

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉBADJI MOKHTAR-ANNABA
BADJI MOKHTAR– ANNABAUNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : Science de l'ingénieur
Département : Electrotechnique

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de
Licence

Thème :

Étude et simulation d'un système photovoltaïque

Présenté par :

- *GUENIF NOUR AL ISLAM.*
- *CHERFI HOUSSEM EDDINE MOURAD.*

Encadré par :

MR : M. MOHAMMEDI

Année universitaire : 2020/2021

الحمد لله رب العالمين
الصلاة والسلام على رسول الله

(وقل رب زدني علما) طه "114"

A ma mère et mon père

A mon frère et mes sœurs

A mes amis et collègues

Sommaire

Introduction générale..... 10

Chapitre I : Étude et application pratique d'un système photovoltaïque

I .1. Introduction	12
I .2. Etude pratique d'une installation photovoltaïque.....	13
I .3. Description des élément d'un système de captage photovoltaïque	14
I .3.1. Les panneaux photovoltaïques.....	14
I .3.1.1. Les cellules photovoltaïques	14
I .3.1.2. Principe d'une cellule photovoltaïque.....	14
I .3.1.3. Différents types des cellules photovoltaïques	15
I .3.1.4. Constitution d'un module photovoltaïques	16
I .3.2. Les batteries	16
I .3.2.1. Différents types des batteries	17
I .3.3. Les régulateurs.....	17
I .3.3.1. Différents types des régulateurs.....	18
I .4. Application des installations photovoltaïques	19
I .4.1 Calcule des puissances et des pertes	19
I .4.2. Détermination du nombre des batteries	20
I .4.3. Détermination du nombre des panneaux solaires	22
I .4.4. Choix du régulateur	22
I .4.5. Choix de l'onduleur.....	23
I .5 Conclusion.....	23

Chapitre II : Modélisation et simulation les cellules photovoltaïques

II .1. Introduction	25
II .2. Circuit équivalent d'une cellule solaire.....	25
II .2.1. Cas d'une cellule idéale	25
II .2.2. Cas d'une cellule réelle.....	26
II .3. Mode de connexion du PV	27
II .3.1. Association des cellules série	27
II .3.2 Association des cellules en parallèle	28
II .4. Influence de la Température :.....	30
II .5. Influence de l'Éclairement	30
II .5 Conclusion.....	31

Chapitre III : Étude et simulation d'un système PV: GPV-étage d'adaptation

III.1. Introduction	33
III.2. La commande MPPT	33
III.2.1. Principe de la commande MPPT	33
III.2.2 Les algorithmes MPPT	34
III.2.3. Perturbation Et Observation (P&O)	34
III.3. Les hacheurs	36
III.3.1. Hacheur parallèles (Boost)	36
III.3.2 Etude du convertisseur BOOST	37
III.3.2.1. Structure et schéma de principe	37
III.3.2.2 Dimensionnement des composants	38
➤ Calcul de l'inductance.....	38
➤ Calcul de la capacité	38
III.3.3. Simulation de Boost.....	39
III.4. Simulation globale du système photovoltaïque.....	41
III.5 Conclusion.....	44
Conclusion générale	46

Liste des symboles

I_{op} : Courant optimum (A).

V_{op} : Tension optimum (V).

P_m : Puissance maximal (w).

I_D : Courant de diode (A).

I_{Ph} : Photocourant, dépendant de l'intensité de l'irradiation (A).

I_P : Le courant dérivé par la résistance parallèle (A).

I_0 : Courant de saturation de diode, dépendant de la température (A).

I_{CC} : Le courant de court-circuit de référence (A).

V_{CO} : La tension de circuit ouvert. (V).

V_T : La tension thermique. (V).

I_{CCr} : Courant de court-circuit de référence. (A).

R_P : Résistance en parallèle. (Ω).

R_S : Résistance en série (Ω).

G : L'irradiation solaire (W / m^2).

q : Charge d'électron $q= 1.602.10^{-9}$ c (C).

k : Constante de Boltzmann $k=1.381.10^{-23}J/K$ (J / K).

N : Facture de non idéalité de la jonction.

T : La température effective de la cellule en kelvin (K).

D : Est appelé rapport cyclique, et compris entre 0 et 1.

PV : Photovoltaïque.

GPV : Générateur Photovoltaïque.

MPPT : Maximum Power Point Tracking.

P&O : Perturbation et Observation.

DC : Courant Continu

Liste des figures

Chapitre I :

Figure I .1 Schéma installation Photovoltaïque.

Figure I .2 Panneaux solaires photovoltaïques.

Figure I .3 Structure et principe de fonctionnement.

Figure I .4 Module photovoltaïque.

Figure I .5 Batterie.

Figure I .6 Régulateur.

Figure I .7 Installation PV pour une maison.

Figure I .8 Pourcentage de capacité par rapport à la température.

Figure I .9 Batterie utilisée.

Figure I .10 Carte de l'insolation du monde.

Figure I .11 Spécifications du panneau solaire.

Figure I .12 Spécification de l'onduleur.

Chapitre II :

Figure II .1 Schéma équivalent d'une cellule idéale.

Figure II 2 Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque réelle.

Figure II 3 Schéma de 3 cellules photovoltaïques associées en série.

Figure II .4 Caractéristique P-V des cellules photovoltaïques raccordées en série.

Figure II .5 Caractéristique I-V des cellules photovoltaïques raccordées en série.

Figure II 6 Schéma de 3 cellules photovoltaïques associées en parallèle.

Figure II .7 Caractéristique P-V des cellules PV raccordées en parallèle.

Figure II .8 Caractéristique I-V des cellules PV raccordées en parallèle.

Figure II .9 Caractéristique P-V du module PV selon la température.

Figure II .10 La caractéristique I-V du module PV selon la température.

Figure II .11 Caractéristique P-V du module PV selon l'éclairement.

Figure II .12 Caractéristique I-V du module PV selon l'éclairement.

Chapitre III :

Figure III.1 Chaîne de la commande MPPT.

Figure III.2 Principe de la commande MPPT.

Figure III.3 Recherche du PPM par la méthode (P&O).

Figure III.4 l'algorithme de P&O classique.

Figure III.5 Schéma de principe d'un hacheur parallèle.

Figure III.6 Schéma d'un hacheur survolteur.

Figure III.7 Circuit équivalent d'un convertisseur Boost.

Figure III.8 Schéma block de simulation.

Figure III.9 Caractéristiques de l'entrée de Boost en fonction du temps.

Figure III.10 Caractéristiques de la sortie de Boost en fonction du temps.

Figure III.11 Simulation PV et MPPT.

Figure III.12 Programme algorithme (P&O) dans MATLAB function.

Figure III.13 Caractéristique de l'entrée de MPPT en fonction du temps.

Figure III.14 Caractéristique de la sortie de MPPT en fonction du temps.

Liste des tableaux

Chapitre I :

Tableau I .1 Différents types des cellules photovoltaïques.

Tableau I .2 Différents types des batteries.

Tableau I .3 Différents types des régulateurs.

Tableau I .4 (Wh/Day) les appareils.

Chapitre III :

Tableau III.1 Les paramètres du convertisseur Boost.

Introduction générale

La production d'énergie est un défi de grande importance pour les années avenir. En effet les besoins énergétiques des sociétés industriels ne cessent d'augmenter. Par ailleurs, les pays en voie de développement auront besoin de plus de 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 donne une augmentation de la pollution. Le danger supplémentaire est qu'une consommation excessive du stock de ressources naturels réduits les réserves de ce type d'énergie de façon dangereuse pour les générations futures.

Poussée par un contexte favorable (volonté politique, intérêt économique ...), la production décentralisée se développe dans de nombreux pays. L'observation des programmes de recherche et de développement des moyens de production de système photovoltaïques, des micros turbines à gaz associées à différents systèmes de stockage tels que les batteries d'accumulateurs, les super condensateurs ou le stockage inertiel ; induisent un développement significatif de ces moyens de production de entraînerait un foisonnement important du point d'injection de la puissance sur les réseaux basse tension.

Le soleil fournit une énergie lumineuse abondante à la terre. Mais le problème réside dans le fait que la forme sous laquelle nous recevons cette énergie n'est pas nécessairement celle sous laquelle cette énergie est utilisable. C'est pourquoi, nous devons utiliser des processus de conversion de l'énergie par exemple, les cellules solaires, photovoltaïques permettent de convertir l'énergie lumineuse du soleil en énergie électrique.

Dans notre étude on a présenté :

- Au premier chapitre, étude et application pratique du système photovoltaïque.
- Dans le second chapitre on fait la modélisation et la simulation des cellules photovoltaïques avec les effets climatiques.
- Le troisième chapitre est très important, il est consacré à l'étude de la commande MPPT du convertisseur BOOST dans le système photovoltaïque validé par simulation sous MATLAB/SIMULINK.

Chapitre I :
Étude et application pratique d'un système
photovoltaïque

I .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 19ème 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]

Aujourd'hui, grâce à sa fiabilité et à son concept respectueux de l'environnement, le photovoltaïque prend une place prépondérante.

Pour comprendre ce phénomène, nous avons rappelé dans ce chapitre quelques notions de base sur le rayonnement solaire et les propriétés des semi-conducteurs ; matériaux de base des cellules photovoltaïques.

Une fois ces rappels théoriques sont faits, il nous sera facile d'expliquer le principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque en passant au système photovoltaïque complet

I .2. Etude pratique d'une installation photovoltaïque :

Pour étude et installation photovoltaïque nous suivons plusieurs étapes importantes et pratiques, qui sont les suivantes :

- Déterminer les besoins de consommation d'énergie dispositifs après la charge de tous les charges électriques.
- Calcul des batteries nécessaires pour sécuriser l'alimentation des appareils après le coucher du soleil.
- Définissez le nombre de panneaux pour produire suffisamment d'énergie pour les appareils à utiliser.
- Calculer les spécifications du régulateur de charge.
- Calculer les spécifications de l'onduleur.

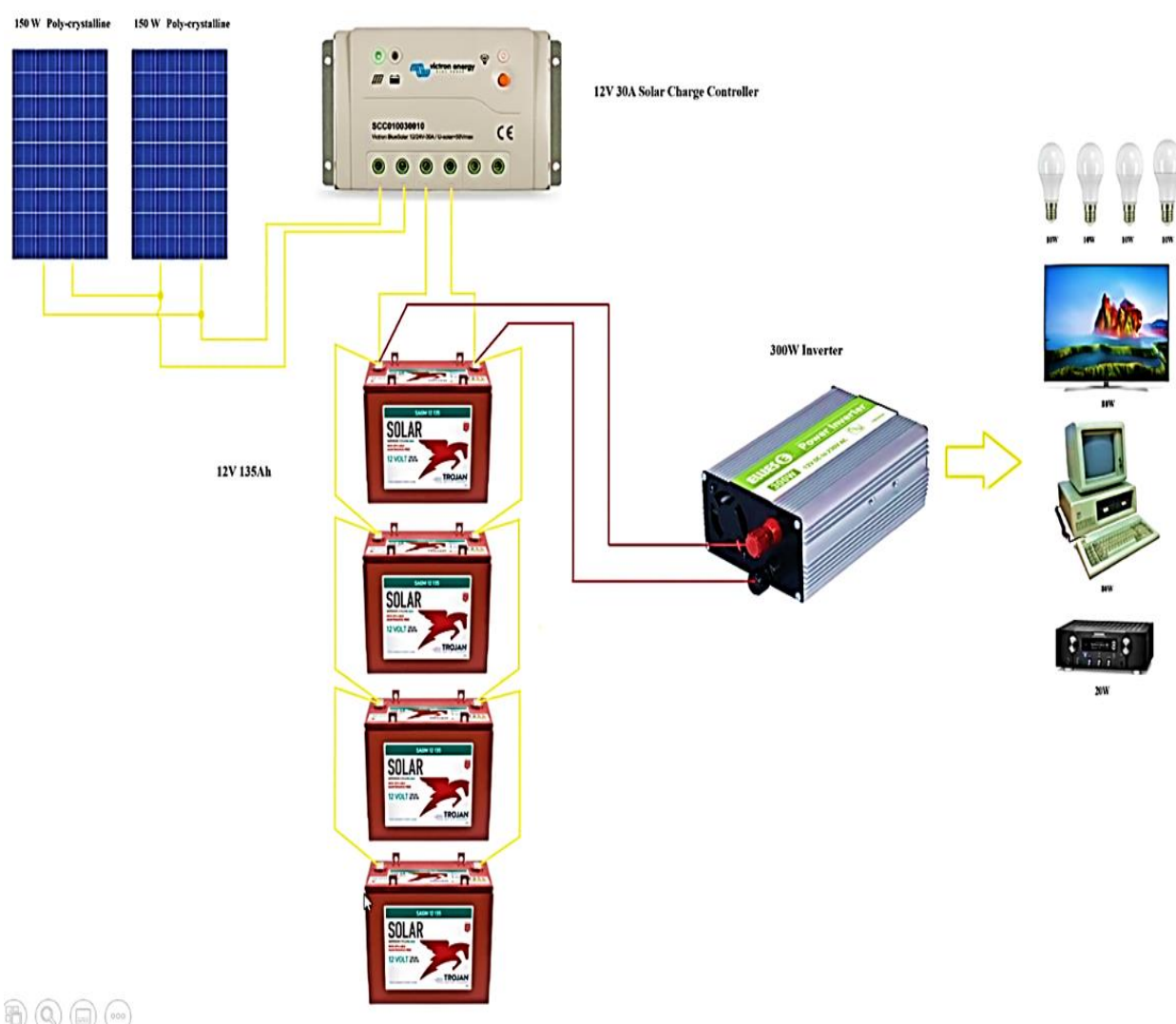


Figure I .1 Schéma installation photovoltaïque.

