

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique



Université Abderrahmane Mira

Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

En Génie Electrique

Option : Commande électrique

Thème

L'étude des paramètres influençant la production de l'énergie électrique par les panneaux photovoltaïque.

Présenté par :

BACHIR Sabrina

MAOUCHE Yasmina

Encadré par :

Mr. ATROUNE Salah

Membre de jury :

Mr. MEBARKI.N

Mr. HAMASSE.K

Promotion 2020-2021

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 manuscrit à mes chers parents qui m'ont encouragé à donner le meilleur de moi-même, et qui m'ont fourni les moyens d'être ce que je suis aujourd'hui.

Je le dédie aussi à mes sœurs NORA ,HALIMA , à mon frère YOUNES , et à toute la famille. Je leurs souhaite une vie pleine de succès. Que dieu les garde tous.

SABRINA

Dédicaces

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 frères RAZIK ,ILLAS

Et mes sœurs WASSILA ,SAFIA,FATMA et NADIA

A toute ma famille

A tous mes amis

YASMINA

Remerciements

Nous louons Dieu pour nous avoir prêtés la vie, aide et patience tout le long de ce cycle universitaire.

Nous remercions particulièrement notre encadreur monsieur ATROUNE SALAH pour sa patience, sa confiance, ses remarques, ses conseils, sa disponibilité et sa bien vaillance. Qu'il trouve ici le témoignage de notre profonde gratitude.

Nous voulons aussi à remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Nous tenons aussi a remercier nos chers amis TOUFIK, ABID, LYES ,ZAHRA ,LAHNA, HADJIRA et pour tous ceux que je n'ai pas cité je remercie l'ensemble des étudiants de ma promotion 2020/2021.

*Nous remercions également les êtres les plus chers aux mondes {**nos parents**}, pour tous les efforts et sacrifices qu'ils ont entrepris afin de nous voir réussir.*

Liste des abréviations

PV	photovoltaïque
GPV	Générateur photovoltaïque
I	Courant
V	Tension
ER	Energie renouvelable
N_s	Nombre de modules montés en série
N_p	Nombre de module monté en parallèle
I_{cc}	Courant de court-circuit [A]
V_c	Tension circuit ouvert [V]
FF	Facteur de forme
P_{max}	puissance maximale [W]
η	Rendement [%]
P_{in}	puissance du flux lumineux incident[W]
I_{pv}	Courant délivré par le panneau [A]
I_{ph}	Courant produit par la photopile [A]
I_D	Courant dans la diode [A]
I_0	Courant de saturation inverse de la diode [A]
q	Charge de l'électron [C]
K	Constante de Boltzmann [J/K]
T	Température de la jonction [K]
R_{sh}	Résistance shunt [Ω]
R_s	Résistance série [Ω]
I_p	Courant traversant la résistance shunt [A]

Liste des abréviations

E_{sref}	Eclairement sous condition stc.
T_{jref}	température sous condition stc.
T_j	Température de jonction.
P_1, P_2, P_3	paramètres constants
Noct	Température nominale de fonctionnement de la cellule
T_a	Température ambiante
I_{0d}	Courant de saturation de la diode [A]
A	Coefficient d'idéalité de la cellule
E_g	Energie de gap
I_{D1}	Courant de saturation traversant la diode D1
I_{D2}	Courant de saturation traversant la diode D2
T_c	Température [C]
V_{pv}	Tension délivré par le panneau
P_{pv}	Puissance délivré par le panneau

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

Figure (I.1) : principe d'un chauffage d'eau solaire.....	4
Figure (I.2) : Centrale parabolique avec moteur Stirling.....	5
Figure (I.3) : Rayonnement solaire global sur un collecteur photovoltaïque.....	6
Figure (I.4) : Structure interne d'une cellule photovoltaïque.....	7
Figure (I.5) : Caractéristiques résultantes d'un groupement de ns cellules en série.....	9
Figure (I.6) : caractéristique résultante d'un groupement en parallèle N_p cellules identiques.....	9
Figure (I.7) : Association mixte des modules solaires	10
Figure (I.8) : Caractéristique résultante d'un groupement hybride de $(n_p + n_s)$ Cellules identiques.....	11

Chapitre II : Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque

Figure (II.4) : Schéma électrique équivalent d'une cellule photovoltaïque idéale.....	14
Figure (II.2) : schéma électrique équivalent du modèle à une diode.....	15
Figure (II.3) : Modèle électrique équivalent à deux diodes de la cellule photovoltaïque.....	17
Figure (II.4) : Bloc Matlab/Simulink du module photovoltaïque utilisé	18
Figure (II.5) : Caractéristique courant-tension du GPV.....	19
Figure (II.6) : Caractéristique puissance-tension GPV	19
Figure (II.7) : influence de l'Éclairement sur la caractéristique $I_{pv}=f(V_{pv})$ avec un Température constante 25°C	20

Figure (II.8) : influence de l'Éclairement sur la caractéristique $P_{pv}=f(V_{pv})$ avec un Température constante 25°C	21
Figure (II.9) : Influence de la température sur la caractéristique $I_{pv}=f(V_{pv})$ avec un Éclairement de $1000\text{W}/\text{m}^2$	22
Figure (II.10) : Influence de la température sur la caractéristique $P_{pv}=f(V_{pv})$ avec un Éclairement de $1000\text{W}/\text{m}^2$	22
Figure (II.11) : Caractéristique $I(V)$ pour différentes valeurs de résistance série ($T=25^{\circ}\text{C}$, $G=1000\text{W}/\text{m}^2$)	23
Figure (II.12) : Caractéristique $P(V)$ pour différentes valeurs de résistance série ($T=25^{\circ}\text{C}$, $G=1000\text{W}/\text{m}^2$)	24
Figure (II.13) : Caractéristique $I(V)$ pour différentes valeurs de résistance shunt ($T=25^{\circ}\text{C}$, $G=1000\text{W}/\text{m}^2$)	24
Figure (II.14) : Caractéristique $P(V)$ pour différentes valeurs de résistance shunt ($T=25^{\circ}\text{C}$, $G=1000\text{W}/\text{m}^2$)	25
Simulation avec 110 cellules	
Figure (II.15) : Caractéristique courant-Tension du panneau PV.....	26
Figure (II.16) : Caractéristique puissance-Tension du panneau PV.....	26

Chapitre III : Effets d'ombrage photovoltaïque

Figure (III.1) : GPV dans les conditions partiellement ombragés causés par le passage de nuages	29
Figure (III.2) : Les configurations d'ombrage.....	30
Figure (III.3) : Principe de la connexion série des cellules PV en présence d'ombrage.....	34
Figure (III.4) : Module PV avec deux diodes de bypass.....	35
Figure (III.5) : champ photovoltaïque composé de N_{st} strings en parallèle	35

Figure (III.6) : Schéma bloc de quatre modules en série	36
Figure (III.7) : Caractéristique I-V de 4 panneaux PV en Série sous ombrage partiel ombré (25%, 50%, 100%)	37
Figure (III.8) : Caractéristique P-V de 4 panneaux PV en Série sous ombrage partiel.....	37
Figure (III.9) : Schéma bloc de quatre modules en parallèle.....	38
Figure (III.10) : Caractéristique I-V de 4 panneaux PV en parallèle sous ombrage partiel.....	39
Figure (III.11) : Caractéristique P-V de 4 panneaux PV en parallèle sous ombrage partiel.....	39
Figure (III.12) : Schéma bloc de deux modules en Série/parallèle.....	40
Figure (III.13) : Caractéristique I-V de 2 panneaux PV en Série/parallèle sous ombrage partiel ombré (25%, 50%, 100%)	41
Figure (III.14) : Caractéristique I-V de 2 panneaux PV en Série/parallèle sous ombrage partiel ombré (25%, 50%, 100%)	41

Sommaire

Liste des figures.....	i
Liste des symboles et d'abréviations.....	ii
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Généralités sur les systèmes photovoltaïques

1.1 introduction	3
1.2.Définition d'énergie renouvelable.....	3
1.3.Déférentes technologie solaires	3
1.3.1. Energie solaire thermique	4
1.3.2. Energie solaire thermodynamique.....	4
1.3.3. Solaire photovoltaïque.....	5
1.4.Rayonnement solaire.....	5
1.4.1. Rayonnement direct.....	6
1.4.2. Rayonnement réfléchi.....	6
1.4.3. Rayonnement diffus.....	6
1.5.Notions sur photovoltaïque	7
1.5.1. Cellule photovoltaïque.....	7
1.5.2. Effet photovoltaïque.....	8
1.5.3. Générateur photovoltaïque.....	8
1.5.3.1. Association série.....	8
1.5.3.2. Association parallèle	9
1.5.3.3. Association série-parallèle.....	10
1.5.4.Paramètre photovoltaïque.....	11

1.5.4.1. Courant de court-circuit (I_{cc})	11
1.5.4.2. Tension circuit ouvert (V_c).....	11
1.5.4.3. Facteur de forme	12
1.5.4.4. Rendement (η).....	12
1.5.6. Avantages et inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque	
1.5.6.1. Avantage	12
1.5.6.2. Inconvénients.....	13
1.5.7. Conclusion	13

