

Le régulateur est l'élément central d'un système photovoltaïque autonome. Il se place entre les panneaux et les batteries. Son objectif est de protéger la batterie contre les surcharges et les décharges profondes pour lui assurer une meilleure durée de vie, pour que l'application autonome le soit pendant longtemps.[2]

#### II.2.4.1 Les différents types de régulateurs de charge

##### ➤ Les régulateurs série

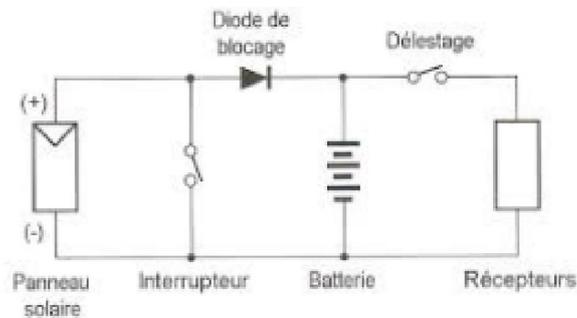
Il Utilise des relais ou des commutateurs électriques en série entre le module et la batterie, il contrôle la charge de la batterie pour déconnecter le générateur photovoltaïque lorsque la tension de la batterie atteint un niveau prédéterminé. Quand l'état de la charge de la batterie baisse après utilisation de la charge, le régulateur reconnecte le chargeur afin qu'il recharge la batterie pendant le cycle solaire suivant. [3] voir la figure II.8



**Figure (II.8) :** schéma de régulateur série.

### ➤ Les régulateurs shunt

Montés en parallèle entre le panneau solaire et la batterie. Il intervient en déviation sur la batterie à l'aide d'un interrupteur et dissipe l'énergie en chaleur, il contrôle la charge de la batterie en court-circuitant le générateur photovoltaïque lorsque la batterie atteint sa pleine charge. Le courant du module passe directement dans la batterie et dès que le seuil critique est atteint, le courant passe par l'interrupteur. [2]



**Figure (II.9) :** schéma de régulateur shunt.

### ➤ Le régulateur PWM

Le PWM ou régulateur solaire classique est piloté par un microprocesseur Et s'adapte automatiquement à la tension du système photovoltaïque.

Les régulateurs de charge PWM connectent directement le panneau solaire à la batterie à charge, donc la tension de la batterie qui définit la tension de fonctionnement du module.

Si la batterie est déchargée, les impulsions de courant sont longues et presque ininterrompues. Quand la batterie est chargée, les impulsions deviennent de plus en plus brèves et espacées.

### ➤ Régulateur MPPT :

Les régulateur MPPT ou Maximum Power Point Tracking, utilise un circuit spécial cherche le point de puissance maximale du générateur pour charger la batterie (l'accumulateur) avec le plus grand courant possible. L'avenage de ce type de régulateur est qu'il permet de travailler dans une grande plage de température. [4]



**Figure II.10 :** Régulateur MPPT.

### ➤ **Fonctionnement d'un régulateur MPPT**

Pour un même éclairement, la puissance délivrée sera différente selon la charge. Un contrôleur MPPT permet donc de piloter le convertisseur statique reliant la charge et le panneau photovoltaïque de manière à fournir en permanence le maximum de puissance à la charge à chaque instant.

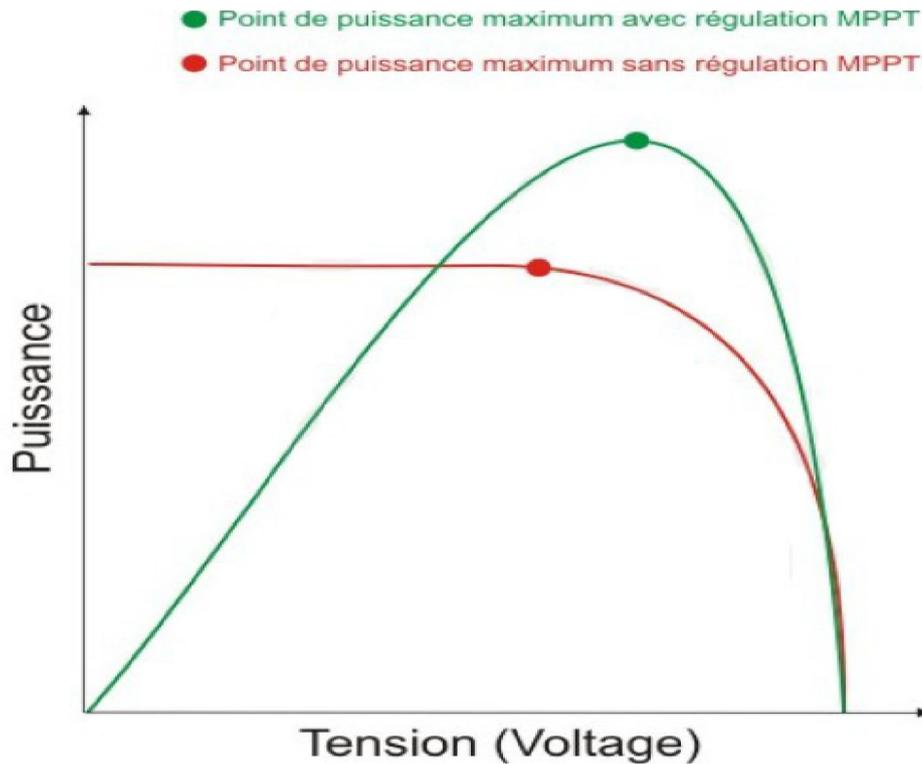
La puissance extraite du module est calculée à partir des mesures de courant  $I$  et de tension  $V$  du module et la multiplication de ces deux grandeurs  $P_{PV} = I_{PV} * V_{PV}$  puis la régulation se réalise par la commande MPPT. Cette commande fait varier le rapport cyclique du convertisseur statique (CS) à une valeur de référence constante, à l'aide d'un signal électrique approprié, pour tirer le maximum de puissance que le GPV peut fournir.