I .3. Description des éléments d'un système de captage

photovoltaïque :

I .3.1. Les panneaux photovoltaïques :

Les panneaux solaires photovoltaïques regroupent des cellules photovoltaïques reliées entre elles en série ou en parallèle. Ils peuvent s'installer sur des supports fixes au sol ou sur des systèmes mobiles de poursuite du soleil appelés trackers. Dans ce dernier cas la production électrique augmente d'environ 30% par rapport à une installation fixe. En dehors de centrales solaires, les installations fixes se font actuellement plutôt sur les toits des logements ou des bâtiments, soit en intégration de toiture. Dans certains cas, on pose des panneaux verticaux en façade d'immeuble, cette inclinaison n'est pas optimale pour la production d'électricité, la position fixe optimale étant une inclinaison de 30° par rapport à l'horizontale [3].



Figure I.2 Panneaux solaires photovoltaïques.

I .3.1.1. Les cellules photovoltaïques :

La cellule photovoltaïque est l'élément de base des panneaux solaires qui produisent l'électricité, l'utilisation des cellules solaires a débuté dans les années quarante dans le domaine spatial, les recherches d'après-guerre ont permis d'améliorer leurs performances et leur taille [3].

I .3.1.2. Principe d'une cellule photovoltaïque :

Une cellule photovoltaïque est un dispositif semi-conducteur généralement à base de silicium. Elle est réalisée à partir de deux couches, une dopée P et l'autre dopée N créant ainsi une jonction PN avec une barrière de potentiel. Lorsque les photons sont absorbés par le semi-

conducteur, ils transmettent leur énergie aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons de ces atomes se libèrent et créent des électrons (charges N) et des trous (charges P). Ceci crée alors une différence de potentiel entre les deux couches. Cette différence de potentiel est mesurable entre les connexions des bornes positives et négatives de la cellule [4].

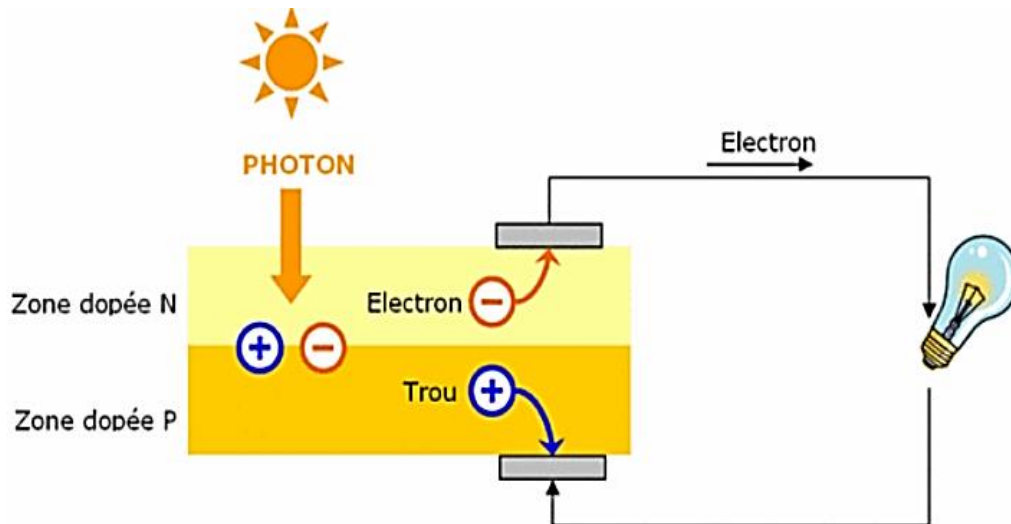


Figure I .3 Structure et principe de fonctionnement.

I .3.1.3. Différents types des cellules photovoltaïques :

Il existe de nombreux types de fabrication des cellules photovoltaïques, Nous le mentionnons dans ce qui suit :

	Les avantages	Les inconvénients
Monocristallin	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bon rendement, de 12% à 18%. ➤ Bon ratio (WC/ M²) (environ 150 (WC/ M²)) ce qui permet un gain de place si nécessaire. ➤ Nombre de fabricants élevé. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coût élevé. ➤ Rendement faible sous un faible éclairement.
Poly cristallin	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cellule carrée (à coins arrondis dans le cas du Si monocristallin) permettant un meilleur foisonnement dans un module. ➤ Moins cher qu'une cellule monocristalline. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Moins bon rendement qu'une cellule monocristalline : 11 à 15%. ➤ Ratio (WC/ M²) moins bon que pour le monocristallin (environ 100 (WC/ M²)). ➤ Rendement faible sous un faible éclairement.
Amorphe	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fonctionne avec un éclairement faible ou diffus (même par temps couvert). ➤ Un peu moins chère que les autres technologies. ➤ Intégration sur supports souples ou rigides. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rendement faible en plein soleil, de 6% à 8%. ➤ Nécessité de couvrir des surfaces plus importantes que lors de l'utilisation de silicium cristallin (ratio (WC/M²) plus faible, environ 60 (WC/ M²)). ➤ Performances qui diminuent avec le temps (environ 7%).

Tableau I .1 Différents types des cellules photovoltaïques.

I .3.1.4. Constitution d'un module photovoltaïques :

Pour produire plus de puissance, les cellules solaires sont assemblées pour former un module. Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension. Ces cellules sont protégées de l'humidité par en copulation dans un polymère EVA (éthylène-vinyl-acétate) et protégé sur la surface avant d'un verre, trempé à haute transmission et de bonne résistance mécanique, et sur la surface arrière d'une ou de polyéthylène [5].

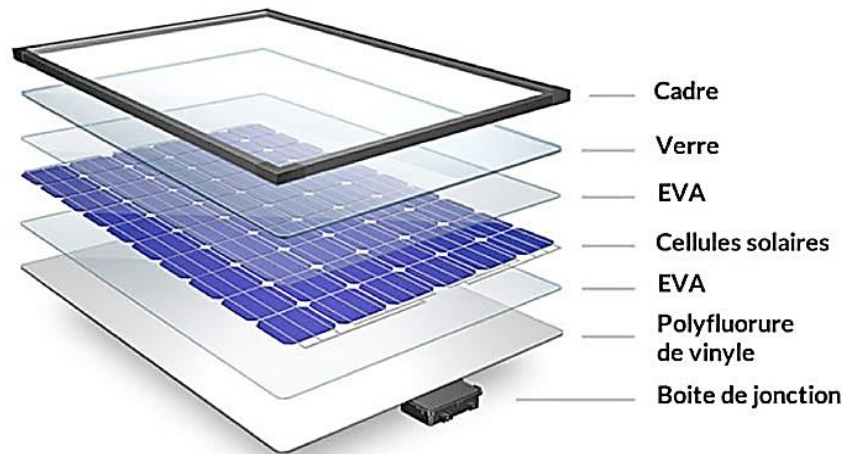


Figure I .4 Module photovoltaïque.

I .3.2. Les batteries :

La batterie est une source d'énergie rechargeable qui équipe les appareils mobiles tels que les ordinateurs portables et les téléphones, leur permettant de s'affranchir momentanément d'une alimentation électrique depuis une prise. L'autonomie de chaque appareil dépend de sa consommation, chacun étant plus ou moins gourmand selon ses besoins.

Lorsque les batteries sont connectées en parallèle, elles produisent un courant égal pour collecter le courant de chacune d'elles, et lorsqu'elles sont connectées en série, on parle de tension.



Figure I .5 Batterie.

I .3.2.1. Différents types des batteries :

Différents types de batteries utilisées pour stocker l'énergie électrique produite par les panneaux solaires :

Technologie de batterie solaire	Avantages	Applications
Batterie solaire étanche AGM	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sans entretien. ✓ Prix avantageux. ✓ Résistance aux chocs et vibrations. ✓ Très faible dégagement d'hydrogène. 	<ul style="list-style-type: none"> • Démarrage moteur. • Loisir. • Application non sensible.
Batterie solaire étanche au GEL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sans entretien. ✓ Résistance aux chocs et vibrations. ✓ Performance excellente en cyclage. ✓ Meilleure résistance aux températures extrêmes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Habitat isolé. • Signalisation. • Télécommunication. • Hydraulique. • Télémétrie.
Batterie solaire plomb-carbone	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sans entretien. ✓ Moins de sulfatation en charge partielle. ✓ Moins de corrosion de la plaque positive. ✓ Nombre de cycles supérieur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Véhicule, camping-car. • Bateau. • Habitat isolé. • Application pro.
Batterie solaire OPzV / OPzS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Longue durée de vie : > 10 ans. ✓ Très bonne résistance aux températures extrêmes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Habitat isolé. • Télécommunication. • Application pro.
Batterie solaire Lithium	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sans entretien. ✓ Durée de vie > 2500 cycles à 80% décharge. ✓ Plus légère que les batteries au plomb. ✓ Résiste mieux aux décharges profondes. ✓ Capacité utile 2 fois supérieure. ✓ Plus sensible à la température. 	<ul style="list-style-type: none"> • Véhicule. • Bateau. • Application spécifique.

Tableau I .2 Différents types des batteries.

I .3.3. Les régulateurs :

Un régulateur de tension est un élément qui permet de stabiliser une tension à une valeur fixe (doit fournir une tension constante pour n'importe quel courant de sortie, ou n'importe quelle charge), et qui est nécessaire pour les montages électroniques qui ont besoin d'une tension qui ne fluctue pas, ne serait-ce que peu. Un régulateur de tension peut être composé

d'un ensemble de composants classiques (résistances, diodes Zener et transistor par exemple), mais il peut aussi être de type "intégré" et contenir tout ce qu'il faut dans un seul et même boîtier, pour faciliter son usage.



Figure I .6 Régulateur.

I .3.3.1. Différents types des régulateurs :

Différents types de régulateurs sont utilisés pour l'installation de panneaux solaire, le plus courant étant le MPPT, suivant :

Type de régulateur	avantages	inconvénients
Régulateur solaire à LED	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prix. ✓ Simplicité. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvais rendement.
Régulateur solaire PWM avec écran LCD	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Informations détaillées. ✓ Surveillance du système. 	<ul style="list-style-type: none"> • Déchet d'énergie massifs.
Régulateur solaire MPPT	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Meilleur rendement. ✓ Charge optimisée par temps couvert. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prix élevé.
Régulateur solaire PWM DUO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Charge de 2 batteries différentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • La vitesse de chargement est lente.
Régulateur solaire PWM crépusculaire	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gestion crépusculaire intégrée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas atteindre la valeur maximale des panneaux solaire.

Tableau I .3 Différents types des régulateurs.

I .4. Application des installations photovoltaïques :

Supposons que quelqu'un veuille installer des panneaux solaires dans sa maison, il y a plusieurs étapes que nous suivons pour assurer la qualité de l'énergie électrique et réduire les problèmes attendus et pour garder l'équipement contre les dommages et les appareils qui doivent être alimentés, comme suit :

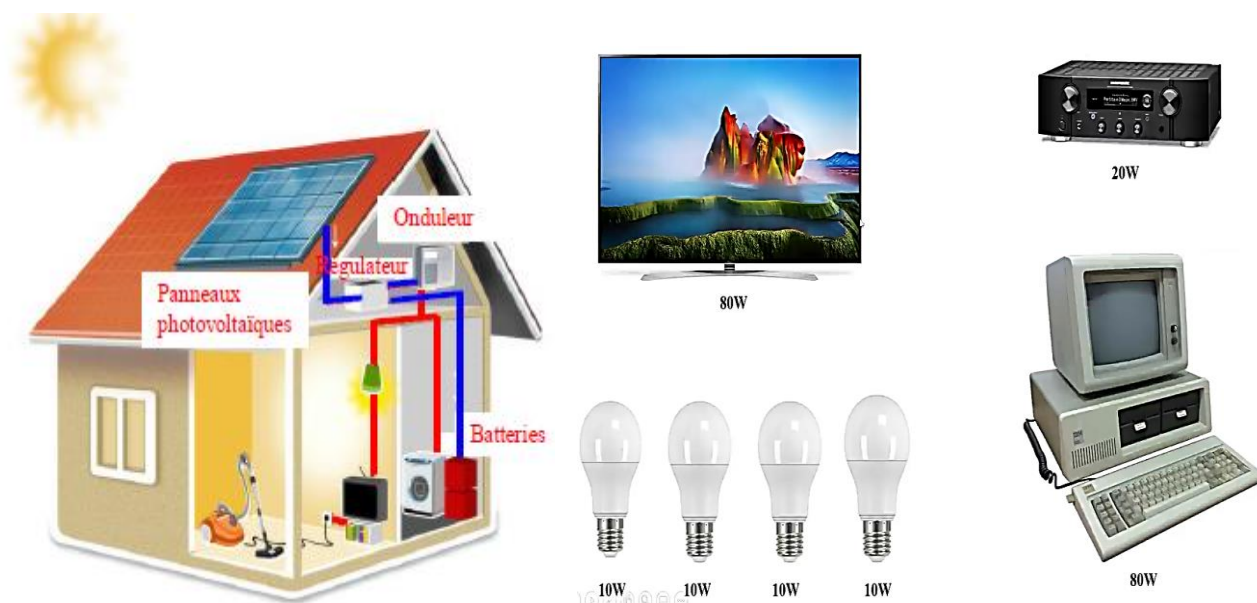


Figure I .7 Installation PV pour une maison.