Chapitre II: Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque

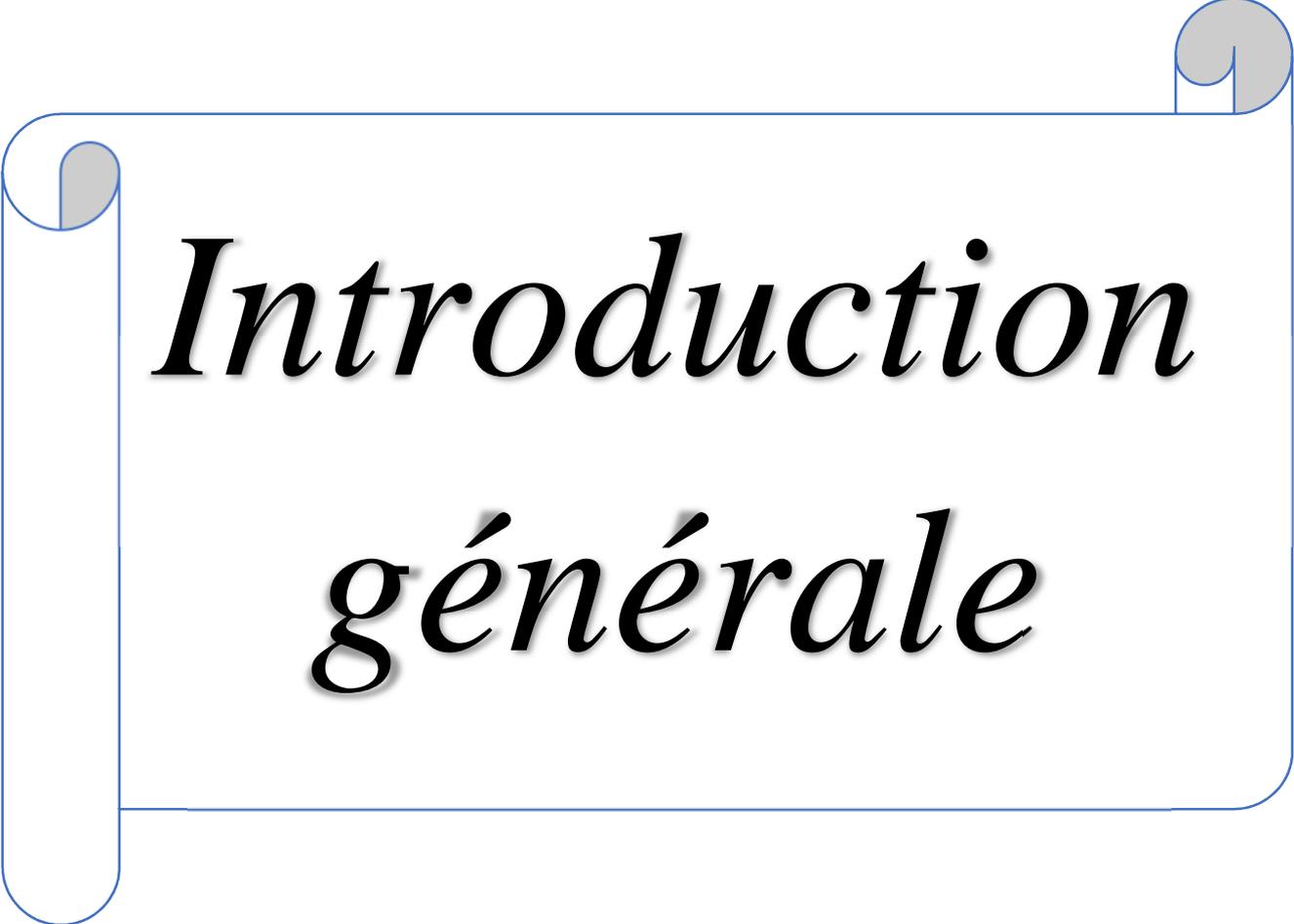
II.1. Introduction	14
II.2. Circuits électriques équivalents d'une cellule photovoltaïque.....	14
II.2.1. Cas d'une cellule idéale.....	14
II.2.2. Cas d'une cellule réelle.....	15
II.2.2.1. Modèle à une seule diode.....	15
II.2.2.2 Modèle à deux diodes.....	17
II .3. Simulation d'un générateur PV.....	18
II.4.1 Simulation du générateur (GPV) à éclairement et température Constante.....	19
II.4.2Simulation du générateur (GPV) à éclairement et à température variable.....	20
II.4.2.1 L'influence de l'éclairement sur la caractéristique ($I_{pv}=f(V_{pv})$).....	21
II.4.2.2 L'influence de l'éclairement sur la caractéristique ($P=f(V)$).....	21
II.4.2.3. L'influence de la température sur la caractéristique ($I_{pv}=f(V_{pv})$).....	22
II.4.2.4. L'influence de la température sur la caractéristique $P_{pv}=f(V_{pv})$	23
II.5 Influence de paramètre électrique sur un générateur photovoltaïque.....	24
II.5.1 Influence de la résistance série sur un générateur photovoltaïque.....	24

II.5.2 influence de la résistance shunt sur le générateur photovoltaïque.....	25
II.6. Simulation avec un model 110 cellules.....	26
II.6.1. Caractéristique courant-tension.....	26
II.6.2. Caractéristique puissance-tension.....	27
II.7. Comparaison entre PV à 72 cellules et 110cellules.....	28
II.8 conclusions.....	28

Chapitre III : Effets d'ombrage photovoltaïque

III.1 Introduction.....	28
III.2L'ombrage	28
III.2.1Définitiond'ombrages	28
III.3Les différents types d'ombrages.....	28
✓ L'ombrage partiel.....	28
✓ L'ombrage total.....	29
III.4 Causes de l'ombrage.....	30
a. Ombrage temporaire.....	30
b. Ombrage proche	31
c. Ombrage lointain.....	32
d. Auto-ombrage	32
e. Ombrage direct.....	32
III.5Cas de modules ombragés.....	33
III.5.1 Effet de l'ombrage pour un montage en parallèle.....	33
III.5.2 Effet de l'ombrage pour un montage en série.....	33
III.6 Protections D'un Générateur.....	34
III.6.1 La diode by-pass.....	34

III.6.2 La diode anti-retour.....	35
III.7Taux d'ombrage.....	36
III.8 Simulation d'ombrage.....	36
a) Module en Série.....	36
b) Module en parallèle	38
c) Deux modules en Série/parallèle.....	40
III.9 Conclusion	42
Conclusion générale.....	43
Référence Bibliographique	
Annexes	

A decorative graphic of a scroll with a blue outline and three grey circular tabs at the corners. The text is centered within the scroll.

Introduction générale

Introduction générale

Depuis longtemps l'homme a besoin de l'énergie pour vivre et développé ces connaissances, la consommation d'énergie augmente avec le développement industriel, agricole et démographique. Les énergies fossiles tel que : le charbon, le pétrole, le gaz naturel est en voie de disparitions. Alors le monde a besoin des énergies renouvelables qui vont assurer son développement et l'entretien dans la vie et pour la continuité de la génération de future. Une énergie dit renouvelable doit se régénérer naturellement et indéfiniment à l'échelle temporelle de notre civilisation.[1]

L'énergie solaire photovoltaïque, c'est une des sources renouvelables les plus prometteuses qui est utilisé dans le monde entier pour la production de l'électricité. L'énergie photovoltaïque provient de la transformation directe des rayons lumineux solaires en énergie électrique, cette transformation qui est réalisé par une cellule photovoltaïque expose à la lumière appelé effet photovoltaïque.[2]

La cellule solaire est l'élément de base de la conversion d'énergie photovoltaïque en électricité, les cellules peuvent être groupées pour former des modules. Les modules peuvent être regroupés pour former des champs photovoltaïques le meilleur rendement de cette conversion est obtenu pour un groupement de plusieurs cellules en parallèle ou en série.[3]

L'éclairement et la température sont deux paramètres extrêmement importants dans le comportement des cellules solaires. Ils influent énormément sur les caractéristiques de la cellule solaire, d'où l'importance de l'étude de l'influence de l'éclairement et de la température pour optimiser les performances des systèmes photovoltaïques puisqu'elles sont exposées au rayonnement solaire.[4]

Pour la réalisation de ces programmes de simulation et d'optimisation des systèmes PV, il est indispensable de disposer de modèles mathématiques les plus précis possible des différentes parties qui constituent le système. La plupart des modèles du générateur PV existants sont validés dans des conditions standards d'éclairement et de température.[5]

Il est bien connu que la puissance électrique générée par un module photovoltaïque peut être fortement diminuée par rapport aux conditions optimales de production (point maximum de puissance), pour des conditions météorologiques. Donnée par de nombreux facteurs, tels que l'ombrage, ou la température, un module photovoltaïque consiste en l'association série de plusieurs cellules.[6]

Ombraer une partie d'un module PV a de dramatiques conséquences sur sa courbe puissance-tension ($p-v$) et ce, même si une très faible partie du module ou de la cellule est à l'ombre, une diminution importante de la puissance produite en est alors la conséquence.[7]

Le champ de notre étude est focalisé sur l'étude des paramètres influençant la production de l'énergie électrique par les panneaux photovoltaïques.