Par exemple si le niveau de charge d'une batterie soit d'environ 11.5volts, le régulateur reçoit un courant 7.1 Ampères sous une tension sous de 16.9 volts. Il convertit ces 7.1A sous 16.9V en 9.6A sous 12.5V avant de les fournir au dispositif batterie.

Panneau PV  $P = 7.1 * 16.9 = 119.99$  Watts soit (120 Watts).

Batterie  $P = 9.6 * 12.5 = 120$  Watts.

Idéalement, pour disposer d'un rendement de 100 % lors de la conversion, il faut avoir 10 Ampères sous une tension de 11.5V. Mais Il faut alimenter la batterie avec une tension supérieure pour forcer la charge dans la batterie, c'est pour cela le régulateur MPPT utilise une tension 12.5V et non de 11.5V.



**Figure II.11** : graphe rendement puissance MPPT.

### II.2.5 La charge

La charge et l'équipement électrique alimenté par le système, pouvant être de type continu des équipements de télécommunication, le pompage d'eau, ou de type alternatif ce cas nécessite un onduleur.

➤ Les lampes :

Représentent les principaux récepteurs des systèmes autonomes. Le type plus utilisé est lampe fluorescente qui présente un des rendements les plus élevés. Les autres sources de lumière comme les lampes à incandescence et à halogène seront réservées aux courtes durées d'utilisation.

➤ Réfrigération :

Les réfrigérateurs pour installations autonomes utilisent des compresseurs fonctionnant avec un moteur DC et une armoire à isolation renforcée.

➤ ventilation :

Pour la ventilation de petits espaces, il existe une large gamme de ventilateur DC utilisés en électronique. Certains sont même déjà montés avec des cellules solaires dans une bouche de ventilation pour caravane ou bateau.

➤ Le pompage de l'eau:

Le pompage de l'eau est une des priorités du solaire dans les régions isolées du sud. Pour les utilisations au nord, les besoins les plus courants sont la mise en pression de l'eau d'une habitation.

➤ Ordinateurs :

La plupart des ordinateurs portable doivent être rechargés à des tensions de 15 à 20V, ce qui demande un convertisseur DC/DC adapté.

➤ L'imprimante :

Les modèles qui consomment le moins d'énergie sont des modèles à jet d'encre (12 W à 150 W), les modèles à impact consomment en général plus de 100W et les types à laser de 300 à 1500W.

### II.2.6 Câblage

Toute installation solaire photovoltaïque comporte des câbles permettant le passage de l'électricité du panneau à la batterie, puis aux charges.



**Figure (II.12)** : exemple sur les câbles.

Généralement, les câbles recommandés côté cc sont en cuivre souple, le cuivre présentant le meilleur rapport prix / conductivité et le caractère multibrin permet d'assurer des connexions de qualité optimale donc de minimiser les pertes d'énergie par chute de tension.

### III.1 Introduction

Pour la réalisation d'une installation photovoltaïque, le dimensionnement reste toujours une étape importante.

Dans ce chapitre on va s'intéresser au dimensionnement de chaque élément d'une installation photovoltaïque autonome (panneaux, régulateur, batterie, et l'onduleur.).

### III.2 Méthode de dimensionnement d'une installation photovoltaïque autonome

La réalisation des installations photovoltaïques exige une méthode de calcul et de dimensionnement de haute précision, l'installation sous dimensionnée reste une installation qui manque de fiabilité.

La maîtrise du dimensionnement global est basée sur les différentes caractéristiques techniques de sous-systèmes constituant l'installation photovoltaïque. Le dimensionnement se fait en passant par les étapes suivantes :

- Détermination des besoins de l'utilisateur : puissance des appareils et durée d'utilisation.
- Chiffrage de l'énergie solaire récupérable selon l'emplacement et la situation géographique.
- Choix des modules photovoltaïques : tension de fonctionnement, technologie, puissance totale à installer (puissance crête).
- Définition de la capacité des batteries et choix de la technologie.
- Dimensionnement et choix du régulateur.
- Dimensionnement de l'onduleur.
- Choix des câbles.

#### III.2.1 Calcul du besoin en énergie d'installation autonome

La première étape à suivre lors du dimensionnement d'une installation photovoltaïque est l'estimation de la consommation d'électricité, et la connaissance de la périodicité de ses besoins.

- **L'énergie consommée en continue :**

$$E_{DC} = P_{DC} * t \quad (III.1)$$

➤ **L'énergie consommée en alternatif :**

$$E_{AC} = P_{AC} * t \quad (III.2)$$

➤ **La consommation totale journalière de l'application :**

L'énergie totale journalière consommée est donnée par la relation suivante :

$$E_{Tot} = E_{DC} + \frac{E_{AC}}{\eta_{ond}}$$

Avec :

$E_{Tot}$  : Energie totale consommée par jour (Wh /j)

$E_{DC}$  : Energie consommée en continu par jour (Wh /j)

$E_{AC}$  : Energie consommée en alternatif par jour (Wh /j)

t : temps journalier d'utilisation (h)

$P_{DC}$  : Puissance consommée par les appareils qui fonctionnent en continu (W)

$P_{AC}$  : Puissance consommée par les appareils qui fonctionnent en alternatif (W)

$\eta_{ond}$  : Rendement de l'onduleur

### III.2. Dimensionnement générateur photovoltaïque

Pour dimensionner un générateur photovoltaïque on doit commencer par calculer le nombre total de modules nécessaires pour alimenter la charge.