I .4.1 Calcule des puissances et des pertes :

➤ Calculer (Wh/Day) des appareils :

Appareil électrique	Nombre	Puissance	D'heures de travail	Wh/Day
TV	1	80	6	480 (Wh/Day)
Light	4	10	6	240 (Wh/Day)
Receiver	1	20	4	120 (Wh/Day)
Computer	1	80	6	320 (Wh/Day)
La Somme				1160Wh/Day)

Tableau I .4 (Wh/Day) les appareils.

- Ajoute les pertes du système solaire :

Un pourcentage compris entre 20% ou 30% est ajouté afin de compenser les pertes résultant des composants du système solaire, et donc la perte doit être ajoutée à l'énergie totale con sommée par jour.

$$1160 \text{ (Wh/Day)} * 1.3 = 1508 \text{ (Wh/Day)} \quad (\text{ I .1})$$

I .4.2. Détermination du nombre des batteries :

- Nous déterminons la tension de la batterie.

$$80 + 4 * 10 + 20 + 80 = 220 \text{ (W)} \quad (\text{ I .2})$$

- Étant donné que la puissance des appareils dans cet exemple est de 220 (W), nous choisissons la tension de la batterie de 12 (V).

<1200W	12V
1200-2400W	24V
2400-4800W	48V

- Diviser (I ,1) par (I ,2) nous obtenons Ah/Day. Ceci est utilisé dans le calcul de la batterie et des panneaux solaires.

$$1508 \text{ (Wh/Day)} / 12 \text{ (V)} = 125.66 \text{ (Ah/Day)} \quad (\text{ I .3})$$

- Entrez le nombre de jours, le maximum dans une zone où le soleil se couche en raison des nuages et des facteurs météorologiques, et nous en avons besoin car les batteries alimenteront les appareils en électricité pendant cette période. (((Supposons 2 jours.)))

*Nous multiplions (I ,3) par 2 jours pour obtenir Ah que nous devons stocker.

$$125.66 * 2 = 251.32 \text{ (Ah)} \quad (\text{ I .4})$$

*Nous entrons le pourcentage admissible de décharge de la batterie pour préserver sa durée de vie, et ce pourcentage ne doit pas dépasser 80%.

$$\text{Capacité de stockage} = 251.32 / 0.8 = 314.15 \text{ (Ah)} \quad (\text{ I .5})$$

*Vous pouvez spécifier la batterie Ah que vous souhaitez utiliser et vous pouvez consulter le manuel d'instructions du fabricant ou ce qui est disponible sur le marché local, nous avons choisi la batterie illustrée dans Figure (I .7).

- Le pourcentage de décharge admissible varie avec la température. En supposant que la température des batteries sur le site chutera à 0°C en hiver, Figure (I .6)

$$\text{Capacité de stockage} = 314.15 / 0.7 = 488.785 \text{ (Ah)} \quad (\text{ I .6})$$

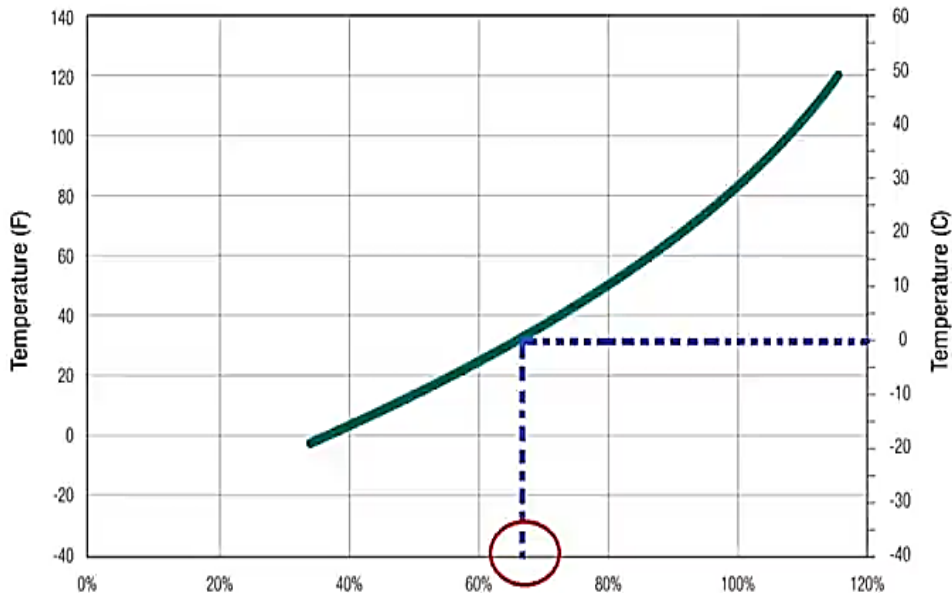


Figure I .8 Pourcentage de capacité par rapport à la température.

- Nous définissons Ah pour la batterie afin de savoir combien de batteries sont nécessaires, Figure (I .7).

MODEL	SAGM 12 135
VOLTAGE	12
CAPACITY	135Ah @ 20Hr
MATERIAL	Polypropylene
BATTERY	VRLA AGM / Non-Spillable / Maintenance-Free
COLOR	Maroon
WATERING	No Watering Required
IEC 61427	8+ Years Life

Figure I .9 Batterie utilisée.

$$\text{Nombre de batteries} = 488.785 / 135 = 4 \text{ Batteries} \quad (\text{ I .7})$$

I .4.3. Détermination du nombre des panneaux solaires :

Nous saisissons le nombre d'heures d'ensoleillement utilisées par jour (PSH), Figure (I .8).

$$\text{PSH} = 5$$

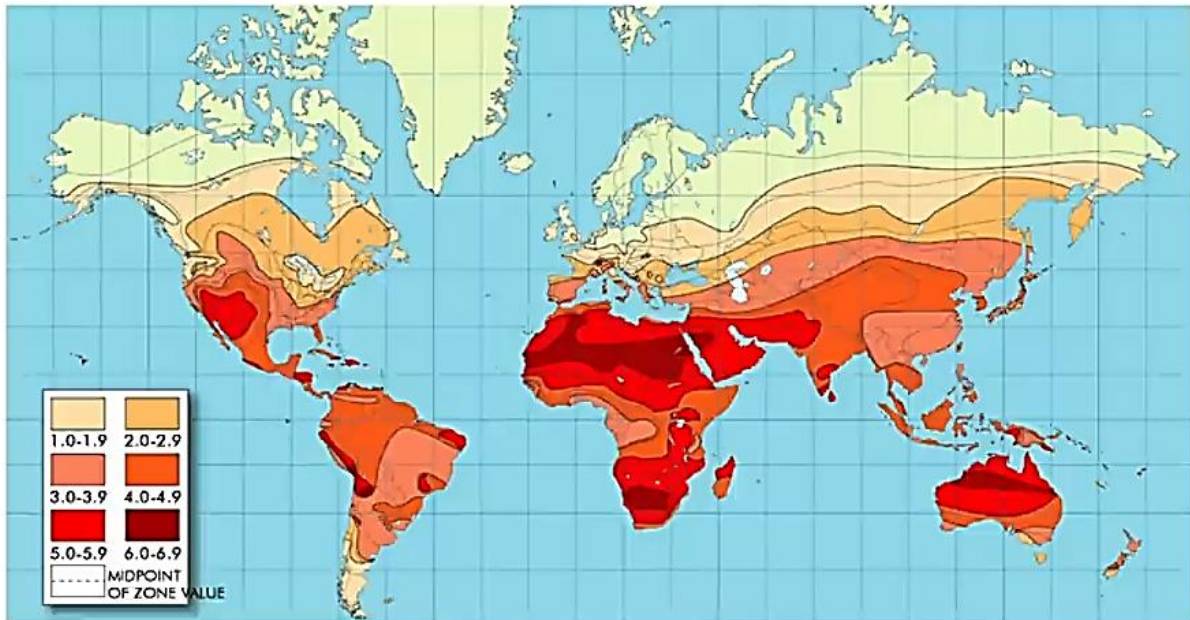


Figure I .10 Carte de l'insolation du monde.

$$\text{Puissance requise des panneaux} = 1508 / 5 = 301.6 \text{ (W)} \quad (\text{ I .8})$$

*Nous prenons 2 panneaux photovoltaïques, Figure (1.9).

I .4.4. Choix du régulateur :

$$\text{Régulateur de charge solaire} = (8.87 * 2) * 1.3 = 23.062 \text{ (A)} \quad (\text{ I .9})$$

ELECTRICAL DATA STC*		
Electrical Data CS6C	145P	150P
Nominal Max. Power (Pmax)	145 W	150 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	17.9 V	18.1 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.09 A	8.30 A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.2 V	22.3 V
Short Circuit Current (Isc)	8.65 A	8.87 A
Module Efficiency	14.66%	15.17%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C	
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)	

Figure I .11 Spécifications du panneau solaire.

I .4.5. Choix de l'onduleur :

*Nous multiplions (I ,2) par 30%, qui est le taux de perte :

$$\text{Puissance de l'onduleur} = 220 * 1.3 = 286 \text{ (W)}$$

(I .10)

300W Power Inverter 12V DC to 230V AC



Product Code: FBI300M
Barcode: 600284406 2675



- Reliable, proven design.
- Continuous operation.
- High power, heavy duty.
- Remote ON/OFF switch.



APPLIANCE POWER CONSUMPTION GUIDE

	300Watt	400Watt	500Watt	600Watt	800Watt	1000Watt	1500Watt
Cellphone/Car/camcorder charger: 10Watt	●	●	●	●	●	●	●
Computer/Printer/Fax: 150Watt	●	●	●	●	●	●	●
12" Therio speed fan: 10Watt	●	●	●	●	●	●	●
20" TV/DVD: 200Watt	●	●	●	●	●	●	●
Mini stereo: 35Watt	●	●	●	●	●	●	●
Fridge/Freezer: 350Watt	●	●	●	●	●	●	●
Electric garden tools: 475Watt	●	●	●	●	●	●	●
Portable vacuum: 85Watt	●	●	●	●	●	●	●
Coffee maker: 400Watt	●	●	●	●	●	●	●
Electric lamp: 70Watt	●	●	●	●	●	●	●
Mini microwave oven: 1000Watt	●	●	●	●	●	●	●
Full size microwave oven: 1400Watt	●	●	●	●	●	●	●

FBI300M

PRODUCT DESCRIPTION

This inverter converts DC power from a battery into 230 Volt AC "modified sine wave" power. 300 Watts of continuous output power and a compact design make this unit ideal for running any of the following:
TV's, stereo's, laptop's, small PC's, chargers and many other home appliances.

TECHNICAL INFORMATION

FEATURES

- Inverter Output Wave Form: Modified Sine Wave
- LED indicators showing power and fault status
- Hardwire Terminal Block

Figure I .12 Spécification de l'onduleur.

I .5 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté le potentiel solaire, le principe de la conversion PV et les cellules monocristallines qui ont le meilleur rendement dans les conditions réelles d'utilisation des systèmes photovoltaïques et leurs secteurs d'application.

Chapitre II :
Modélisation et simulation les cellules
photovoltaïques

II.1. Introduction :

Une cellule photovoltaïque (ou photopile) est un dispositif qui transforme l'énergie lumineuse en courant électrique. La première photopile a été développée aux États-Unis en 1954 par les chercheurs de laboratoire Bell [6]. Mais en dépit de l'intérêt des scientifiques au cours des quelques années, ce n'est que lors de la course vers l'espace que les cellules ont quittés les laboratoires. En effet, les photopiles représentent la solution idéale pour satisfaire les besoins en électricité à bord des satellites, ainsi que dans tout site isolé. Actuellement, l'objectif essentiel est devenu la production de l'électricité, sans pollution, pour l'alimentation des réseaux de distribution.

II.2. Circuit équivalent d'une cellule solaire :

II.2.1. Cas d'une cellule idéale :

Dans le cas idéal, la cellule d'une jonction PN soumise à l'éclairement photovoltaïque connectée à une charge peut être schématisée par un générateur de courant I_{ph} en parallèle avec une diode délivrant un courant selon la figure (II.1), qui représente le circuit équivalent d'une cellule solaire idéale [7].