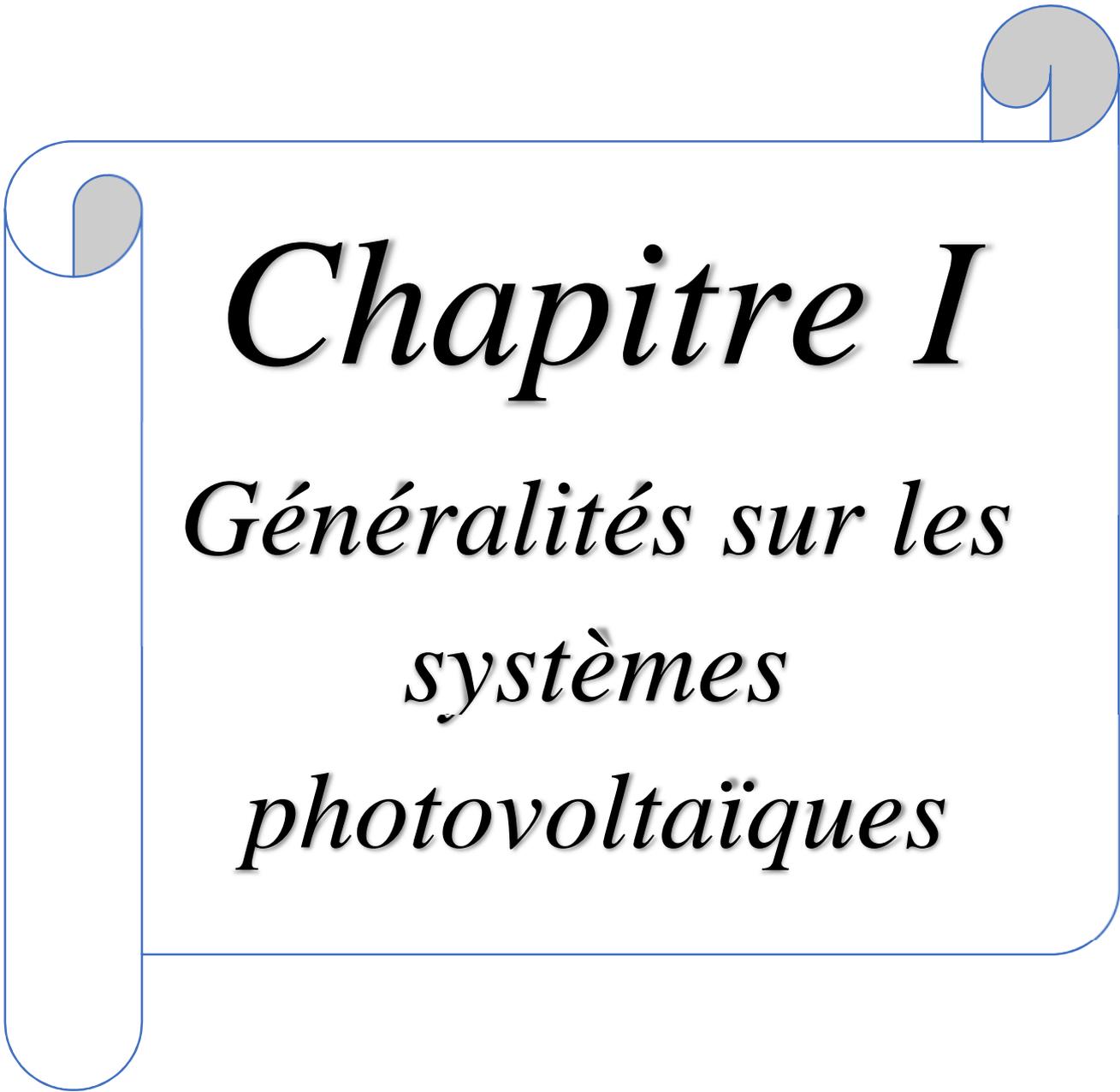
Ce manuscrit est structuré comme suit :

Une présentation générale des besoins et de la nécessité des énergies renouvelables est développée dans l'introduction générale.

Vient ensuite en premier lieu le premier chapitre, ce chapitre est consacré à la présentation des généralités sur le photovoltaïque.

Le deuxième chapitre sera consacré à la modélisation et à la simulation d'un panneau Photovoltaïque en intégrant l'influence de l'éclairement, de la température et la résistance série/parallèle.

Dans le dernier chapitre, il sera consacré à l'étude de l'effet de l'ombrage homogène et de l'ombrage partiel sur un module Photovoltaïque. Vers la fin, on terminera notre travail par une conclusion générale.



Chapitre I

Généralités sur les systèmes photovoltaïques

I.1 introduction

Le développement et l'exploitation des énergies renouvelables ont connu une forte croissance ces dernières années. L'énergie photovoltaïque résulte de la transformation directe de la lumière du soleil en énergie électrique aux moyens des cellules photovoltaïques (PV) basé sur un phénomène physique appelé effet photovoltaïque.

Il consiste à produire une force électromotrice lorsque la cellule est exposée à la lumière. L'association de plusieurs cellules PV en série/parallèle donne lieu à un générateur photovoltaïque (GPV) qui a une caractéristique statique courant tension $I-V$ non linéaire.

De nos jours et selon le besoin, l'énergie électrique produite est disponible sous forme d'électricité directe

Dans le premier chapitre, une synthèse sur les formes d'énergies les plus utilisées dans le monde est exposée. Elle est suivie par une présentation générale sur l'intégration massive du renouvelable dans le mix énergétique. A la fin du chapitre, nous présentons une stratégie axée sur la mise en valeur des ressources inépuisables comme le solaire et leur utilisation pour préserver les ressources fossiles. Nous traitons également l'importance de cette énergie propre pour diversifier les filières de production de l'électricité.

I.2. Définition d'énergie renouvelable

Une énergie renouvelable (ER) est une source d'énergie se renouvelant assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à échelle humaine. Les énergies renouvelables sont issues des éléments naturels : le soleil, le vent, les chutes d'eau, les marées, la chaleur de la Terre, la croissance des végétaux [8]

L'exploitation de ces énergies n'engendre pas ou peu de déchets et d'émissions polluantes. Ce sont les énergies de l'avenir.

On peut rencontrer plusieurs types des énergies renouvelables, telle que l'énergie Hydraulique, géothermique, marémotrice, mais les principales énergies renouvelables pouvant produire les quantités nécessaires d'énergies électriques et pouvant contribuer à subvenir en besoin énergétique sont les éoliennes et en grande partie l'énergie solaire [9]

I.3. Différentes technologies solaires

L'énergie solaire est une source d'énergie qui dépendante du rayonnement du soleil. Il existe Principalement trois types d'exploitation de l'énergie solaire, ces types sont : l'énergie solaire thermique, l'énergie solaire thermodynamique et l'énergie solaire photovoltaïque.

1.3.1. Energie solaire thermique

Le solaire thermique consiste à transformer les rayonnements solaires en chaleur et à la récupérer pour chauffer l'eau. Son utilisation se fait principalement pour chauffer des bâtiments ou l'eau domestique qui y est utilisée, mais elle peut être utilisée comme complément pour le chauffage de l'habitat. , l'énergie solaire thermique peut aussi être utilisée pour produire de la vapeur d'eau (ou d'un autre liquide) qui peut alors servir, par exemple, à faire tourner un alternateur, et donc à produire de l'énergie électrique[10]

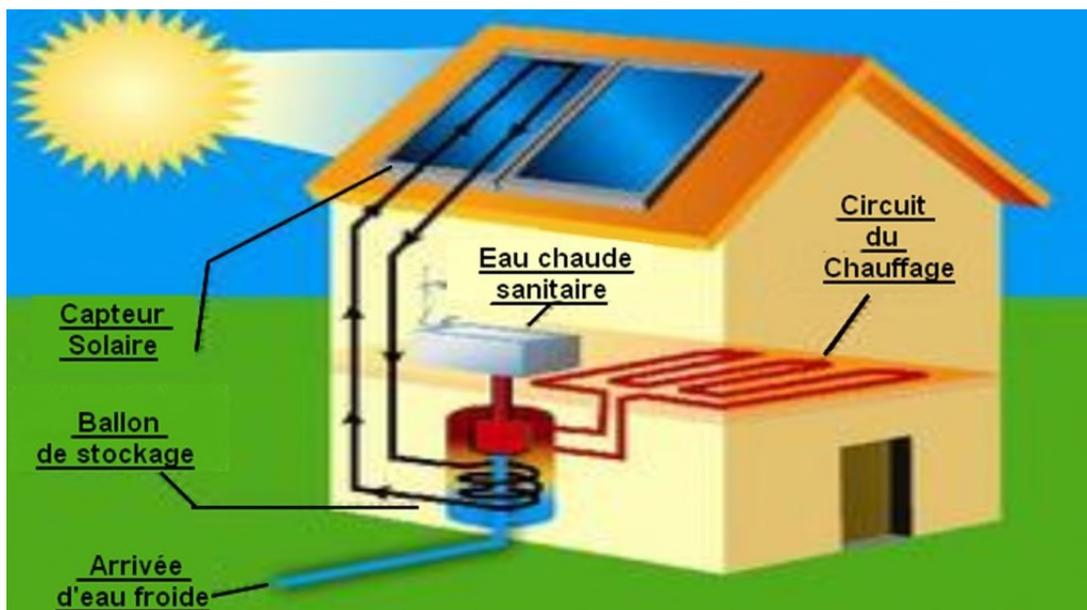


Figure I.1: principe d'un chauffage d'eau solaire (google)

1.3.2. Energie solaire thermodynamique

L'énergie thermodynamique, désigne l'énergie solaire récupérée par des capteurs cylindro-paraboliques, ce type de centrale se compose de rangées parallèles de longs miroirs cylindro-paraboliques qui tournent autour d'un axe horizontal pour suivre la course du soleil.

Des centrales à tour, les centrales solaires à tour sont constituées de nombreux miroirs concentrant les rayons solaires vers une chaudière, située au sommet d'une tour. Ou des capteurs paraboliques, ayant la même forme que les paraboles de réception satellite, les capteurs paraboliques fonctionnent d'une manière autonome, ils s'orientent automatiquement et suivent le soleil sur deux axes afin de réfléchir et de concentrer les rayons du soleil vers un point de convergence appelé foyer. C'est le récepteur du système pour produire l'énergie électrique [10]

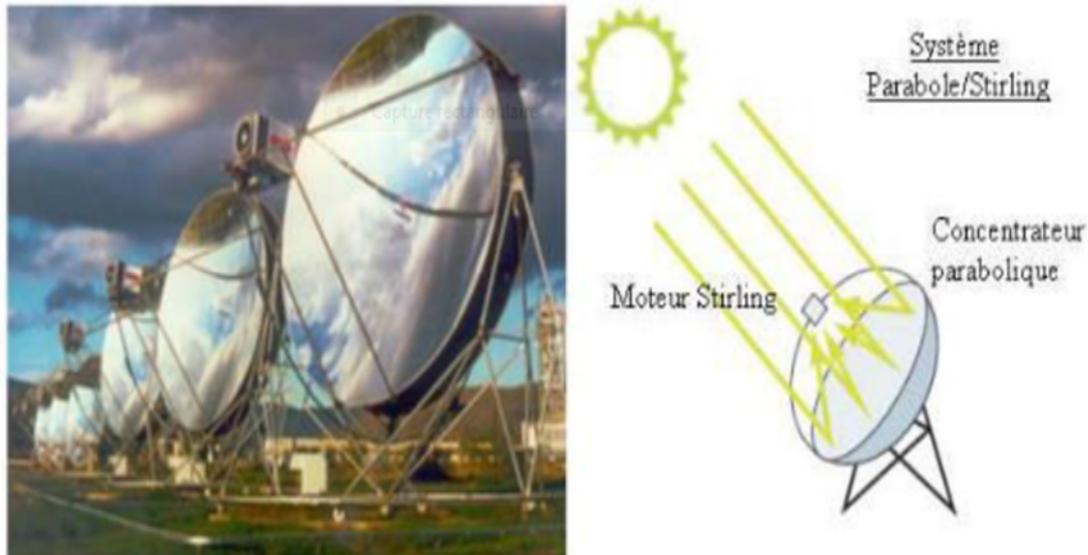


Figure I.2 : Centrale parabolique avec moteur Stirling [10].