➤ **La puissance crête du générateur :**

$$P_C = \frac{1000 \cdot E_{Tot}}{G \cdot F_{CG}} \quad (III.5)$$

➤ **Le nombre total modules  $N_{Tot}$  :**

$$N_{Tot} = \frac{E_{Tot}}{\eta_M \cdot G \cdot S_M \cdot F_{CG}} \quad (III.4)$$

Avec :

$E_{Tot}$  : Energie totale consommée par jour (Wh /J)

$\eta_M$  : Rendement du module

$G$  : Irradiation globale sur un plan incliné (Wh/J/m<sup>2</sup>)

$S_M$  : Surface du module (m<sup>2</sup>)

$F_{CG}$  : Facture de correction globale (entre 0.65 et 0.9) la valeur souvent utilisée est 0.75.

➤ **Ou en fonction de la puissance crête de la charge et du module :**

$$N_{Tot} = \frac{P_c}{P_{CM}} \quad (III.6)$$

Avec :

$$P_C = 1000.S_M.\eta_S \quad (III.7)$$

$P_C$  : Puissance crête nécessaire pour alimenter la charge.

1000 : Irradiation durant les tests (Wh/m<sup>2</sup>).

$P_{CM}$  : Puissance crête du module photovoltaïque utilisé.

➤ **Le nombre de modules en sérié :**

$$N_{MS} = \frac{V_{bat}}{V_{max}} \quad (III.8)$$

Avec :

$V_{bat}$  : Tension de la batterie (V).

$V_{max}$  : Tension au point de puissance max (V).

➤ **Le nombre de module en parallèle**

$$N_{MP} = \frac{N_{Tot}}{N_{MS}} \quad (III.9)$$

➤ **En alternatif**

$$N_{MP} = \frac{N_{Tot}}{\eta_{ond}} \quad (III.10)$$

Avec :

$N_{MP}$  : Nombre de module en parallèle.

$N_{Tot}$  : Nombre totale de module.

$N_{MS}$  : Nombre de module en sérié.

$\eta_{ond}$  : Rendement de l'onduleur.

### ➤ Calcul de la taille de la surface photovoltaïque :

La surface du générateur photovoltaïque est l'aire occupée par des modules photovoltaïques groupés en série et en parallèle, pour satisfaire les besoins énergétiques de l'utilisateur, et la taille du générateur est calculée à partir de la surface.

$$\text{Surface} = N_{MP} \times N_{MS} \times S_M \quad (\text{III.11})$$

Avec :

$S_M$  : Surface du module ( $m^2$ )

$N_{MS}$  : Nombre des module en sérié

$N_{MP}$  : Nombre des modules en parallèle

### ➤ Choix de la tension de du fonctionnement du champ photovoltaïque

Le choix de la tension nominale d'un système dépend de la disponibilité de matériels (modules et récepteurs), aussi, il dépend des niveaux de puissance et d'énergie nécessaire selon le type d'application.

Puissance crête ( $W_c$ )	< 500 $W_c$	500 $W_c$ - 2 $KW_c$	>2 $KW_c$
Tension du système (V)	12 VDC	24 VDC	48 VDC

**Tableau II.1** :les tensions du système correspondantes à chaque intervalle de puissance crête.

### III.3. Dimensionnement de stockage

Pour assurer la continuité de l'alimentation pendant les jours de mauvais temps, on prévoit un système de stockage qui se compose généralement de batterie. La capacité qui doit être installée dépend de la tension ( $V_{Bat}$ ) du rendement de la batterie ( $\eta_{bat}$ ) et de la profondeur de décharge ( $P_{DD}= 0.8$ ) de la batterie, ainsi que l'énergie demandée par la charge ( $E_{Tot}$ ) et le nombre de jour d'autonomie ( $A_{UT}$ ) pendant lesquels les batteries initialement chargées peuvent assurer les besoins en électricité sans que les modules fonctionnent.

#### ➤ La capacité de la batterie

La capacité de la batterie est donnée en (Ah) par :

$$C_{acc} = \frac{E_{Tot} A_{UT}}{P_{DD} V_{bat} \eta_{bat}} \quad (III.12)$$

$A_{UT}$  : autonomie en jours

$E_{Tot}$  : Energie totale consommée par jour (Wh /J)

$V_{bat}$  : tension de la batterie

$P_{DD}$  : profondeur de décharge

$\eta_{bat}$  : rendement de la batterie

#### ➤ Calcule de nombre de batterie

$$N_B = \frac{C_{acc}(Ah)}{C_{bat}} \quad (III.13)$$

$C_{acc}$  : capacité de la batterie de stockage (Ah) ou (Wh)

$C_{bat}$  : capacité de la batterie (Ah) ;

### ➤ Nombre de batterie en série

$$N_{BS} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} \quad (III.14)$$

Avec :

$V_{bat}$  : tension de la batterie, (V)

$V_{insta}$  : tension d'installation, (v)

### ➤ Nombre d'élément en parallèle

$$NBP = \frac{N_B}{N_{BS}} \quad (III.15)$$

Avec :

$N_B$ : nombre total de la batterie,

$N_{BS}$  : nombre de batterie en série

## III.4. Dimensionnement de l'onduleur

Pour une installation autonome, l'onduleur est dimensionné en fonction des caractéristiques des modules, des batteries et des récepteurs fonctionnant uniquement en courant alternatif.

### ➤ Les paramètres de dimensionnement sont :

- La tension d'entrée : c'est la tension CC délivrée par le générateur photovoltaïque ou par le système de stockage.
- La tension de sortie : la forme de l'onde est soit sinusoïdale, soit carrée, soit encore pseudo sinusoïdale selon la nature des appareils que le récepteurs devront faire fonctionner, en Algérie c'est du 220V, 50Hz.
- La puissance nominale : elle correspond à la puissance que peut délivrer l'onduleur en fonctionnement permanent.