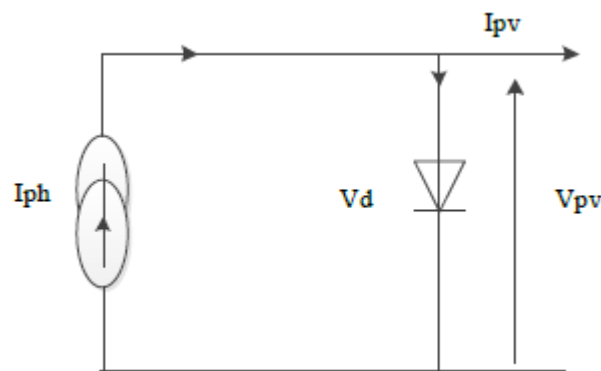


Figure II.1 Schéma équivalent d'une cellule idéale.

Les équations retenues de ce modèle sont :

$$I_{pv} = I_{ph} - I_d \quad (\text{II.1})$$

Le courant I_{ph} est assimilé au courant I_{sc} avec $V_{pv} = 0$, courant de court-circuit obtenu en court-circuitant la charge.

$$I_{ph} = I_{sc} = E / E_{ref} \quad (\text{II.2})$$

E : L'éclairement absorbé par la cellule ;
 $E_{réf}$: L'éclairement de référence (1000 w/m2) ;

$$I_d = I_0 \left(e^{\frac{V_d}{V_t}} - 1 \right) \quad (\text{II.3})$$

I_0 : Courant de saturation inverse de la diode ;

$$V_t = \frac{NkT}{q} \quad (\text{II.4})$$

V_t : Tension thermique ;
 N : Facteur d'idéalité de la photopile ;
 k : Constant de Boltzmann ($1,38.10^{-23}\text{J/K}$) ;
 q : Charge de l'électron ($1,6.10^{-19}\text{C}$).

II.2.2. Cas d'une cellule réelle :

Le schéma équivalent de la cellule photovoltaïque réelle tient compte d'effets résistifs parasites dues à la fabrication et représenté sur la figure (II.2). Ce schéma équivalent est constitué d'une diode (d) caractérisant la jonction, une source de courant (I_{ph}) caractérisant le photo-courant, une résistance série (R_s) représentant les pertes par effet Joule, et une résistance shunte (R_{sh}) caractérisant un courant de fuite entre la grille supérieure et le contact arrière qui est généralement très supérieure à (R_s) [8].

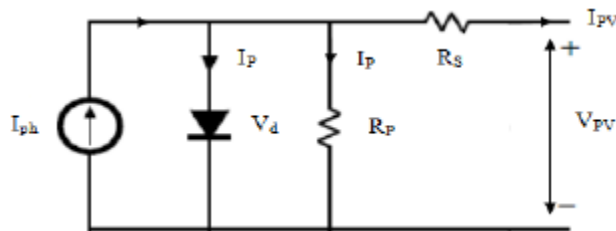


Figure II.2 Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque réelle.

Dans notre travail, nous avons utilisé le modèle mathématique du module solaire à exponentiel simple.

Le courant de sortie d'une cellule photovoltaïque se met sous la forme mathématique suivante :

$$I_{pv} = I_{ph} - I_d - I_p \quad (\text{II.5})$$

I_{pv} : Courant générer par la cellule photovoltaïque ;

I_{ph} : Photo courant créé par la cellule (proportionnel au rayonnement incident) ;

I_d : Le courant circulant dans la diode.

$$I_d = I_0 \left(e^{\frac{V_d}{V_t}} - 1 \right) \quad (\text{II.6})$$

$$I_0 = I_{or} \left(\frac{T}{T_n} \right)^3 e^{-\left[\frac{E_g}{BK} \left(\frac{1}{T_n} - \frac{1}{T} \right) \right]} \quad (\text{II.7})$$

I_{or} : est le courant de court-circuit de la cellule à la température de référence T_n et l'éclairement de référence ;

T : Température de la jonction des cellules PV [°K] ;

T_n : Température de référence des cellules PV [°K] ;

B : Facteur d'idéalité de la jonction ;

E_g : Énergie de gap [ev] ;

$$V_d = V_{pv} + R_s I_{pv}$$

R_s : résistance série symbolise la résistance de masse du matériau semi-conducteur, ainsi les résistances ohmiques et de contact au niveau des connexions des cellules ;

V_{ph} : La tension de sortie ;

I_p : Le courant circulant dans la résistance R_p ;

R_p : Résistance shunt représente les fuites autour de la jonction p-n dues aux impuretés et sur les coins de cellule.

En substituant les équations (II .6 ; II .7) dans l'équation (II .5) le courant I_{pv} devient :

$$I_{pv} = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{V_t}} - 1 \right) - \frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_p} \quad (\text{II.8})$$

$$\text{Donc : } I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{V_t}} - 1 \right) - \frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_p} - I_{pv} = 0 \quad (\text{II.9})$$

II.3. Mode de connexion du PV :

II.3.1. Association des cellules série :

Dans un groupement en série, les cellules sont traversées par le même courant et la caractéristique résultante du groupement en série est obtenue par addition des tensions à courant donné. Les figures (II . (4 ; 5)) montrent la caractéristique résultante (I_{sco}, V_{sco}) obtenue en associant en série (indice s) N_s cellules identiques (I_{cc}, V_{co}) [4] :

$$I_{scc} = I_{cc} \quad \text{et} \quad V_{sco} = N_s * V_{co}$$

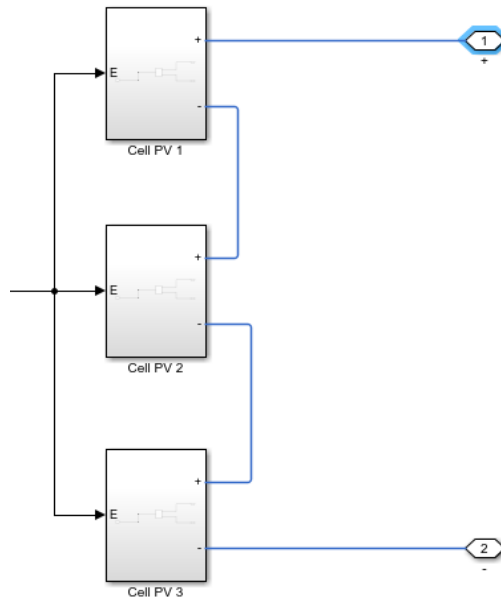


Figure II .3 Schéma de 3 cellules photovoltaïques associées en série.

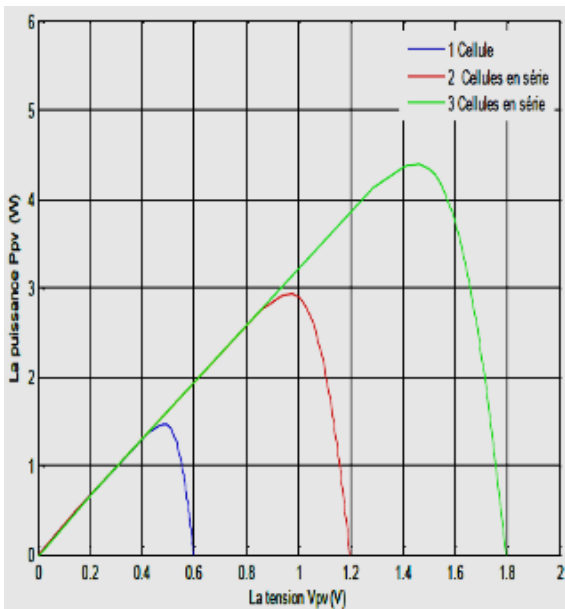


Figure II .4 Caractéristique P-V des cellules photovoltaïques raccordées en série.

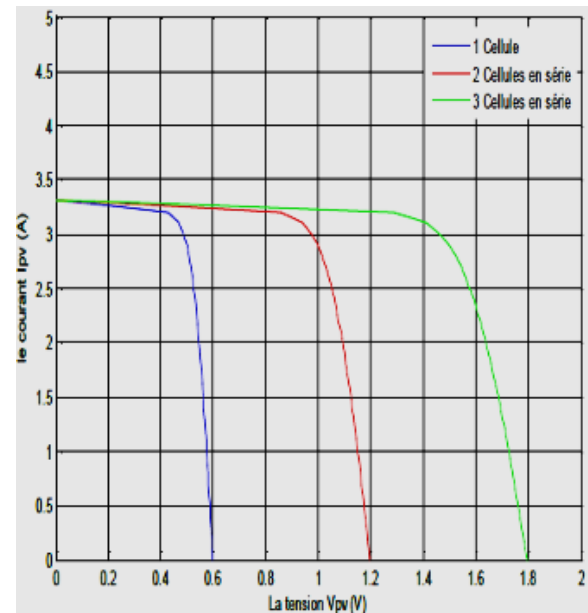


Figure II .5 Caractéristique I-V des cellules photovoltaïques raccordées en série.

La plupart des panneaux photovoltaïques commerciaux sont constitués par des sous-réseaux de cellules connectées en série. Chacun de ces sous-réseaux est lui-même constitué d'un groupe de cellules photovoltaïques connectés en série. Le nombre de cellules par sous-réseaux est le fruit d'un compromis économique entre protection et pertes d'une partie importante du générateur photovoltaïque en cas de défaut partiel.

II .3.2 Association des cellules en parallèle :

Les propriétés du groupement en parallèle des cellules sont duales de celles du groupement en série. Ainsi, dans un groupement des cellules connectées en parallèle, les cellules

sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante du groupement est obtenue par addition des courants à tension donnée. Les figures (II . (7 ; 8)) montrent les caractéristiques résultantes (I_{pcc}, V_{pco}) obtenues en associant en parallèle (indice p) N_p cellules identiques:

$$I_{pcc} = N_p * I_{cc} \quad \text{et} \quad V_{pco} = v_{co}$$

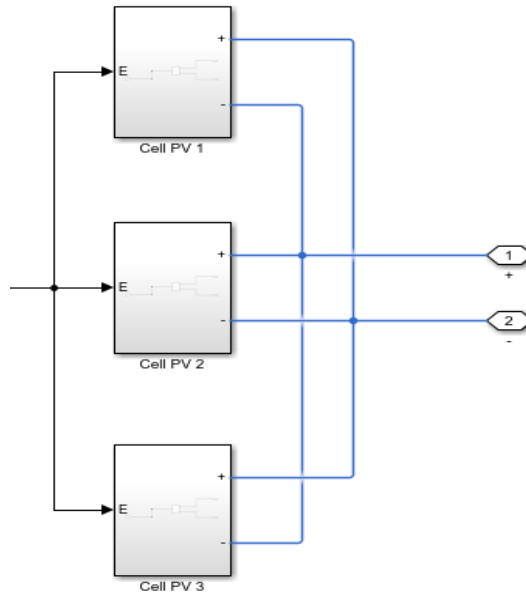


Figure II .6 Schéma de 3 cellules photovoltaïques associées en parallèle.

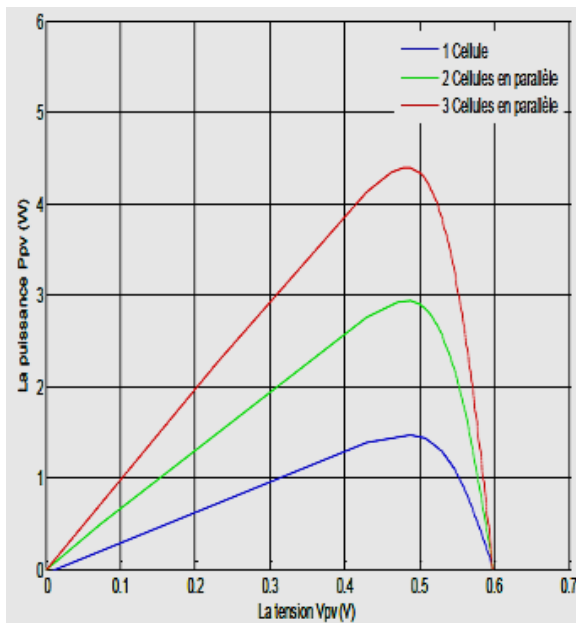


Figure II .7 Caractéristique P-V des cellules PV raccordées en parallèle.

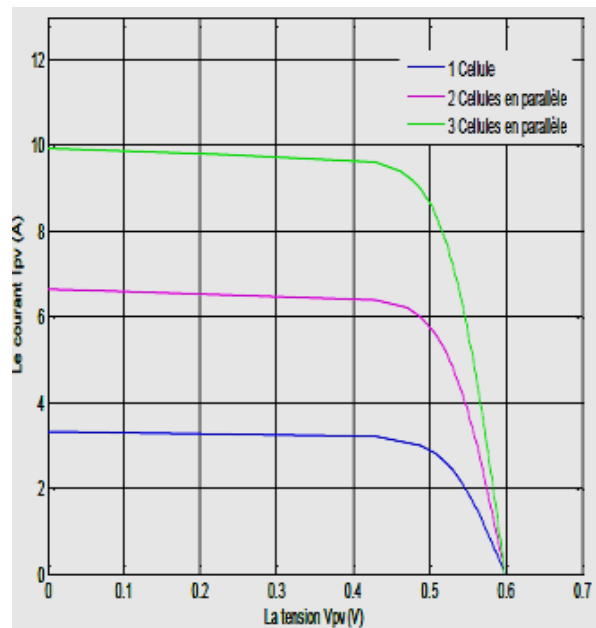


Figure II .8 Caractéristique I-V des cellules PV raccordées en parallèle.