1.3.3. Solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque, est l'une des énergies renouvelables qui est obtenue par l'énergie des rayonnements, elle est la plus utilisée.

Le but, est qu'ils soient exposés un maximum aux rayonnements du soleil, pour récolter les Photons du soleil, et en faire ensuite de l'électricité.[11]

Le mot photovoltaïque vient du Grec qui veut dire :

Photo : lumière et Volt : unité de tension électrique du nom du physicien Alessandro Volta

1.4. Rayonnement solaire

Le rayonnement solaire, représente une énorme ressource d'énergie renouvelable, l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le soleil, Le rayonnement solaire est constitué de photons dont la longueur d'onde s'étend de l'ultraviolet ($0,2 \mu\text{m}$) à l'infrarouge lointain ($2,5 \mu\text{m}$).[12]

1.4.1. Rayonnement direct

Le rayonnement direct, est la fraction du rayonnement solaire qui arrive directement au sol, atteignant directement la surface terrestre depuis le soleil. Il dépend de l'épaisseur de l'atmosphère que la radiation solaire doit traverser et de l'inclination des rayons par rapport au sol.[13]

1.4.2. Rayonnement réfléchi

Le rayonnement solaire réfléchi, est le rayonnement qui est réfléchi par le sol ou par des objets se trouvant à sa surface. Ce rayonnement dépend de l'albédo du sol et il peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige). Il peut être mesuré par un " albédo mètre.[14]

$$L'algédoALB = \frac{\text{énergie réfléchié}}{\text{énergie reçu}} \dots\dots\dots(I.1)$$

1.4.3. Rayonnement diffus

C'est-à-dire renvoyé dans toutes les directions. Ce rayonnement est dû à l'absorption et à la diffusion d'une partie du rayonnement solaire par l'atmosphère et à sa réflexion par les nuages. Ainsi, par ciel serein, il constitue 20% de l'énergie globale. Par ciel couvert, il correspond à la totalité de l'énergie reçue au sol.[14]

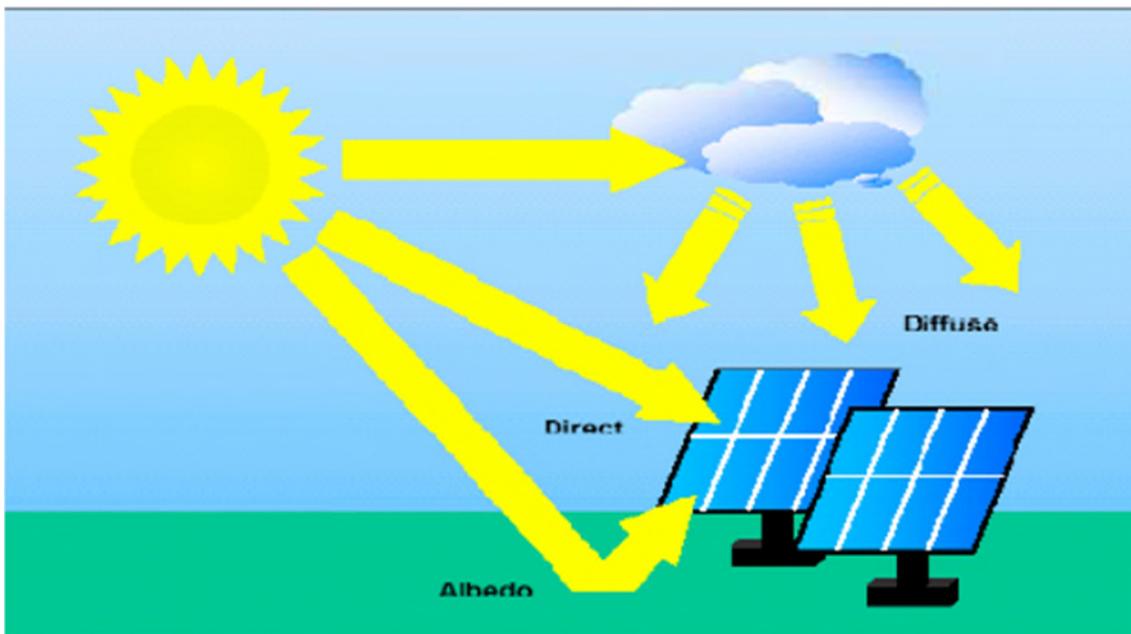


Figure I.3 : Rayonnement solaire global sur un collecteur photovoltaïque (15)

1.5. Notion sur photovoltaïque

1.5.1. Cellule photovoltaïque

La cellule photovoltaïque est l'élément de base d'un générateur solaire. Une cellule PV est un capteur constitué d'un matériau semi-conducteur (généralement à base de silicium) qui transforme l'énergie lumineuse absorbée en courant électrique, par un processus appelé « effet photovoltaïque ». La modélisation du comportement électrique du panneau photovoltaïque peut être étendue au générateur photovoltaïque selon sa configuration et le nombre de modules en série et en parallèle.[8] [16]

La structure la plus simple d'une cellule photovoltaïque comporte deux couches Sublimes d'un semi-conducteur. Les deux couches présentent ainsi une différence de potentiel. Pour la couche N, c'est un apport d'électrons périphériques et pour la couche P c'est un déficit d'électrons, formant une jonction PN comme le montre la figure(I).[17]

Lorsque le semi-conducteur absorbe les photons, ces derniers transmettent leur énergie aux atomes de la jonction PN, des électrons se libèrent et créent des paires électrons-trous. D'où une différence de potentiel a été créée entre les deux couches [16].

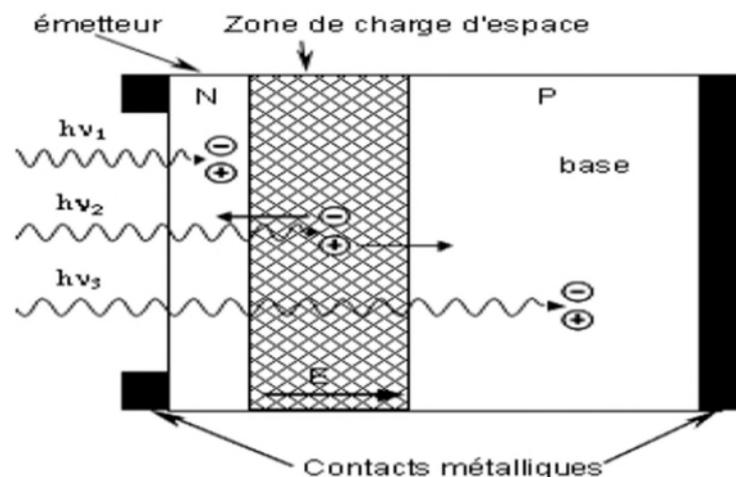


Figure I.4 : Structure interne d'une cellule photovoltaïque [18].

Il existe différents types de cellules solaires ou cellules photovoltaïques. Chaque type de cellule est caractérisé par un rendement et un coût qui lui sont propres. On distingue trois catégories des cellules PV fabriquées à partir de silicium :

- **Siliciums monocristallins :** Le terme « cristallin » implique que tous les atomes dans le matériau PV actif font partie d'une structure cristalline simple où il n'y a aucune perturbation dans les arrangements ordonnés des atomes. Ce type de cellule dispose

d'un très bon rendement (de 12 à 18% voir jusqu'à 24.7 % en laboratoire).et pouvoir de conversion mais de coût très cher).[19]

- **Siliciums polycristallines** : Les cellules polycristallines sont formées à partir du silicium polycristallin élaboré par la technique de solidification unidirectionnelle. La forme de la cellule qui est là un parfait carré permet et un meilleur taux de remplissage du module. Le rendement est correct avec 13 % en moyenne cependant cela reste inférieur à celui de la cellule monocristalline.[20]
- **Siliciums amorphes** : Ce type de cellules ne possèdent pas de structures cristallines. Elles ont un faible rendement (5% à 8%, 13% en laboratoire), mais ne nécessitent que de très faibles épaisseurs de silicium et ont un coût peu élevé. Elles sont utilisées couramment dans de petits produits de consommation telle que des calculatrices solaires ou encore des montres. Ce dernier type est le fonctionnent avec un éclairage faible (Même par temps couvert ou à l'intérieur d'un bâtiment).[21]

I.5.2. Effet photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque fonctionne selon le phénomène physique appelé effet photovoltaïque, Ce dernier consiste à transformes de l'énergie émise par le soleil, sous forme de photons, en énergie électrique à l'aide de composant semi-conducteur appelé cellule solaire.

L'effet photovoltaïque ne peut se produire que s'il existe une barrière de potentiel dans le semi-conducteur avant qu'il ne soit éclairé.