- La puissance maximale : c'est une surcharge importante provenant de démarrage de certains moteurs, surcharge que doit accepter l'onduleur pendant une très court durée.
- La consommation à vide ou en attente : elle doit être la plus faible

### III.5. Dimensionnement du régulateur

Pour dimensionner le régulateur, il faut prendre en considération trois éléments principaux :

- La tension nominale entre les panneaux et la batterie : les régulateurs acceptent des plages de tension plus ou moins larges.
- L'intensité maximale du régulateur : l'intensité du régulateur doit être supérieure à l'intensité de court-circuit ou des panneaux solaire.
- L'intensité maximale de sortie : elle ne concerne que les régulateurs charge-décharge qui doivent accepter le courant maximal fourni simultanément par les récepteurs.

$$I_s = 1.5 \frac{P}{V_{inst}} \quad (III.16)$$

Avec :

$I_s$  : courant de sortie du régulateur (A)

P : puissance total de la charge lorsque tous les appareils fonctionnent au maximum de leur puissance de fonctionnement (W)

### II.6. Calcul du cout de l'installation photovoltaïque

Pour le calcul du cout d'une installation photovoltaïque on utilise le modèle suivante ;

$$CT = C_{GPV} + C_B + C_{Reg} + C_{OND} + C_0 \quad (III.16)$$

Alors que le cout de revient en KW/h du system pv est donnée par :

$$C_{PV_{KW/h}} = \frac{C_{TDV}}{T_{CONS}} \quad (III.17)$$

## Chapitre III : Méthode de dimensionnement

---

$C_{TDV}$  représente le cout total estimé pour une durées de vie préavis donnée par :

$$C_{TDV}=C_T+C_{OM}+C_{RB} \quad (III.18)$$

$C_{TDV}$  : cout total estimé pour une durée de vie d'installation revue

$C_{RB}$  : cout de remplacement (batterie)

$C_{ONS}$  : consommation annelle du système

$C_{OM}$  : cout d'opération et maintenance

$C_{OND}$  : cout de l'onduler

$C_B$  : coute de parc de stockage

$C_0$  : coute indirect (coute de la structure, de câblage .....)

$C_{GPV}$  : cout du générateur PV

$C_{REG}$  : coute de régulateur à installer

$C_T$  : cout totale et initial du système

$T_{cons}$  : la durée de vie de l'installation

### IV-1 Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome

La partie pratique de notre travail consiste à dimensionner un système photovoltaïque autonome. Ce système alimente deux ordinateurs de bureau d'une puissance 160W qui fonctionne 12 heures par jour avec une autonomie d'un jour. Dans ce dimensionnement nous allons voir l'effet de la capacité de la batterie que nous avons fait varier de 100 à 220 Ah sur le nombre de batteries à utiliser dans ce système ainsi que sur le prix du Kwtt heure. Pour cela nous allons évaluer ce nombre de batteries dans deux cas. Dans le premier le système photovoltaïque est constitué de panneaux du type poly cristallin, dans le deuxième cas les panneaux est monocristallins.

#### IV. 1.1.Le choix du site

Pour l'étude de notre travail, nous avons choisi le département d'électronique situé à Tizi-Ouzou ville. [11]

##### Caractéristique du site

- ✓ **Longitude** : 4.06°
- ✓ **Latitude** : 36.70°
- ✓ **Altitude** : 128 m

#### IV.2.1.Irradiations mensuelles (G) de la wilaya de Tizi-Ouzou

													Irradiation annuelle
mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
G(KWh/m <sup>2</sup> /jour)	3.8	4.3	5.6	5.6	6.2	7.0	7.3	7.2	6.2	5.5	4.0	3.6	5.5

**Tableau(II-1) :** irradiations mensuelles dans la région de Tizi-Ouzou

Le mois le plus défavorable de la wilaya de Tizi-Ouzou est le mois de décembre (G=3007.6Wh/M<sup>2</sup>/jour)

### IV.1.2 Calcul de l'angle d'inclinaison optimale pour le générateur photovoltaïque

L'angle d'inclinaison du générateur doit être calculé sur la base de la latitude. Mais pour une utilisation annuelle constante on doit régler notre angle d'inclinaison en fonction du mois le plus défavorable de l'année (décembre –janvier- février dans notre cas) en rajoutant 10° a la valeur de la latitude pour les endroits situés entre 30° et 40° de latitude (latitude de la wilaya de Tizi-Ouzou : 36.70°). Notre générateur photovoltaïque sera incliné de 46° orienté plein sud.

➤ **Premier cas : le module photovoltaïque est au silicium poly cristallin**

Le module photovoltaïque est en silicium poly cristallin et présente les caractéristiques qui suivent :

$$P = 285W; I_{\max} = 7.95A; V_{\max} = 35.81V; I_{cc} = 8.55A; +V_{co} = 44.65V;$$

-L'onduleur a un rendement :

$$\eta_{\text{ond}} < 98\% ;$$

### IV.1.3. Calcul du besoin en énergie d'installation autonome

➤ **L'énergie consommée en alternatif :**

$$E_{AC} = \sum P_{AC} * t = (160*2) * 12 = 3840 \text{ Wh}$$

➤ **La consommation totale journalière de l'application :**

L'énergie totale journalière consommée:

$$E_{\text{Tot}} = E_{DC} + \frac{E_{AC}}{\eta_{\text{ond}} \cdot \eta_{\text{bat}}} = 0 + \frac{3840}{0.98 \cdot 0.98} = 4000 \text{ Wh}$$

Avec :

$E_{\text{Tot}}$  : Energie totale consommée par jour (Wh /j)

$E_{DC}$ : Energie consommée en continu par jour (Wh /j)

$E_{AC}$ : Energie consommée en alternatif par jour (Wh /j)

t : temps journalier d'utilisation (h)

$P_{DC}$  : Puissance consommé par les appareils qui fonctionnent en continue (W)

$P_{AC}$  : Puissance consommé par les appareils qui fonctionnent en alternatif (W)

$\eta_{\text{ond}}$  : Rendement de l'onduleur

### IV.1.4. Dimensionnement du générateur photovoltaïque

Pour dimensionner un générateur photovoltaïque on doit commencer par calculer le nombre total de modules nécessaires pour alimenter la charge.