II.4. Influence de la Température :

En faisant varier la température de 25°C jusqu'à 50°C, la caractéristique ($I_{pv}=f(V_{pv})$) est donnée par les figures (II . (9,10)). On remarque que la température à une influence négligeable sur la valeur du courant de court-circuit. Par contre, la tension en circuit ouvert baisse assez fortement lorsque la température augmente, par conséquent la puissance extractible diminue. Lors du dimensionnement d'une installation, la variation de la température du site sera impérativement prise en compte.

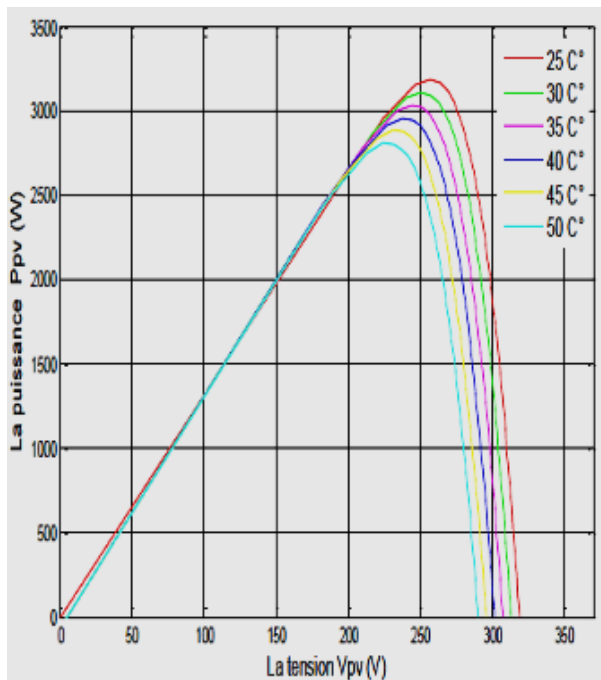


Figure II.9 Caractéristique P-V du module PV selon la température.

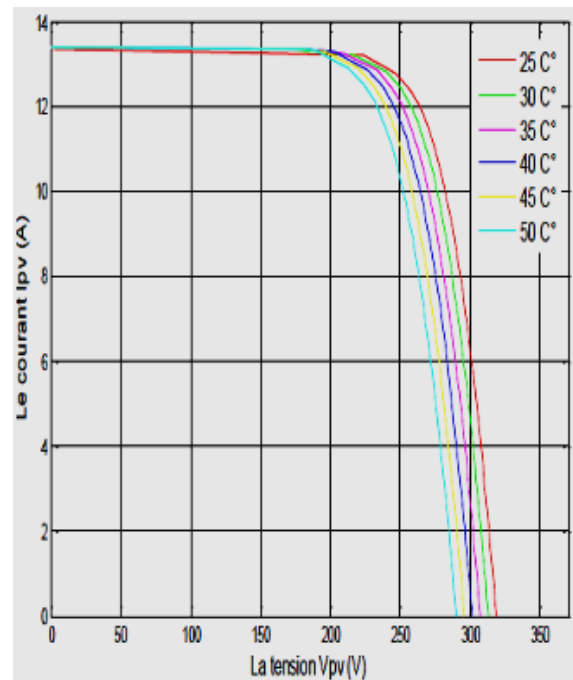


Figure II.10 Caractéristique I-V du module PV selon la température.

II.5. Influence de l'Éclairement :

En faisant varier l'éclairement entre 200 w/m² et 1000 w/m² avec un pas de 200, la caractéristique ($I_{pv}=f(V_{pv})$) est donnée par les figures (II . (11,12)). On remarque que la valeur du courant de court-circuit est directement proportionnelle à l'intensité du rayonnement. Par contre, la tension en circuit ouvert ne varie pas dans les mêmes proportions, elle reste quasiment identique même à faible éclairement.

L'irradiation standard, internationalement acceptée, pour mesurer la réponse des panneaux photovoltaïques est une intensité rayonnante de 1000 W/m² et une température de 25 °C.

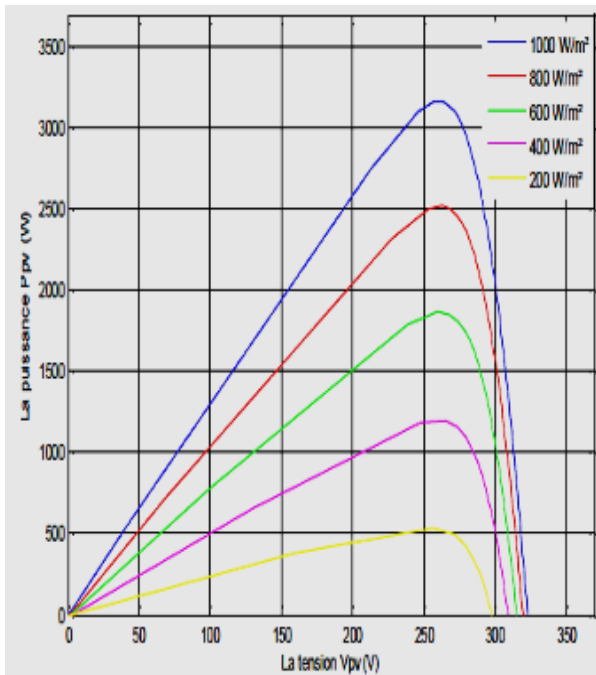


Figure II .11 Caractéristique P-V du module PV selon l'éclairement.

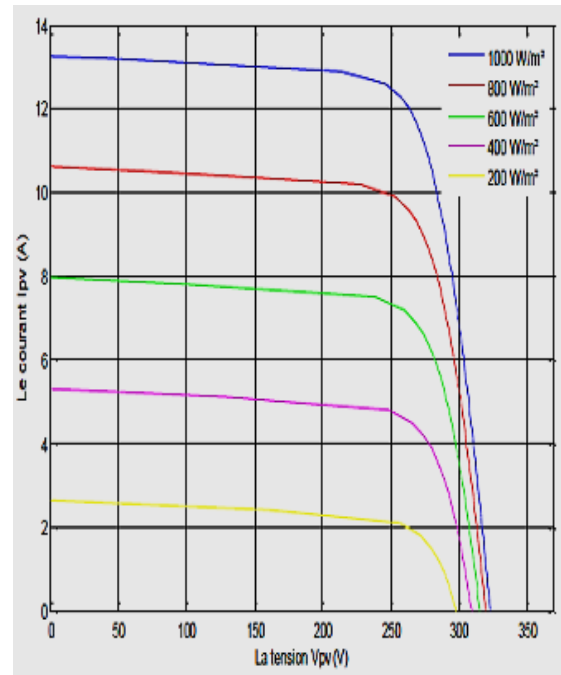


Figure II .12 Caractéristique I-V du module PV selon l'éclairement.

II .5 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté la modélisation d'une cellule photovoltaïque et d'une centrale photovoltaïque, les caractéristiques du générateur PV avec ses performances. Ainsi, l'influence de quelques paramètres sur ses caractéristiques.

Pour le fonctionnement optimal d'un système photovoltaïque, il est nécessaire d'utiliser un étage d'adaptation entre le générateur PV et la charge ou un autre système que nous allons l'étudier dans le chapitre suivant.

Chapitre III :
Étude et simulation d'un système PV : GPV-
étage d'adaptation

III.1. Introduction :

Pour essayer de résoudre le problème de la tension faible, la solution adoptée est de placer un convertisseur DC/DC, appelé « hacheur » entre la charge et la source. Ce convertisseur est commandé par un algorithme qui détermine le (PPM) de la cellule [9]. En générale, la commande MPPT est basée sur la variation du rapport cyclique (α) du convertisseur statique en fonction de l'évolution des paramètres d'entrée de ce dernier (I et V et par conséquent de la puissance du GPV) jusqu'à se placer sur le MPPT [10], nous étudierons les hacheurs en particulier le convertisseur survolteur ou parallèle (Boost) choisi grâce à sa structure simple et son rapport de transformation en tension le plus élevé par rapport aux autres topologies.

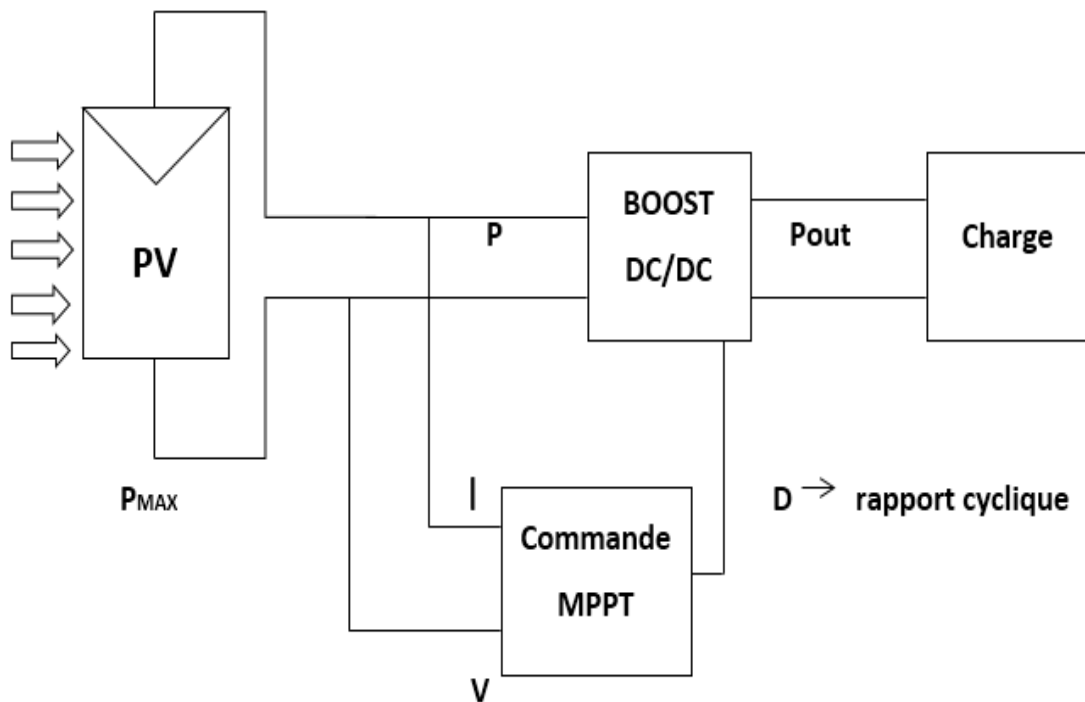


Figure III.1 Chaîne de la commande MPPT.

III.2. La commande MPPT :

III.2.1. Principe de la commande MPPT :

La caractéristique de la cellule solaire V-I n'est pas linéaire et varie en fonction des conditions météorologiques. Il existe un point sur la courbe V-P, V-I appelé le point de puissance maximale (MPPT) ce point n'est pas connu, mais peut être calculé.

On peut le déterminer grâce aux algorithmes de MPPT (méthode de la Perturbation et Observation 'P&O', méthode d'incrémentatation de la conductance, méthode de la commande MPPT flou, méthode à contre réaction de puissance.....etc).

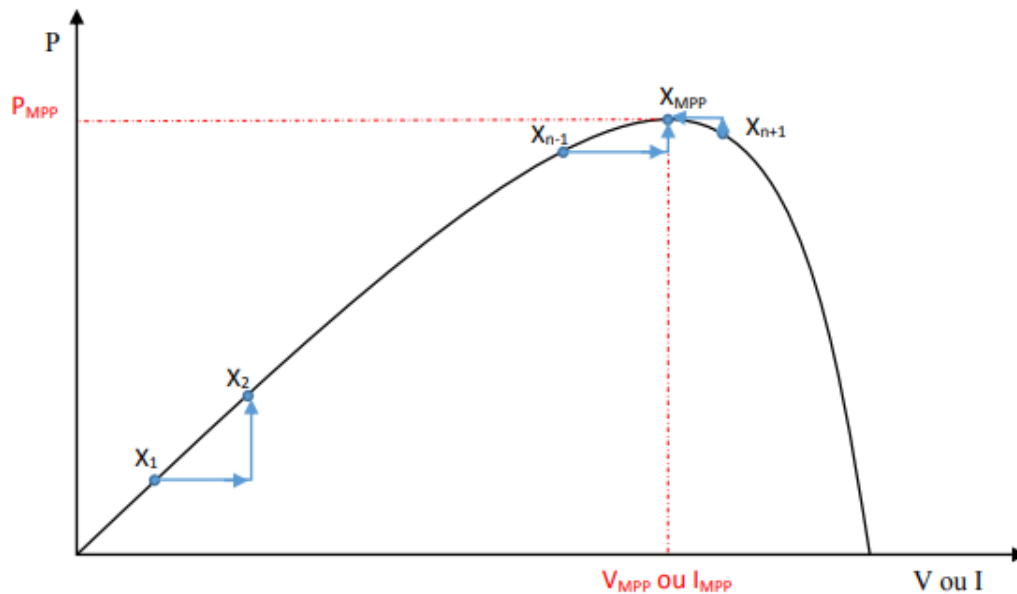


Figure III.2 Principe de la commande MPPT.