Cet effet ne se manifeste que si l'énergie des photons est supérieure ou égale à l'énergie de la bande passante du semi-conducteur.[22]

I.5.3 Générateur photovoltaïque

Pour produire plus de puissance, plusieurs cellules doivent être regroupées afin de créer un générateur ou un module photovoltaïque. En effet, un générateur est un ensemble de cellules mises en série et/ou en parallèle produisant une puissance continue et élevée [16].

I.5.3.1. Association série

Dans un groupement en série, les cellules sont traversées par le même courant, mais la tension augmente proportionnellement au nombre de modules montés en série (N_s).[23]

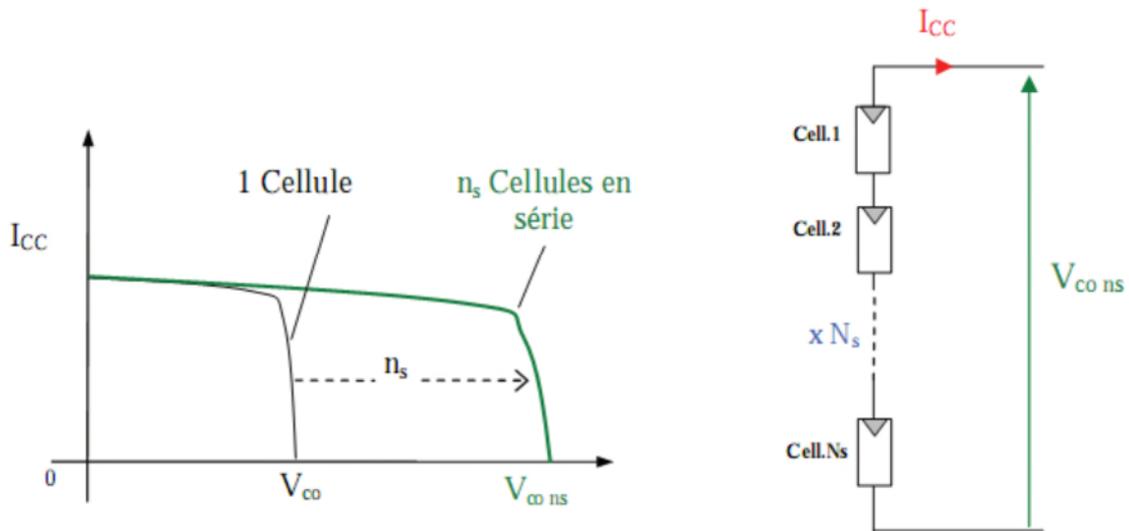


Figure I.5 : Caractéristiques résultantes d'un groupement de n_s cellules en série [24]

1.5.3.2. Association parallèle

Pour faire augmenter le courant du générateur PV, en disposent d'un nombre (N_p) de cellules en parallèle. La tension de la branche reste la même et l'intensité augmente proportionnellement au nombre de module montés en parallèle.[23]

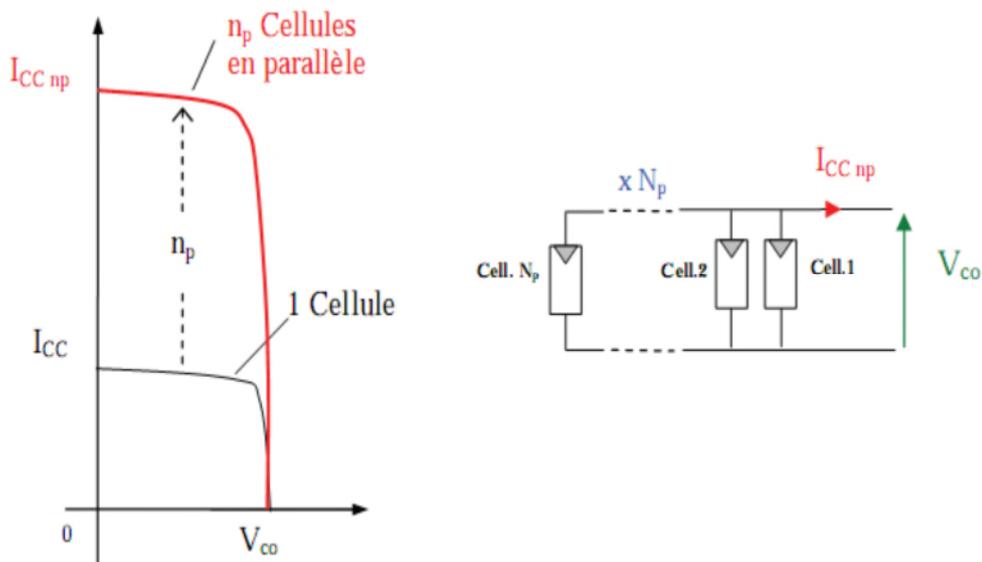


Figure I.6 : caractéristique résultante d'un groupement en parallèle N_p cellules identiques [24]

I.5.3 Association série-parallel

Pour avoir une satisfaction en courant et en tension, on est obligé d'utiliser un groupement mixte, c'est à dire Série-Parallel.

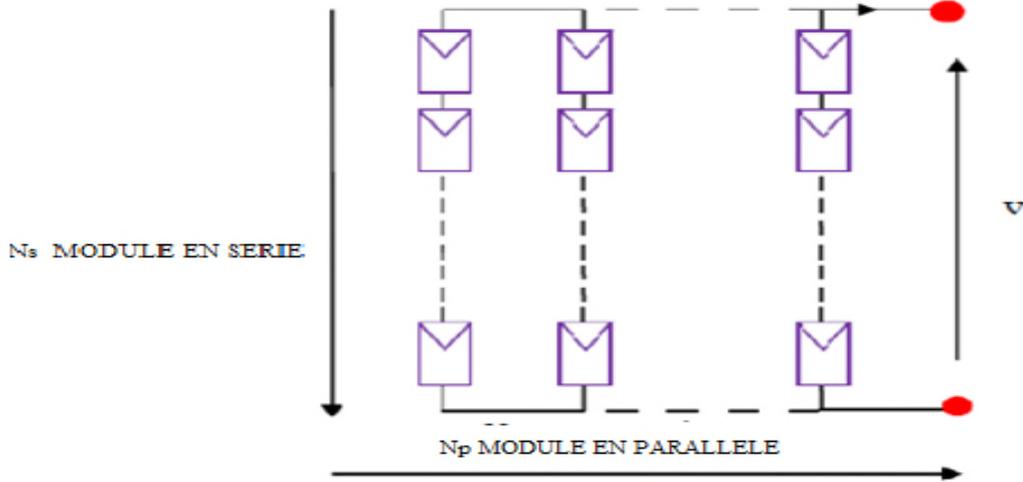


Figure I.7: Association mixte des modules solaires [25].

Circuit total et de la tension à vide totale sont données par les relations :

$$I_{tcc} = n_p \times I_{cc} \dots\dots\dots(I. 2)$$

$$V_{toc} = n_s \times V_{oc} \dots\dots\dots (I. 3)$$

Avec :

np : nombre des cellule en parallèle.

ns : nombre des cellule en série.

La figure I-8 montre la caractéristique résultante obtenue en associant, en série ns et en Parallèle np, cellules identiques.

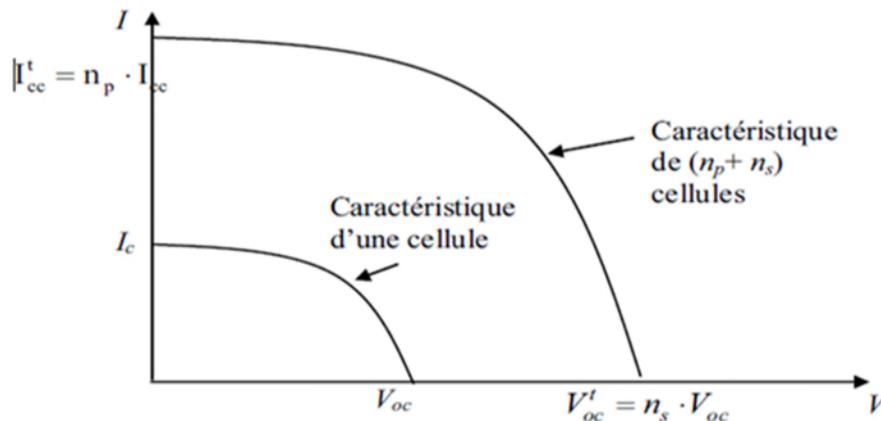


Figure I.8: Caractéristique résultante d'un groupement hybride de $(n_p + n_s)$ Cellules identiques [26]

1.5. 4.paramètre photovoltaïque

Il existe de nombreux paramètres qui permettent de caractériser une cellule solaire.

1.5.4.1. Courant de court-circuit (I_{cc})

C'est le courant délivré par un module photovoltaïque en absence de la tension (court-circuit), C'est le plus grand courant que la cellule peut fournir. Il croît linéairement avec l'intensité d'illumination de la cellule et dépend de la cellule éclairée, de la longueur d'onde du rayonnement, de la mobilité des porteurs et de la température.

1.5.4.2. Tension circuit ouvert (V_c):

C'est la tension aux bornes du module photovoltaïque en circuit ouvert, elle est obtenue quand le courant qui traverse la cellule est nul. Elle dépend de plus de l'éclairement de la cellule. [27]

$$V_{co} = \frac{KT_c}{q} \log\left(\frac{I_{ph}}{I_s} + 1\right) \dots \dots \dots (I.4)$$

Avec :

T_c: température absolue

q : constante de charge d'électron, $1.602 \cdot 10^{-23}C$

K: constante de Boltzmann, $1.38 \cdot 10^{-23} j/k$

(KT_c/q) : potentiel thermodynamique

I_{ph} : courant photonique

I_s : courant de saturation

1.5.4.3. Facteur de forme

Facteur de forme (FF) représente le rapporte entre la puissance optimale et la puissance maximale que peut délivrer une cellule. Il est défini par la relation suivante :

$$FF = \frac{P_{max}}{I_{cc} \cdot V_{co}} \dots\dots\dots(I.5)$$

$$P_{max} = V_m \times I_m \dots\dots\dots(I.6)$$

1.5.4.4. Rendement (η)

Le rendement, η des cellules PV désigne le rendement de conversion en puissance. Il est défini comme étant le rapport entre la puissance fournie par la cellule et la puissance incidente, Il est défini par la relation suivante :

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{FF \cdot I_{cc} \cdot V_{co}}{P_{in}} \dots\dots\dots(I.7)$$

P_{in} : puissance du flux lumineux incident.[28]

Ce rendement peut être amélioré en augmentant le facteur de forme, le courant-circuit et la tension à circuit ouvert.