➤ **La puissance crête du générateur :**

$$P_C = \frac{1000 \cdot E_{\text{Tot}}}{G \cdot F_{\text{CG}}} = \frac{1000 \cdot 4000}{3007.6 \cdot 0.75} = 1773.63 \text{ Wc}$$

Avec :

$E_{\text{Tot}}$  : Energie totale consommée par jour (Wh /J)

$G$  : Irradiation globale sur un plan incliné (Wh/J/m<sup>2</sup>)

$F_{\text{CG}}$  : Facture de correction globale (entre 0.65 et 0.9) la valeur souvent utilisée et 0.75.

➤ **Le nombre total de modules  $N_{\text{Tot}}$**

$$N_{\text{Tot}} = \frac{E_{\text{Tot}}}{\eta_M \cdot G \cdot S_M \cdot F_{\text{CG}}}$$

Avec :

$E_{\text{Tot}}$  : Energie totale consommée par jour (Wh /J)

$\eta_M$  : Rendement du module

$G$  : Irradiation globale sur un plan incliné (Wh/J/m<sup>2</sup>)

$S_M$  : Surface du module (m<sup>2</sup>)

$F_{\text{CG}}$  : Facture de correction globale (entre 0.65 et 0.9) la valeur souvent utilisée et 0.75.

Ou en fonction de la puissance crête de la charge et du module :

$$N_{\text{Tot}} = \frac{P_C}{P_{\text{CM}}} = \frac{1773}{285} = 6.22 \text{ (7 modules)}$$

➤ **Le nombre de module en sérié :**

$$N_{\text{MS}} = \frac{V_{\text{bat}}}{V_{\text{max}}} = \frac{12}{35.81} = 1 \text{ module}$$

➤ **Le nombre de module en parallèle**

$$N_{\text{MP}} = \frac{N_{\text{Tot}}}{N_{\text{MS}}} = \frac{7}{1} = 7 \text{ modules}$$

➤ **En alternatif**

$$N_{MP} = \frac{N_{Tot}}{\eta_{ond}} = \frac{7}{0.98} = 7.14 \text{ (8 modules)}$$

➤ **Calcul de la taille de la surface du site photovoltaïque**

$$\text{Surface} = N_{MP} \times N_{MS} \times S_M = 8 \times 1 \times 2 = 16 \text{ m}^2$$

### IV .1.5 Choisir la tension de fonctionnement du champ photovoltaïque

La puissance crête nécessaire à l'installation est inférieure à 2000 Wc alors la tension de fonctionnement du champ photovoltaïque sera de 24V.

Dimensionnement du système de stockage :

➤ **La capacité de la batterie**

La capacité de la batterie est donnée en (Ah) par :

$$C_{acc} = \frac{E_{Tot} A_{UT}}{P_{DD} V_{bat} \eta_{bat}} = \frac{4000 \times 1}{0.8 \times 0.8} = 5102.04 \text{ Wh}$$

$$C_{acc}(\text{Ah}) = \frac{5102.04}{12} = 425.17 \text{ Ah}$$

➤ **Pour la batterie en gel :  $\eta_{bat}$  de 98% ;  $V_{bat} = 12\text{V}$  ;  $C_b = 100\text{Ah}$  ;  $D_M = 80\%$**

➤ **Calcul de nombre de batterie**

$$N_B = \frac{C_{acc}(\text{Ah})}{C_{bat}} = \frac{425.17}{100} = 5 \text{ batteries}$$

➤ **Nombre de batterie en série**

$$N_{BS} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{12}{12} = 1 \text{ batterie}$$

➤ **Nombre d'élément en parallèle**

$$N_{BP} = \frac{N_B}{N_{BS}} = \frac{5}{1} = 5 \text{ batteries}$$

➤ **Pour la batterie en gel :  $\eta_{bat}$  de 98% ;  $V_{bat} = 12\text{V}$  ;  $C_b = 130\text{Ah}$  ;  $D_M = 80\%$**

➤ **Calcul du nombre de batterie**

$$N_B = \frac{C_{acc}(\text{Ah})}{C_{bat}} = \frac{425.17}{130} = 4 \text{ batteries}$$

➤ **Nombre de batterie en série**

$$N_{BS} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{12}{12} = 1 \text{ batterie}$$

➤ **Nombre d'élément en parallèle**

$$N_{BP} = \frac{N_B}{N_{BS}} = \frac{4}{1} = 4 \text{ batteries}$$

➤ **Pour la batterie en gel  $\eta_{bat}$  de 98% ;  $V_{bat} = 12V$  ;  $C_b = 220Ah$  ;  $D_M = 80\%$**

➤ **Calcul du nombre de batterie**

$$N_B = \frac{C_{acc}(Ah)}{C_{bat}} = \frac{425.17}{100} = 2 \text{ batteries}$$

➤ **Nombre de batterie en série**

$$N_{BS} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{12}{12} = 1 \text{ batterie}$$

➤ **Nombre d'élément en parallèle**

$$N_{BP} = \frac{N_B}{N_{BS}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ batteries}$$

### IV.2 Dimensionnement économique

Pour notre installation on a opté pour des équipements de la marque CONDOR disponibles sur le marché algérien aux prix suivants :