III.2.2 Les algorithmes MPPT :

Les algorithmes plus utilisés sont :

- Conductance Incrémentale (Incremental Conductance).
- Algorithme de la Tension Constante (Constant Voltage).
- Algorithme de la Courant Constante (Constant Current).
- Perturbation et Observation (P&O).
- Algorithme à base de la logique floue [11].

III.2.3. Perturbation Et Observation (P&O) :

Le principe de commande P&O consiste à provoquer une perturbation de faible valeur sur la tension V_{pv} , ce qui engendre une variation de la puissance [12]. Figure III.3 montre qu'on peut déduire que si une incrémentatation positive de la tension V_{pv} engendre un accroissement de la puissance P_{pv} , cela signifie que le point de fonctionnement se trouve à gauche du PPM. Si au contraire, la puissance décroît, cela implique que le système a dépassé le PPM. Un raisonnement similaire peut être effectué lorsque la tension décroît. A partir de ces diverses analyses sur les conséquences d'une variation de tension sur la caractéristique $P(V)$, il est alors facile de situer le point de fonctionnement par rapport au PPM, et de faire converger ce dernier vers le maximum de puissance à travers un ordre de commande approprié. A partir de ces diverses analyses sur les conséquences d'une variation de tension sur la caractéristique

$P(V)$, il est alors facile de situer le point de fonctionnement par rapport au PPM, et de faire converger ce dernier vers le maximum de puissance à travers un ordre de commande approprié. Pour ce type de commande, deux capteurs (courant et tension du GPV) sont nécessaires pour déterminer la puissance du GPV à chaque instant. L'utilisation d'un microprocesseur est plus appropriée pour la réalisation de la méthode P&O, même si des circuits analogiques peuvent être utilisés [13].

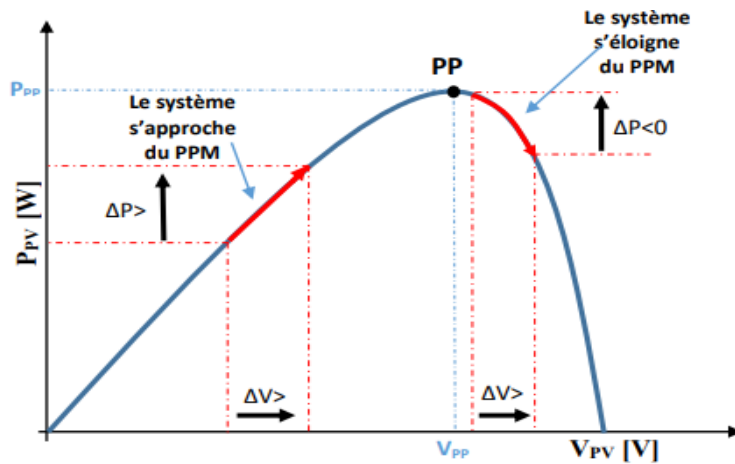


Figure III.3 Recherche du PPM par la méthode (P&O).

La Figure III.4 représente l'algorithme classique d'une commande MPPT de type P&O, où l'évolution de la puissance est analysée après chaque perturbation de tension.

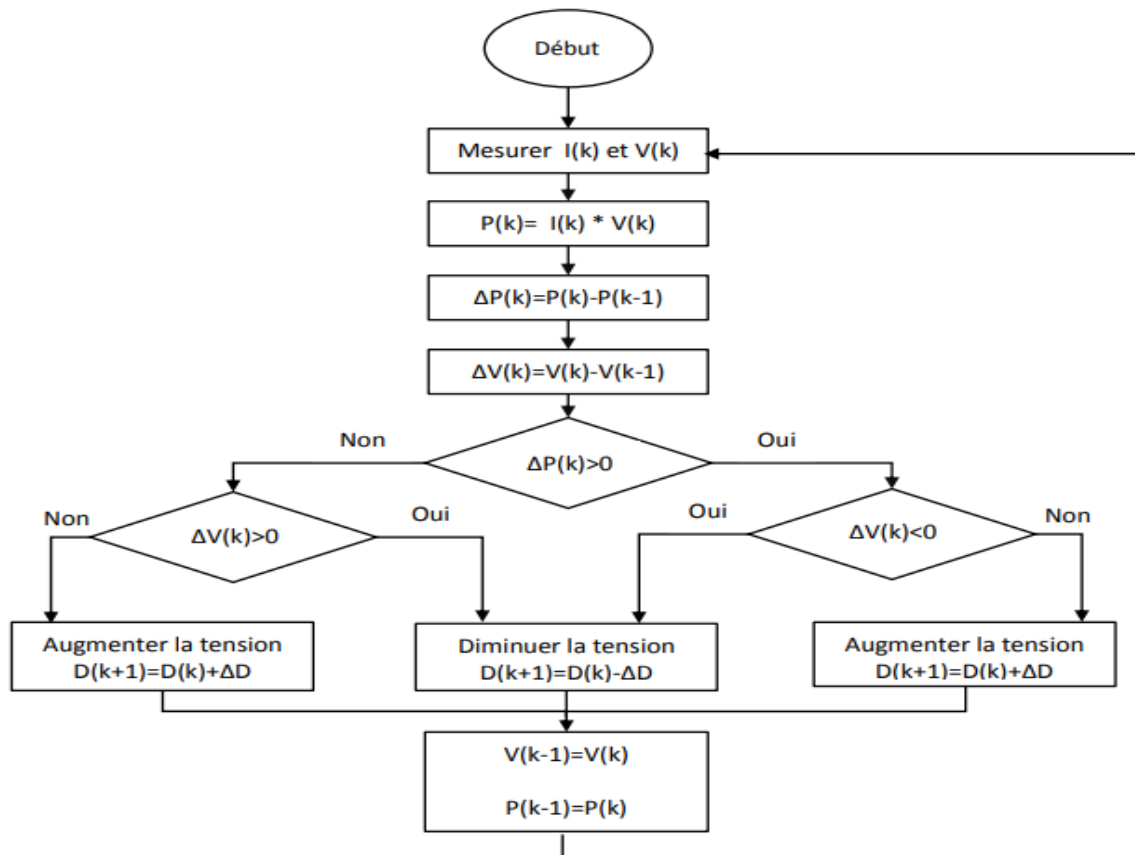


Figure III.4 l'algorithme de P&O classique.

III.3. Les hacheurs :

Les hacheurs présentent la partie essentielle dans le dispositif de la commande **MPPT** d'un générateur photovoltaïque. Ils permettent le contrôle de la puissance électrique dans les circuits fonctionnant en courant continu avec une très grande souplesse et un rendement élevé. Selon la direction du transfert de l'énergie, on trouve les hacheurs non réversibles (Unidirectionnels) et ceux réversibles (bidirectionnels), pour les systèmes photovoltaïques on utilise les hacheurs unidirectionnels. Le mode de fonctionnement des hacheurs dépend de sa capacité de stockage d'énergie, de la période de commutation et de la charge. On distingue deux types de mode de fonctionnement.

- **Mode de Conduction Continu (MCC)** : le courant dans l'inductance ne s'annule pas pour une période de commutation, il est entièrement transféré, donc continu.
- **Mode de Conduction Discontinu (MCD)** : dans ce cas, l'énergie emmagasinée dans l'inductance L est entièrement transférée à la charge avant la fin de la période de commutation, d'où la discontinuité du courant dans l'inductance [14].

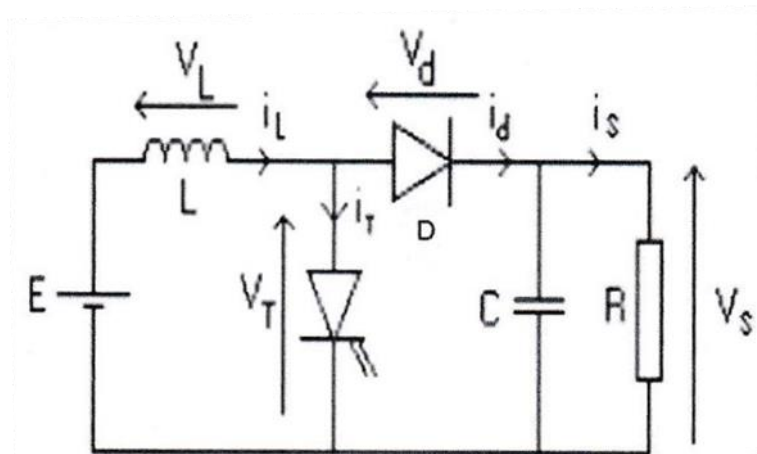


Figure III.5 Schéma de principe d'un hacheur parallèle.

III.3.1. Hacheur parallèles (Boost) :

Ce hacheur est appelé hacheur parallèle, car le semi-conducteur à fermeture et ouverture commandées est dérivé aux bornes de l'entrée.

Il est appelé également hacheur survolteur, puisque la tension de sortie V_s est toujours plus grande que la tension moyenne d'entrée, il est également appelé élévateur (sous-entendu, de tension) [15].

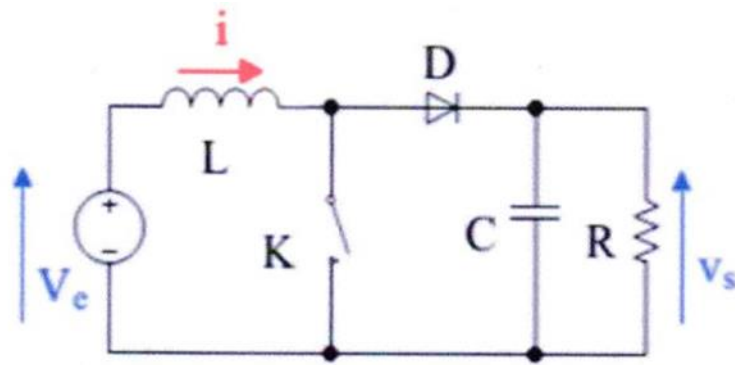


Figure III.6 Schéma d'un hacheur survolteur.

III.3.2 Etude du convertisseur BOOST :

III.3.2.1. Structure et schéma de principe :

La Figure (III.9) donne le circuit équivalent d'un convertisseur survolteur qui permet d'adapter la tension de sortie des modules photovoltaïques avec un fort rendement.

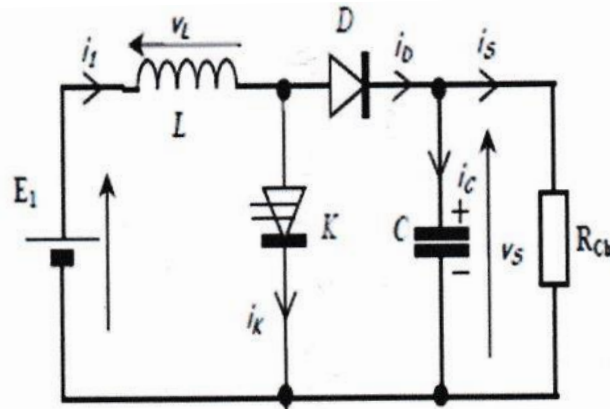


Figure III.7 Circuit équivalent d'un convertisseur Boost.

L'hacheur parallèle permet également de faire varier le courant fourni par un générateur de courant à un récepteur de tension. Quand l'interrupteur K est à l'état fermé, la diode est bloquée, et l'entrée fournit de l'énergie à l'inductance. La charge reçoit de l'énergie du condensateur.

Quand l'interrupteur K est à l'état ouvert, la sortie reçoit l'énergie de l'inductance aussi bien que celle de l'entrée. La tension de sortie est toujours aussi supérieure que celle de l'entrée. Le courant d'entrée est de forme triangulaire et contient des harmoniques [16].

Dans cette étude, nous admettons les hypothèses suivantes :

- Tous les composants sont parfaits (sans pertes).
- Le régime sera supposé établi.
- La capacité du condensateur de sortie sera supposée suffisamment grande pour que la tension à ses bornes puisse être considérée comme constante au cours de la période.

III.3.2.2 Dimensionnement des composants :

➤ Calcul de l'inductance :

Le calcul de l'inductance débute par le calcul du courant d'entrée maximal.
On exprime l'ondulation de courant dans l'inductance :

$$\Delta I_L = \frac{a \times E1 \times T}{L} = \frac{a \times E1}{Lf} \quad (\text{III.6})$$

$$L = \frac{a \times E1}{f \times \Delta I} \quad (\text{III.7})$$

Avec la fréquence de découpage.