1.5.6. Avantages et inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque

L.5.6.1. Avantage

La technologie photovoltaïque (PV) présente un grand nombre d'avantages à savoir :

- Grande fiabilité,
- La production de l'énergie électrique à partir de l'énergie solaire photovoltaïque ne présente pas de dangers pour l'environnement (source d'énergie non polluante),
- Propreté durant son utilisation,
- le caractère modulaire des panneaux photovoltaïque permet un montage simple et adaptable à des besoins énergétiques divers.

-le coût de fonctionnement est faible vu les entretiens réduits et ils ne nécessitent incombustible, ni personnel hautement spécialisé.

-Enfin, la technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologique car le produit fini est non polluant, silencieux et n'entraîne aucune perturbation du milieu, si ce n'est par l'occupation de l'espace pour les installations de grandes dimensions

1.5.6.2. Inconvénients

Malgré ces avantages intéressants, mais il présente toutefois des inconvénients qu'il faut étudier, afin que ceux-ci ne deviennent pas un frein à son développement,

- la fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des Investissements d'un coût élevé.

-La technologie photovoltaïque est très coûteuse,

-La technologie photovoltaïque dispose d'un faible rendement,

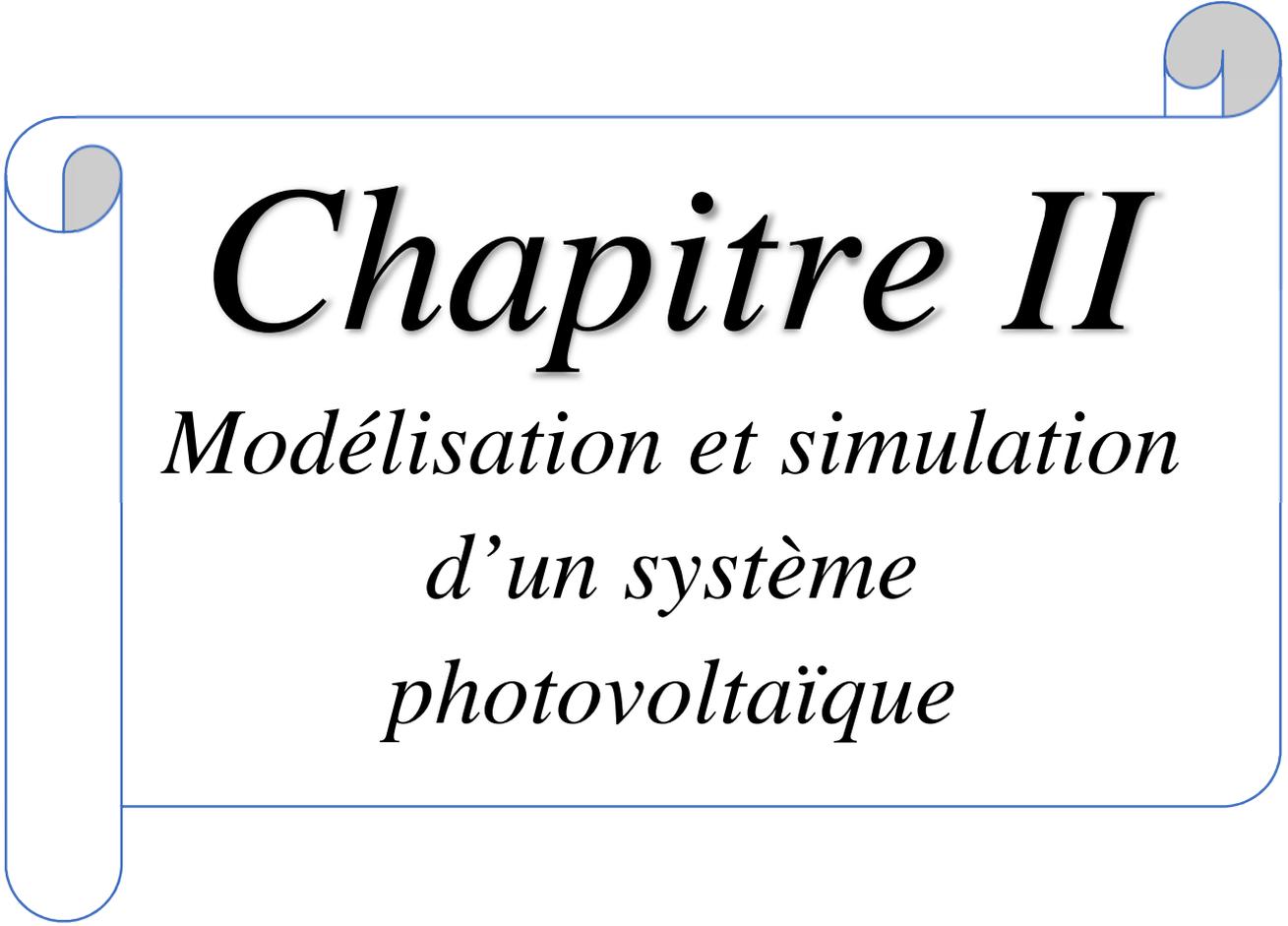
-les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs par rapport aux générateurs diesel que pour des faibles demandes d'énergie en région isolée.

-Difficulté à recycler les composants du système

1.5.7. Conclusion

Dans notre travail, on a évoqué l'intérêt des énergies renouvelables dans la vie économique et environnementale en particulier l'énergie solaire, Connue sous ses différentes formes : Thermique, thermodynamique et Photovoltaïque.

Nous avons présenté les différents types de rayonnements. On s'est intéressé à la conversion photovoltaïque dont on a présenté brièvement les notions sur photovoltaïque. Enfin. On a donné quelques avantages et inconvénients de l'énergie solaire photovoltaïque.

A decorative graphic of a scroll with a blue outline and grey shading at the corners, framing the text.

Chapitre II

*Modélisation et simulation
d'un système
photovoltaïque*

II.1. Introduction

La modélisation des cellules photovoltaïque passe nécessairement par un choix judicieux des circuits électrique équivalents. Pour développer un circuit équivalent précis pour une cellule PV, il est nécessaire de comprendre la configuration physique des éléments de la cellule aussi bien que les caractéristiques électriques de chaque élément. [29].

Ce chapitre, décrit les différents modèles électriques et mathématiques caractérisent les cellules ainsi que les générateurs photovoltaïques. Nous allons traiter l'effet de la température et l'éclairement sur l'énergie de cellule PV, et des paramètres électriques (résistance série et résistance de shunt) sur l'énergie produite par le générateur PV.

II.2. Circuits électriques équivalents d'une cellule photovoltaïque

II.2.1. Cas d'une cellule idéale

Dans le cas idéal, une cellule peut être schématisée par un circuit électrique équivalent Contenant un générateur de courant I_{ph} proportionnel à la puissance lumineuse incidente, en parallèle avec une diode qui correspond à l'aire de transition p-n de la cellule PV. La figure (II.1) représente le circuit électrique équivalent d'un tel circuit [30].

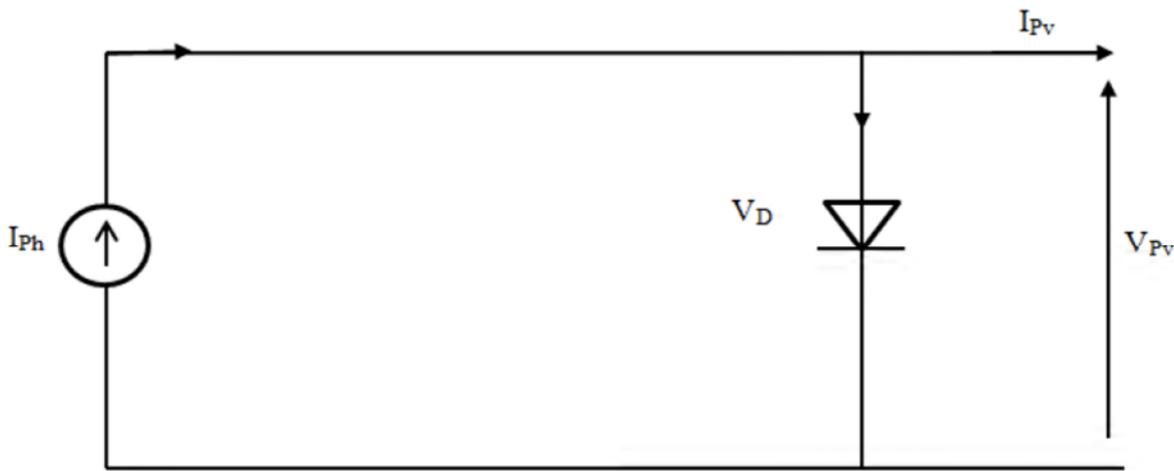


Figure II.1 : Schéma électrique équivalent d'une cellule photovoltaïque idéale

$$I_{pv} = I_{ph} - I_D \dots \dots \dots (II.1)$$

I_{pv} : Le courant délivré par le panneau.

I_{ph} : le courant produit par la photopile

I_D : le courant dans la diode.