- Module photovoltaïque en silicium poly cristallin 72 cellules de 285W :  $C_{GPV} = 30000$  DA
- Régulateur de charge solaires 12V/24V-20A :  $C_{Reg} = 8424,00$  DA
- Onduleur solaire 2KW  $C_{ond} = 9477,00$  DA
- $C_O$  = coût de la maintenance
- 

Pour le calcul du coût d'une installation photovoltaïque on utilise le modèle suivant :

$$CT = C_{GPV} + C_B + C_{reg} + C_{OND} + C_{OM}$$

➤ **Pour le système qui contient la batterie en gel :  $C = 100Ah$ , 12 V :  $C_B = 23000$  DA**

$$CT = [8 \ 30000] + [5 \ 23000] + [94770.00] + [8424 .00] = 458194 \text{ DA}$$

Le prix de l'installation est de 458194 DA sans prendre en compte le coût de câblage car il dépend de l'endroit où est située notre installation.

## Chapitre IV : Dimensionnement d'un kit photovoltaïque autonome

---

$C_{TDV}$  représente le coût total estimé pour une durée de vie de 20ans sachant que les batteries ont une durée de vie de 10 ans et en supposant l'opération de maintenance soit prise en charge par des étudiants(  $C_{OM} = 0DA$ ) :

$$C_{TDV}=CT+C_{OM}+C_{RB}$$

$$C_{TDV}=458194+ [5. 23000] = 573194$$

Le coût de revient en KW/h du système PV est donnée par :

$$C_{PVKWh}=\frac{C_{TDV}}{T_{Cons}}$$

$$C_{PVKWh}=\frac{573194}{24 \times 365 \times 20} = 3,27DA$$

➤ **Pour batterie en gel : C=130Ah, 12 V : CB =32000 DA**

$$CT=[8. 30000]+[4. 32000]+[94770.00]+[8424 .00]=471194 DA$$

Le prix de l'installation est de 471194 DA sans prendre en compte du coût de câblage.

$$C_{TDV}=CT+C_{OM}+C_{RB}$$

$$C_{TDV}= 471194 + [4* 32000] = 599194$$

Le coût de revient en KW/h du système PV est donné par :

$$C_{PVKWh}=\frac{C_{TDV}}{T_{Cons}}$$

$$C_{PVKWh}=\frac{599194}{24 \times 365 \times 20} = 3,42DA$$

➤ **Pour le kit contenant la batterie en gel :C=220Ah, 12V :C<sub>b</sub> =50000DA**

$$CT = [8 30000]+[2 50000]+[94770.00]+[8424 .00]=443194 DA$$

Le prix de l'installation est de 443194 DA

$$C_{TDV}=CT+C_{OM}+C_{RB}$$

$$C_{TDV}=443194+[2 . 50000]=543194$$

Le coût de revient en KW/h du système PV est donnée par :

$$C_{PVKWh}=\frac{C_{TDV}}{T_{Cons}}$$

$$C_{PVKWh} = \frac{543194}{24 \times 365 \times 20} = 3.10 DA$$

➤ **Deuxième cas : le panneau photovoltaïque est au silicium monocristallin**

Dans le deuxième cas de dimensionnement nous avons choisi un module photovoltaïque Condor au silicium monocristallin :

$P = 320W$ ;  $I_{max} = 9.26A$ ;  $V_{max} = 36.6V$ ;  $I_{cc} = 8.55A$ ;  $V_{co} = 44.65V$ ; nombre de cellules est 72

-L'onduleur a un rendement :

$$\eta_{ond} < 98\% ;$$

### IV.2. Calcul du besoin en énergie d'installation autonome

➤ **L'énergie consommée en alternatif :**

$$E_{AC} = \sum P_{AC} * t = (160 * 2) * 12 = 3840 \text{ Wh}$$

➤ **La consommation totale journalière de l'application :**

L'énergie totale journalière consommée:

$$E_{Tot} = E_{DC} + \frac{E_{AC}}{\eta_{ond} \cdot \eta_{bat}} = 0 + \frac{3840}{0.98 \cdot 0.98} = 4000 \text{ Wh}$$

#### IV.2.1 Dimensionnement du générateur photovoltaïque

Le dimensionnement du générateur photovoltaïque commence par le calcul du nombre total de panneaux solaire nécessaire pour alimenter la charge.

➤ **La puissance crête du générateur :**

$$P_C = \frac{1000 \cdot E_{Tot}}{G \cdot F_{CG}} = \frac{1000 \cdot 4000}{3007.6 \cdot 0.75} = 1773.63 \text{ Wc}$$

➤ **Le nombre total de modules  $N_{Tot}$**

$$N_{Tot} = \frac{E_{Tot}}{\eta_M \cdot G \cdot S_M \cdot F_{CG}}$$

Ou en fonction de la puissance crête de la charge et du module :

$$N_{Tot} = \frac{P_C}{P_{CM}} = \frac{1773}{320} = 6 \text{ modules}$$

- **Le nombre de module en sérié :**

$$N_{MS} = \frac{V_{bat}}{V_{max}} = \frac{12}{36.6} = 1 \text{ module}$$

- **Le nombre de module en parallèle**

$$N_{MP} = \frac{N_{Tot}}{N_{MS}} = \frac{6}{1} = 6 \text{ modules}$$

- **En alternatif**

$$N_{MP} = \frac{N_{Tot}}{\eta_{ond}} = \frac{6}{0.98} = 6.12 \text{ (7 modules)}$$

- **Calcul de la taille de la surface photovoltaïque :**

$$\text{Surface} = N_{MP} \times N_{MS} \times S_M = 7 \times 1 \times 2 = 14 \text{ m}^2$$

- **Choisir la tension de fonctionnement du champ photovoltaïque :**

La puissance crête nécessaire a l'installation est inferieur a 2000Wc alors la tension de fonctionnement du champ photovoltaïque sera de 24V.