➤ Calcul de la capacité :

Durant la phase 1 qui dure aT , le condensateur fournit seul l'énergie à la charge, on peut écrire donc :

$$C \frac{dV_s}{dt} = -I_s \quad (\text{III.8})$$

Le courant de sortie étant supposé constant, on peut calculer la charge fournie par le condensateur qui est égale à :

$$\Delta Q = I_s \times a \times T \quad (\text{III.9})$$

On admet une ondulation de ΔV_s la tension de sortie, pour écrire :

$$\Delta Q = C \times \Delta V_s \quad (\text{III.10})$$

Pour pouvoir déduire la capacité qui est :

$$C = \frac{I_s \times a \times T}{\Delta V_s} = \frac{a \times I_s}{f \times \Delta V_s} \quad (\text{III.11})$$

En analysant ces deux phases de fonctionnement, on remarque que les contraintes sur les interrupteurs commandés (K) et la diode (D) sont les mêmes en courant et en tension [14].

$$I_{K.max} = I_{Dmax} = I_{K.MAX} = I_L + \frac{\Delta I_L}{2} = \frac{ts}{1-a} + \frac{\Delta I_L}{2} \quad (\text{III.12})$$

$$V_{Kmax} = |V_{Dmax}| = V_{Smax} = V_S + \frac{\Delta V_S}{2} = \frac{E1}{1-a} + \frac{\Delta V_S}{2} \quad (\text{III.13})$$

Généralement, pour les convertisseurs DC/DC, l'interrupteur est commandé par un signal PWM (Pulse Width Modulation) ou MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion). Un signal PWM est un signal rectangulaire de fréquence fixe dont le rapport cyclique est variable. La valeur du rapport cyclique permet de contrôler la quantité d'énergie transmise [10].

III.3.3. Simulation de Boost :

Nous avons fait la simulation de BOOST sous Matlab/Simulink afin de le comportement de ce convertisseur statique. Le modèle de simulation du convertisseur Boost est illustré sur la figure (IV.3) les composants utilisés dans ce modèle sont idéaux (chute de tension aux bornes de la diode nulle, résistance de l'inductance et du condensateur nulles, pas de pertes par commutation dans les semi-conducteurs).

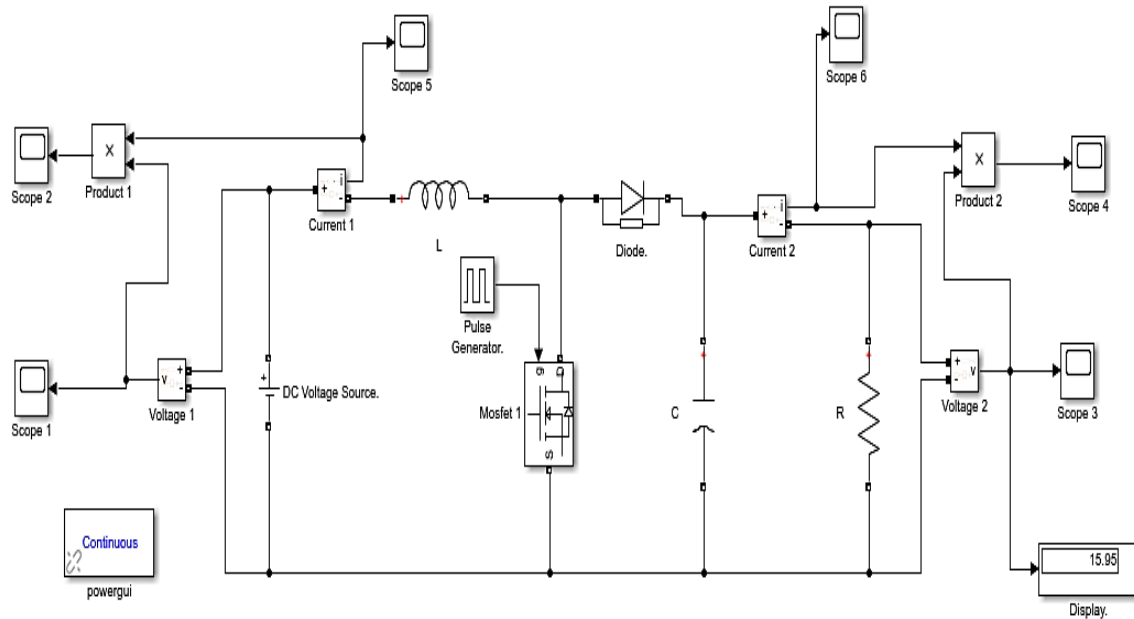


Figure III.8 Schéma block de simulation.

➤ Le tableau (III.8) contient les paramètres du convertisseur Boost.

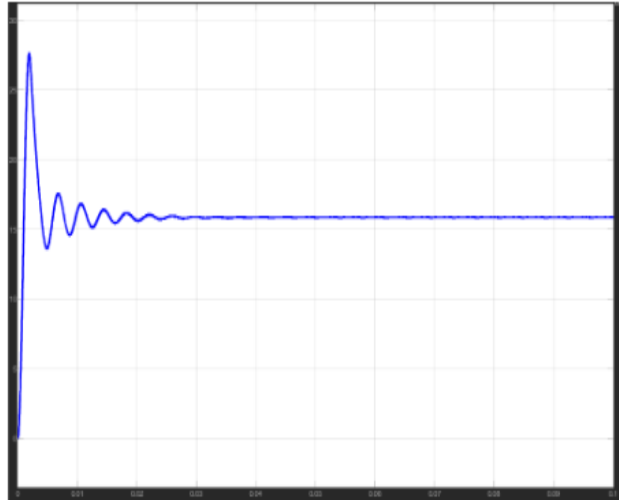
Tension d'entrée	L'inductance	La capacité	Le rapport cyclique	La résistance
5V	1 ^e -3 H	33 ^e -6F	0.8	100Ω

Tableau III.1 Les paramètres du convertisseur Boost.

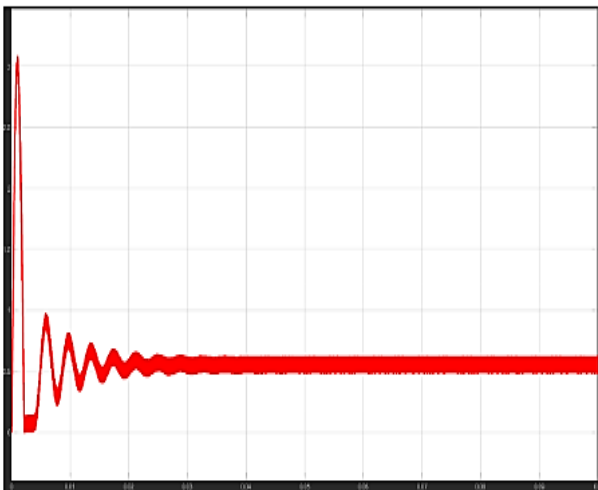
Donnée les caractéristiques suivant :



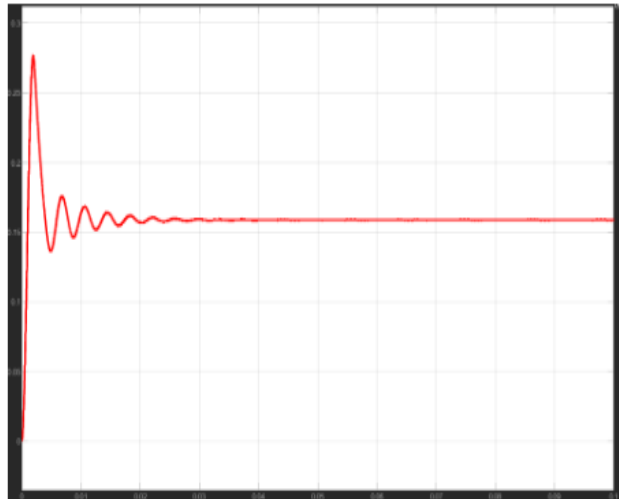
a) Tension ($V = F(T)$).



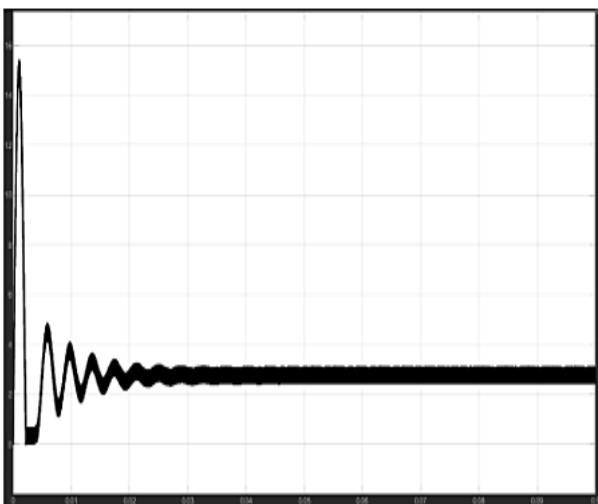
a) Tension sortie ($V = F(T)$).



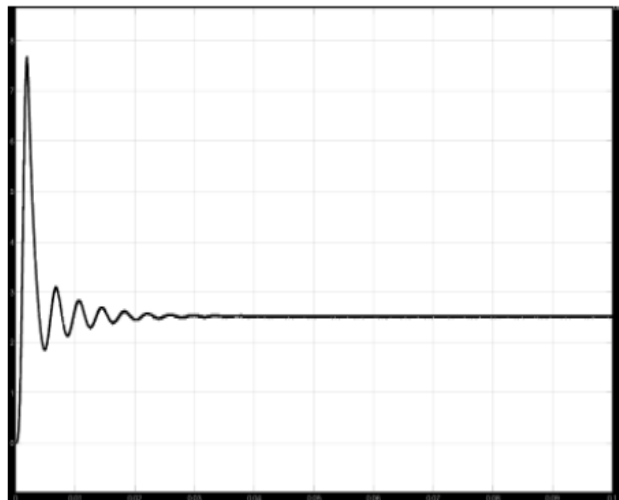
b) Courant ($I = F(T)$).



b) Courant sortie ($I = F(T)$).



c) Puissance ($P = F(T)$).



c) Puissance sortie ($P = F(T)$).

Figure III.9 Caractéristiques de l'entrée de Boost en fonction du temps.

Figure III.10 Caractéristiques de la sortie de Boost en fonction du temps.

En haut, nous avons les caractéristiques de la tension (a), du courant (b) et celle de la puissance (c). D'après l'analyse de la réponse temporelle, on constate que le régime permanent est atteint, après un régime transitoire ($T \leq 0.02s$). Nous constatons également une augmentation considérable de la tension de sortie qui se stabilise à 25V malgré que celle de l'entrée soit 5V, d'où le choix de ce convertisseur dans les installations photovoltaïques.

III.4. Simulation globale de système photovoltaïque :

Dans ce titre nous étudions la simulation d'un système photovoltaïque composé d'un régulateur et de panneaux solaire est illustré sur la figure (III.11).

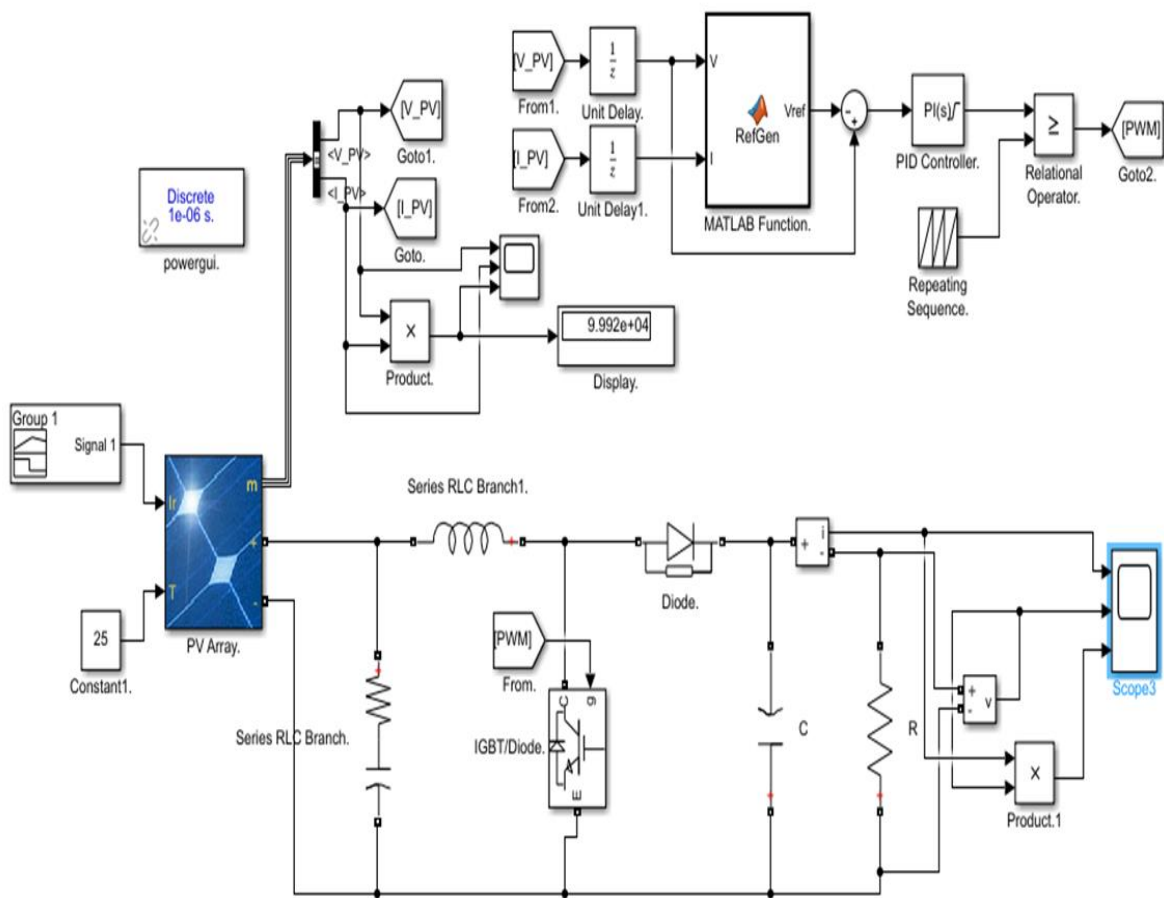


Figure III.11 Simulation PV et MPPT.