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{qV}{A.K.T}} - 1 \right) \dots\dots\dots (II.2)$$

- I_0 : courant de saturation inverse de la diode[A].
- q : charge de l'électron.(1,6.10-19 C).
- V : tension aux bornes de la cellule[V].
- K : constante de Boltzmann $K=1.38e-23$ [J/K].
- T : température de la jonction [K].

En remplaçant I_D par son expression dans l'équation (III.1), on aura :

$$I_{pv} = I_{ph} - I_D = I_{pv} - I_0 \left(e^{\frac{q.v}{A.K.T}} - 1 \right) \dots\dots\dots (II.3)$$

II.2.2. Cas d'une cellule réelle

Le schéma équivalent de la cellule photovoltaïque réelle tient compte des effets résistifs (résistance shunt et série). Ces résistances auront une certaine influence sur la caractéristique $I=f(V)$ [31].

- **La résistance série** : elle représente la résistance interne de la cellule, elle dépend principalement de la résistance du semi-conducteur utilisé, elle modélise les pertes en tension à la sortie de la cellule.
- **La résistance shunt** : modélisé les courants de fuite au niveau de la jonction, elle dépend de la façon dont celle-ci a été réalisée [32].

II.2.2.1. Modèle à une seule diode

Il existe plusieurs influences des résistances parasites dans la production de l'énergie électrique, et la cellule photovoltaïque est représentée généralement par le schéma suivant qui représente le circuit équivalent d'une cellule solaire réalisée par la connexion d'une diode caractérisant la jonction PN, une source de courant caractérisant le photo-courant, une résistance série qui représente les pertes par effet Joule et une résistance shunt qui caractérise le courant de fuite à travers la diode.[33]

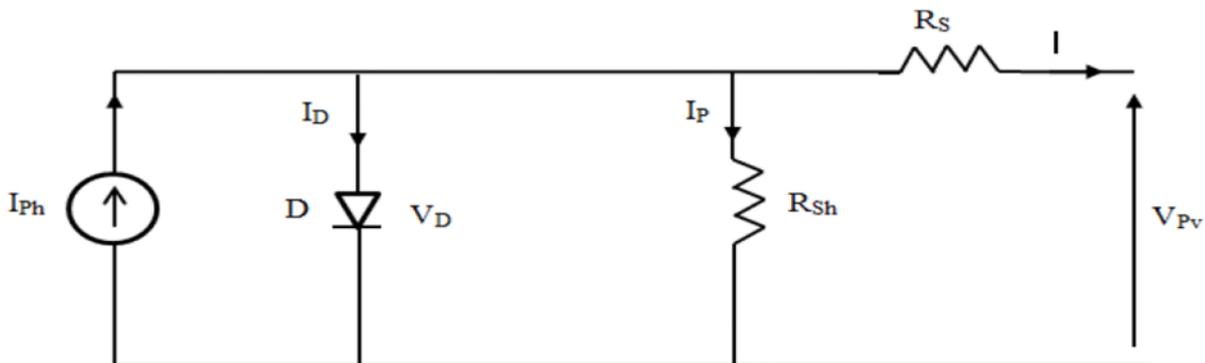


Figure II.2 : schéma électrique équivalent du modèle à une diode

Avec :

R_{sh} : résistance shunt

R_s : résistance série

I_p : courant traversant la résistance shunt

A partir du schéma précédent, le courant à la sortie de la cellule peut s'écrire :

$$I_{ph} = I_{pv} - I_D - I_P \dots \dots \dots (II.4)$$

En remplaçant chaque courant par son expression, on aura l'équation suivante :

$$I_{ph} = P_1 E_s (1 + P_2 (E_s - E_{sref}) + P_3 (T_j - T_{jref})) \dots \dots \dots (II.5)$$

- E_{sref} , T_{jref} : représentent l'éclairement et la température sous condition constante
- T_j : température de jonction.
- P_1, P_2, P_3 : paramètres constants.

La température de jonction T_j est donnée par la relation

$$T_j = T_a E_s \left[\frac{Noct - 20}{800} \right] \dots \dots \dots (II.6)$$

Avec Noct : la température nominale de fonctionnement de la cellule ou de module solaire et T_a est la température ambiante.

$$I_D = I_{0d} \left[\exp\left(\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{k.A.N_s.T_j}\right) - 1 \right] \dots \dots \dots (II.7)$$

Avec :

- I_{0d} : courant de saturation de la diode (A).
- q : charge élémentaire ($1,6.10^{-19}$ C)
- K : : constante de Boltzmann $K=1.38e-23$ [J/K].
- A : coefficient d'idéalité de la cellule
- N_s : nombre totale de cellules connectées en série et /ou parallèles

$$I_{0d} = P_4 T_j^3 \cdot \exp\left[\frac{-E_g}{K.T_j}\right] \dots \dots \dots (II.8)$$

- E_g : L'énergie de gap (paramètre caractéristique du matériau, pour le silicium). ($1.76.10^{-19}$)
- P_4 : paramètre constant.

$$I_P = \frac{V_{pv}}{R_p} \dots\dots\dots (II.9)$$

Ainsi l'équation globale modélisant le générateur photovoltaïque est la suivante :

$$I_{pv} = P_1 E_s (1 + P_2 (E_s - E_{sref}) + P_3 (T_j - T_{jref})) - P_4 \cdot T_j^3 \cdot \exp\left[\frac{-E_g}{K \cdot T_j}\right] \cdot \exp\left(\frac{q(v_{pv} + R_s \cdot I_{pv})}{K \cdot A \cdot N_t \cdot T_j}\right) - 1 - \frac{V_{pv}}{R_p} \dots\dots\dots (II.10)$$

L'identification des paramètre P₁, P₂, P₃, P₄ se fait à partir des mesures expérimentales et des paramètres standards (STC) E_S = 1000W/m² T_a = 25°C.

P₁ = 0.00345

P₂ = 0.58 * 10⁻⁵

P₃ = -0.336 * 10⁻⁴

P₄ = 381.2367

R_s = 0.6 ohm

R_p = 150 ohm

N_s = 72

II.2.2.2 Modèle à deux diodes

On peut dire que le modèle de la cellule avec deux diodes est le modèle le plus proche possible de la réalité car il reproduit le comportement presque réel de la cellule.

La cellule photovoltaïque est représentée par le circuit électrique comme le montre la figure (III.3), qui se compose d'une source de courant modélisant le flux lumineux, deux diodes pour la polarisation de la cellule, une résistance shunt et une résistance série.[34]

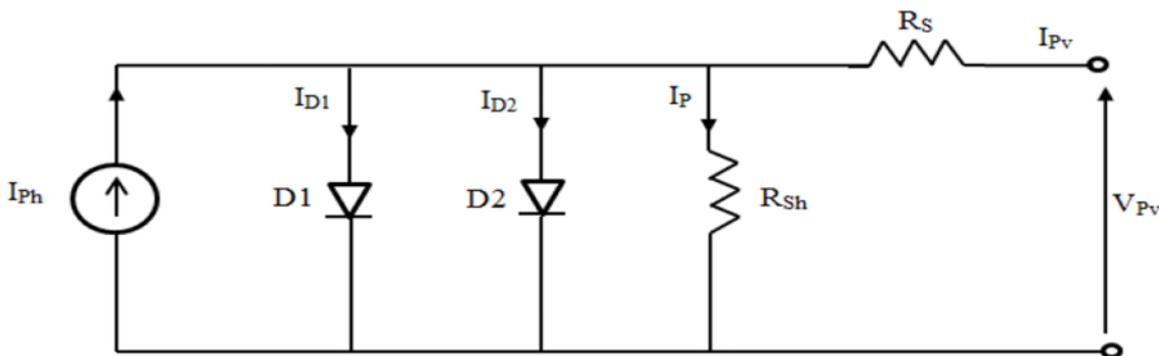


Figure II.3 : Modèle électrique équivalent à deux diodes de la cellule photovoltaïque.

Avec :

ID1 : courant de saturation traversant la diode D1,

ID2 : courant de saturation traversant la diode D2.

Si on applique la loi des nœuds sur le circuit de la Fig. II.3 nous obtenons

$$I_{pv} = I_{ph} - (I_{D1} + I_{D2}) - I_p \dots \dots \dots (II.11)$$

Le courants ID1 et ID2 des diodes sont donnés par :

$$I_{D1} = I_{01} \left[\exp\left(\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{A.K.T}\right) - 1 \right] \dots \dots \dots (II.12)$$

$$I_{D2} = I_{02} \left[\exp\left(\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{A.K.T}\right) - 1 \right] \dots \dots \dots (II.13)$$

Avec : I01, I02 courants de saturation des diodes.

$$I_{pv} = I_{PV} - I_{01} \left[\exp\left(\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{A.K.T}\right) - 1 \right] - I_{02} \left[\exp\left(\frac{q(V_{pv} + R_s I_{pv})}{A.K.T}\right) - 1 \right] - \left(\frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_p}\right) \dots \dots \dots (II.14)$$

II .3. Simulation d'un générateur PV

Un générateur photovoltaïque représente une combinaison de plusieurs cellules connectées en série et en parallèle.