Dimensionnement du système de stockage :

- **La capacité de la batterie**

La capacité de la batterie est donnée en (Ah) par :

$$C_{acc} = \frac{E_{TotAUT}}{P_{DD} \eta_{bat}} = \frac{4000 \times 1}{0.8 \times 0.98} = 5102.04 \text{ Wh}$$

$$C_{acc}(\text{Ah}) = \frac{5102.04}{12} = 425.17 \text{ Ah}$$

- **Pour la batterie en gel :  $\eta_{bat}$  de 98% ;  $V_{bat} = 12\text{V}$  ;  $C_b = 100\text{Ah}$  ;  $D_M = 80\%$**

- **Calcul du nombre de batterie**

$$N_B = \frac{C_{acc}(\text{Ah})}{C_{bat}} = \frac{425.17}{100} = 5 \text{ batteries}$$

- **Nombre de batterie en série**

$$N_{BS} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{12}{12} = 1 \text{ batterie}$$

- **Nombre d'élément en parallèle**

➤

$$N_{BP} = \frac{N_B}{N_{BS}} = \frac{5}{1} = 5 \text{ batteries}$$

➤ Pour la batterie en gel :  $\eta_{bat}$  de 98% ;  $V_{bat} = 12V$  ;  $C_b = 130Ah$  ;  $D_M = 80\%$

➤ Calcul du nombre de batterie

$$N_B = \frac{C_{acc}(Ah)}{C_{bat}} = \frac{425.17}{130} = 4 \text{ batteries}$$

➤ Nombre de batterie en série

$$N_{BS} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{12}{12} = 1 \text{ batterie}$$

➤ Nombre d'élément en parallèle

$$N_{BP} = \frac{N_B}{N_{BS}} = \frac{4}{1} = 4 \text{ batteries}$$

➤ Pour la batterie en gel :  $\eta_{bat}$  de 98% ;  $V_{bat} = 12V$  ;  $C_b = 220Ah$  ;  $D_M = 80\%$

➤ Calcul du nombre de batterie

$$N_B = \frac{C_{acc}(Ah)}{C_{bat}} = \frac{425.17}{220} = 2 \text{ batteries}$$

➤ Nombre de batterie en série

$$N_{BS} = \frac{V_{inst}}{V_{bat}} = \frac{12}{12} = 1 \text{ batterie}$$

➤ Nombre d'élément en parallèle

$$N_{BP} = \frac{N_B}{N_{BS}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ batteries}$$

### IV.3 Dimensionnement de l'onduleur

Pour le dimensionnement de l'onduleur on doit choisir la tension d'entrée qui est égale à celle de la batteries ou du régulateur, dans notre travail c'est 12 V. Pour la tension de sortie on doit respecter les normes utilisé en Algérie c'est-a-dire 220V ,50Hz

### IV.4 Dimensionnement du régulateur

- La tension nominale doit être celle du champ photovoltaïque, donc 12V.
- Le courant de sortie du régulateur doit être supérieur à la valeur maximale que peuvent consommer les appareils alimenté simultanément.

$$I_s = 1.5 \frac{P}{V_{inst}} = 1.5 \frac{320}{12} = 26.6A$$

### IV.5 Dimensionnement économique de l'installation photovoltaïque

Nous avons choisi pour notre kit photovoltaïque des équipements de la marque CONDOR aux prix suivant :

- Module photovoltaïque en silicium monocristallin 72 cellules de 320W :  $C_{GPV}=40000$  DA
- Régulateur de charge solaires 12V/24V-20A :  $C_{Reg}=8424,00$  DA
- Onduleur solaire 2KW=9477,00 DAB
- $C_O$  = coût de la maintenance

Nous avons utilisé le modèle qui suit pour calculer le coût de l'installation du système :

$$CT = C_{GPV} + C_B + C_{reg} + C_{OND} + C_{OM}$$

- Pour le kit qui contient la batterie en gel :  $C=100Ah$  :  $C_B=23000$  DA ; 12V  
 $CT = [7\ 40000] + [5\ 23000] + [94770.00] + [8424.00] = 498198$  DA

Le prix de l'installation est de 498198 Da sans prendre en compte le coût de câblage car il dépend de l'endroit où est située notre installation.

$$C_{TDV} = CT + C_{OM} + C_{RB}$$

$$C_{TDV} = 498198 + [5. 23000] = 613198$$

Le coût de revient en KW/h du système PV est donnée par :

$$C_{PVKWh} = \frac{C_{TDV}}{T_{cons}}$$

$$C_{PVKWh} = \frac{613198}{24 \times 365 \times 20} = 3.49 \text{ DA}$$

- **Pour le système contenant la batterie en gel :  $C=130Ah$  :  $C_B=32000$  DA ; 12 V**

$$CT = [7\ 40000] + [4\ 32000] + [94770.00] + [8424.00] = 511194 \text{ DA}$$

Le prix de l'installation est de 511194 DA sans prendre en compte le coût de câblage car il dépend de l'endroit où est située notre installation.

$$C_{TDV} = CT + C_{OM} + C_{RB}$$

$$C_{TDV} = 511194 + 4.32000] = 639194$$

Le coût de revient en KW/h du système PV est donnée par :

$$C_{PVKWh} = \frac{C_{TDV}}{T_{cons}}$$

$$C_{PVKWh} = \frac{639194}{24 \times 365 \times 20} = 3.64 DA$$

➤ **Pour batterie en gel : C=220Ah : C<sub>B</sub> =50000 DA ; 12v**

$$CT = [7\ 40000] + [2\ 50000] + [94770.00] + [8424.00] = 483194 DA$$

Le prix de l'installation est de 483194 DA sans prendre en compte le cout de câblage car il dépend de l'endroit ou est situé notre installation.

$$C_{TDV} = CT + C_{OM} + C_{RB}$$

$$C_{TDV} = 483194 + [2\ .50000] = 583194$$

Le coût de revient en KW/h du système PV est donnée par :

$$C_{PVKWh} = \frac{C_{TDV}}{T_{Cons}}$$

$$C_{PVKWh} = \frac{583194}{24 \times 365 \times 20} = 3.32 DA$$

D'après la méthode de dimensionnement que nous avons utilisé qui est la méthode du mois le plus défavorable de l'année, nous avons constaté que le nombre de panneaux photovoltaïques dépend du type de ce dernier. Quand au nombre de batteries d'un système photovoltaïque dépend de la capacité des batteries utilisées.