Nous utilisons l'algorithme de perturbation et d'observation (P&O) à MATLAB function figure (III.11).

```

MATLAB Function.  x  +
1  function Vref = RefGen(V, I)
2
3  Vrefmax = 363;
4  Vrefmin = 0;
5  Vrefinit= 300;
6  deltaVref =1;
7  persistent Vold Pold Vrefold;
8
9  dataType = 'double';
10
11  if isempty(Vold)
12      Vold = 0;
13      Pold = 0;
14      Vrefold = Vrefinit;
15  end
16
17  P=V*I;
18  dV = V-Vold;
19  dP = P-Pold;
20
21  if dP ~= 0
22      if dP<0
23          if dV<0
24              Vref = Vrefold + deltaVref;
25          else
26              Vref = Vrefold - deltaVref;
27          end
28      else
29          if dV<0
30              Vref = Vrefold - deltaVref;
31          else
32              Vref = Vrefold + deltaVref;
33          end
34      end
35  else Vref = Vrefold;
36  end
37
38  if Vref >= Vrefmax || Vref <= Vrefmin
39      Vref = Vrefold;
40  end
41
42  Vrefold = Vref;
43  Vold = V;
44  Pold = P;

```

Figure III.12 Programme algorithme (P&O) dans MATLAB fonction.

Après l'achèvement de la simulation nous obtenons sur les données suivantes :

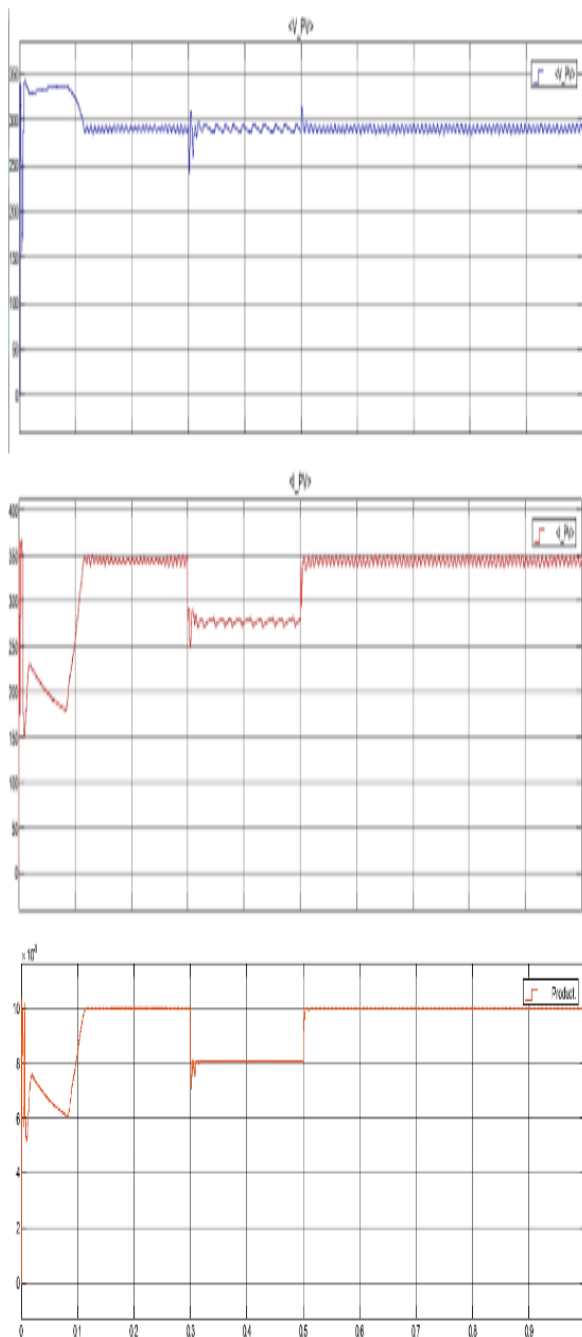


Figure III.13 Caractéristique de l'entrée de MPPT en fonction du temps.

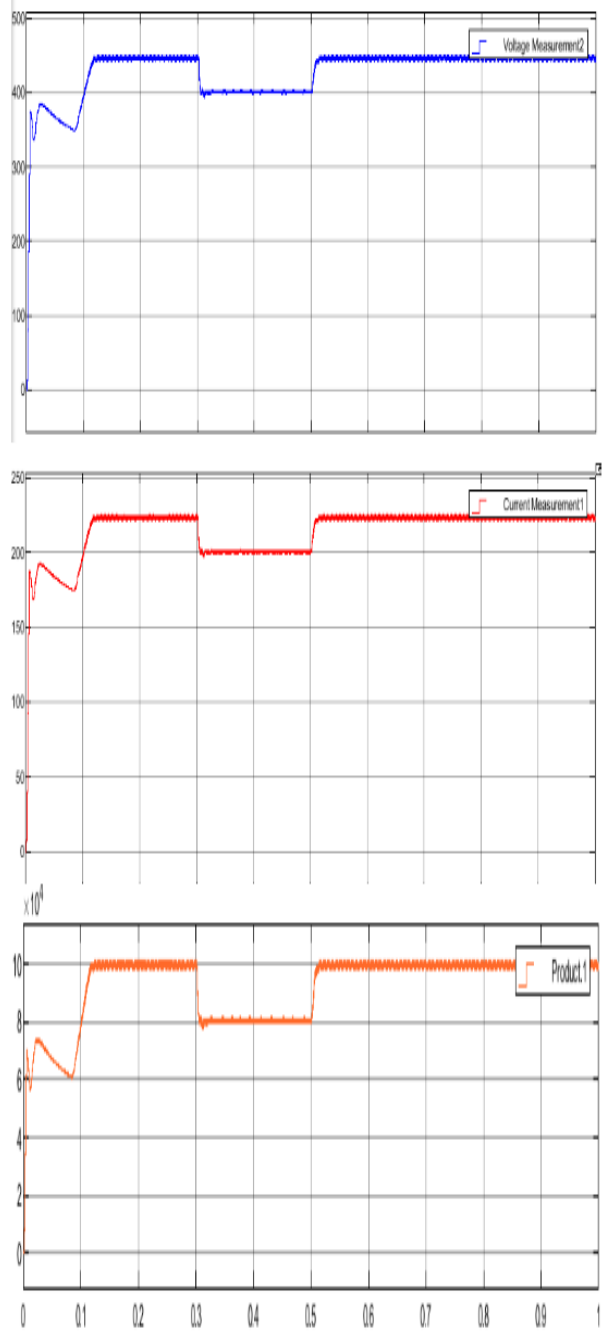


Figure III.14 Caractéristique de la sortie de MPPT en fonction du temps.

D'après l'analyse de la réponse temporelle, on constate que le régime permanent est atteint, avec une augmentation considérable de la tension de sortie qui se stabilise 450V malgré que celle de l'entrée 290V.

III.5 Conclusion :

Afin d'améliorer l'efficacité des systèmes photovoltaïque, différents algorithmes de commande différents algorithmes de commande intelligentes ont été étudiées pour la poursuite du point maximum de puissance dans notre cas nous avons opté pour perturbation et observation.

La poursuite du point maximum est bien accomplie. Face aux variations de l'irradiation, ce qui justifier la robustesse du système de commande.

Conclusion générale

Aujourd'hui, la demande mondiale en énergie évolue rapidement et les ressources naturelles diminuent à cause du développement démographique et du développement de l'industrie. Pour résoudre ce problème, les chercheurs se sont intéressés à l'exploitation des énergies renouvelables. Parmi celles-ci, on trouve l'énergie solaire, qui se trouve dans la plupart des régions du monde.

Cependant, cette énergie souffre encore du coût élevé des cellules solaires, du faible rendement et de la puissance intermittente à cause de la variation des conditions météorologiques. Ces problèmes doivent être pris en considération lors de la conception d'un système photovoltaïque et pour améliorer son rendement. Dans ce sens, nous avons étudié un système photovoltaïque associé à une commande MPPT par la méthode de perturbation et observation (P&O) connecté à un convertisseur élévateur (Hacheur boost).

Initialement, nous avons présenté comment calculer le système photovoltaïque et les équipements nécessaires, puis nous avons présenté la cellule solaire et ses différentes technologies.

Après avoir fait la modélisation d'un générateur PV, nous avons vu le comportement du système photovoltaïque (caractéristique puissance-tension et caractéristique courant-tension) par rapport aux variations climatiques. Les résultats de la simulation ont montré que la caractéristique du panneau photovoltaïque est directement liée essentiellement à ses conditions climatiques (l'éclairement et la température).

Les résultats obtenus pour les différents tests montrent l'efficacité et la performance de la méthode de perturbation et observation (P&O) dans un système photovoltaïque dans le but de produire la puissance maximale en permanence qui va permettre d'améliorer son rendement

Bibliographie

- [1]. (2010) <http://www.solarserver.de/?gclid=CJWA1ruS-K4CFS4NtAodSzY7xw>.
- [2]. BOUALEM, DENDIB, "Technique conventionnelles et avancée de poursuite MPPT pour des applications photovoltaïques : étude comparative.," Université Ferhat Abbes-Sétif Mémoire de Magister, Département d'électronique TS4/6338, 2007.
- [3]. SEDOUR A, BOUKHOBZA A "L'énergie solaire photovoltaïque" Mémoire de LICENCE département d'électrotechnique Université D'ANNABA.
- [4]. SALAM F "Modélisation d'un système multi générateurs photovoltaïques interconnectés au réseau électrique" Mémoire de MAGISTER département d'électrotechnique Université FERHAT ABBAS - SETIF- UFAS.
- [5]. KARDI M "Modélisation et simulation de module Photovoltaïque" Mémoire de MASTER département d'électrotechnique Université D'ANNABA.
- [6]. <http://wzeu.ask.com/r?t=p&d=eu&s=uk&c=a&app=a16&dqi=&askid=&l=dis&o=38302770&oo=38302770&sv=0a65290d&ip=29621b59&id=B4011E3025F896AF23B4A41C3E046CB0&q=Une+cellule+photovolta%C3%AFque+%28ou+photopile%29+est+un+dispositif+qui+transforme+l%27%C3%A9nergie+lum>.
- [7]. M. Z. F.Z. Zerhouni, "Optimisation d'un système à énergie verte avec validation pratique," *Revue des Energies Renouvelables*, vol. 11, no. N°1, p. 41–49, 2008.
- [8]. A.Saadi, "Etude comparative entre les techniques d'optimisation des systèmes de pompage photovoltaïque," Université de Biskra Mémoire de Magister, 2000.
- [9]. Thomas M "Caractérisation de panneaux solaires photovoltaïque en conditions réelles d'implantation et en fonction des différentes technologies" Thèse de DOCTORAT soutenue le 16/12/2014.
- [10]. Boukli H, "Conception et Réalisation d'un Générateur Photovoltaïque Muni d'un Convertisseur MPPT pour une Meilleure Gestion énergétique" mémoire de MAGISTER département d'Electronique Université de TLEMCEM 2011.
- [11]. ABBES H, "Etude comparative de cinq algorithmes de commande MPPT pour un système photovoltaïque" *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 17 N°3 (2014) 435 – 445.

[12]. Bisker Asma, Chiri Meriem, « commande d'un système photovoltaïque en mode isolé et en mode connecté au réseau », diplôme d'ingénieur d'état en électrotechnique, école nationale polytechnique, 10, av. Hassen badi, El-Harrach, Algérie, 2012.

[13]. Akihiro Oi, "design and simulation of photovoltaic water pumping system", faculty of California polytechnic state university, 2005.

[14]. Electronique de puissance Jacques Laroche DUNOD.

[15]. BELGASMI Z, "Modélisation et contrôle d'un système photovoltaïque connecté à un réseau électrique".

[16]. MAYOUF S, "Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque connecté au réseau électrique avec une commande vectorielle" Mémoire de MASTER département Electronique Université de M'sila.