## CONCLUSION

Dans notre travail nous avons étudié les systèmes photovoltaïques autonomes ainsi que les composants qui les constituent à savoir les panneaux photovoltaïques, les onduleurs, les régulateurs et les batteries. Nous nous sommes intéressés aussi aux méthodes de dimensionnement des ces systèmes.

Nous avons dimensionné un kit photovoltaïque autonome qui alimentera une charge de 320 watts pendant une durée de 12 heures dans la région de TiziOuzou. Nous avons utilisé la méthode de dimensionnement qui est celle du mois le plus défavorable de l'année. Nous avons comparé un dimensionnement en utilisant des panneaux solaire Condor : de type polycristallin et monocristallin. Le choix de ces panneaux s'est fait en prenant en considération la température moyenne de la région qui est de  $19,2^{\circ}$  sachant la température de fonctionnement de ces panneaux est comprise entre  $-40^{\circ}\text{C}$  et  $85^{\circ}\text{C}$ .

Nous avons aussi évalué l'effet de la capacité de la batterie sur le dimensionnement du kit photovoltaïque. le choix des batteries s'est porté sur des batteries en gel de capacité de 100 Ah, 130 Ah et 220 Ah avec un rendement de 98%.

Quand à l'onduleur nous avons opté pour un onduleur qui présente un rendement de 98%. Nous avons aussi choisi d'incliner les panneaux photovoltaïque de  $46^{\circ}$  en se basant sur le méthode du mois le plus défavorable de l'année.

D'après les comparaisons des dimensionnements nous avons constaté que le type des panneaux et la capacité de la batterie influent sur le nombre d'éléments que constituent le système photovoltaïque autonome.

# BIBLIOGRAPHIE

## LIVRES

- [1] Labouret Anne, Energie solaire photovoltaïque, Paris : Dunod, 2006, 3<sup>eme</sup> Edition.
- [2] Sylvain Briugand, Installations solaire photovoltaïque : dimensionnement installations et mise en œuvre maintenance, Paris : le Moniteur, 2011.
- [3] Hankins Mark, installation solaires photovoltaïques autonomes : conception et installation d'unités non recordées au réseau, Paris :Dunod 2012

## MÉMOIRES

- [4] F. BOUACHRI et A. Ghoubar, Mémoire de fine d'études « Elaboration du logiciel PVDIM pour le dimensionnement des systèmes photovoltaïque » Université Saad Dahleb de BLIDA 2007.
- [5] Salima ALEM-BOUDJEMLINE, thèse de Doctorant « Réalisation et caractérisation de cellules photovoltaïque, Université D'ANGERS, 2004.
- [6] HENNOUS Chahrazet , Mémoire de master Dimensionnement et installation d'un système photovoltaïque (Application a la F.G.E .I), UMMTO 2008/2009
- [7] AMARA Karima , Mémoire de Magister contribution à l'étude de conception d'une centrale photovoltaïque de puissance (IMW) interconnectée au réseau de distribution électrique moyenne tension , UMMTO 2014/2015
- [8] Othemane BENSEDDIK, Mémoire de master « Etude et optimalisation du fonctionnement d'un système photovoltaïque, Université Kasdi MERBAH ourgla ,2012
- [9] F.GUESSOUMI et A.SAADI, Mémoire de fine d'études « commande de panneaux solaire a l'aide d'une carte APIC, Université Biskra, 2010.
- [10]. A. T.SINGO ‘ Système d'alimentation photovoltaïque avec stockage hybride pour l'habitat énergétiquement autonome’ Thèse de doctorats, université Henri Poincaré, Nancy-I, 2010.

## **SITES INTERNET**

-[11] <https://www.wunderground.com/>

-[12] [www.condor.dz](http://www.condor.dz). 2018

## Résumé

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la transformation directe d'une partie du rayonnement solaire en énergie électrique. Cette conversion d'énergie s'effectue par le biais d'une cellule dite photovoltaïque,.

L'association de plusieurs cellules (PV) en séries/parallèles donne lieu à un générateur photovoltaïque (GPV). Ces panneaux photovoltaïques associés à des onduleurs, des batteries et des régulateurs constituent un système photovoltaïque. Ils peuvent être soit autonomes soit reliés au réseau électrique.

La conception d'une installation photovoltaïque nécessite une méthode de dimensionnement qui prend en compte les caractéristiques techniques de chaque composant ainsi que les caractéristiques du lieu (à savoir la latitude, la température, l'irradiation solaire ... etc.) en plus d'une étude détaillée de la charge à alimenter.

Notre travail consiste à dimensionner un kit photovoltaïque autonome situé à Tizi-Ouzou pour alimenter une charge de 320 Watts pendant une durée de 12 heures; Nous allons évaluer l'effet du type des panneaux photovoltaïques choisis ainsi que l'effet de la capacité de la batterie sur le nombre d'éléments que contient le kit photovoltaïque.

**Mot clé :** Energie solaire ; photovoltaïque ; système autonome ; dimensionnement ; cellule solaire ; Effet photovoltaïque ; panneaux ;