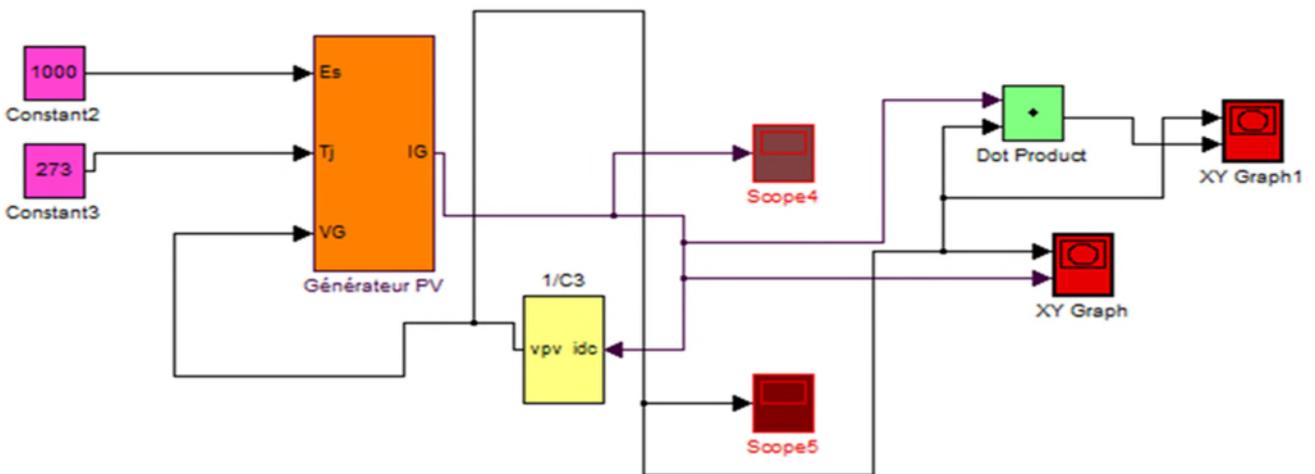
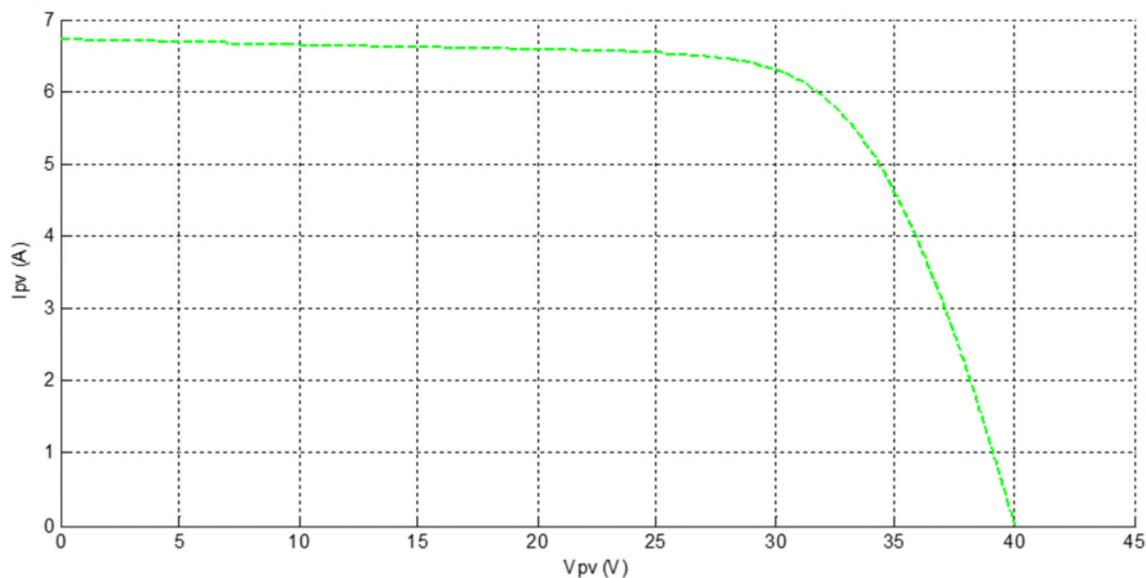


Figure II.4 Bloc Matlab/Simulink du module photovoltaïque utilisé

II.4.1 Simulation du générateur (GPV) à éclairement et température Constante

La figure (II.5), Présente la caractéristique Courant-Tension du panneau PV pour l'éclairement $G=1000\text{W}/\text{m}^2$ et de température $T_c = 25^\circ\text{C}$.



FigurII.5. Caractéristique courant-tension du GPV

La figure (II.6) : Présente la caractéristique Puissance-Tension du panneau PV pour l'éclairement $G 1000\text{W}/\text{m}^2$ et de température $T_c = 25^\circ\text{C}$

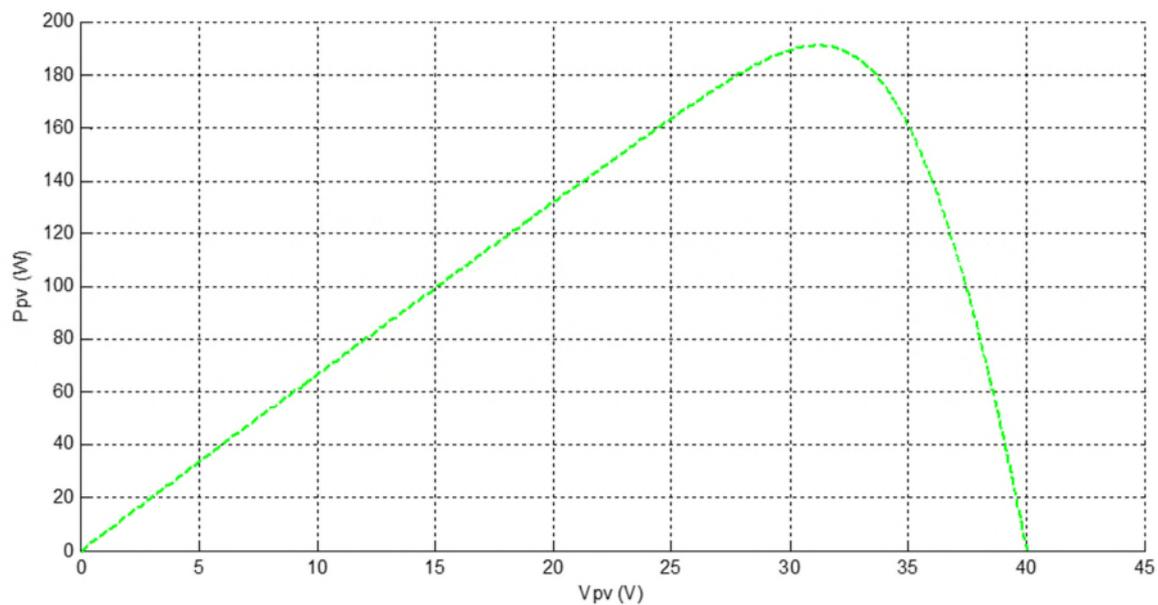


Figure II.6. Caractéristique puissance-tension du GPV

La figure (II.5) présente l'évolution du courant générée du module en fonction de la tension à température et éclairement fixe. On note que le courant reste constant jusqu'à $V=28V$ puis il diminue rapidement jusqu'à son annulation.

La figure (II.6), présente l'évolution de la puissance générée du module en fonction de la tension à température et éclairement fixe. On remarque que la puissance augmente linéairement jusqu'à la valeur maximal (190W) puis diminue rapidement.

II.4.2 Simulation du générateur (GPV) à éclairement et à température variable

Afin d'observer l'influence des conditions externes d'éclairement et de la température sur les caractéristiques

$I_{pv}=f(V_{pv})$ et $P_{pv}=f(V_{pv})$, nous avons adopté la méthode suivante :

- ✓ Pour visualiser l'influence de l'éclairement, on fixe la température ambiante $T=25C^{\circ}$ et on fait varier l'éclairement dans une gamme suffisante.
- ✓ Pour un ensoleillement $1000W/m^2$ maintenu constant, nous ferons varier la température afin de voir l'influence de celle-ci par rapport aux caractéristiques du GPV.

II.4.2.1 L'influence de l'éclairement sur la caractéristique ($I_{pv}=f(V_{pv})$)

En faisant varier l'éclairement (E_s) entre ($200w/m^2$ et $1000w/m^2$) la caractéristique ($I_{pv}=f(V_{pv})$) est donnée par la figureII.7.

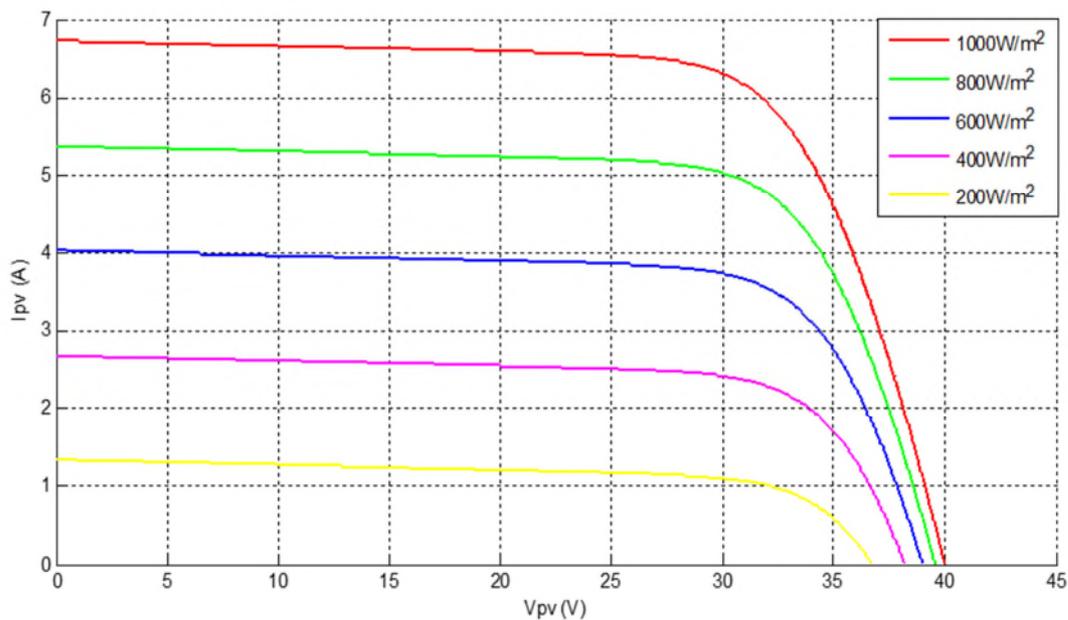


Figure II.7: influence de l'Éclairement sur la caractéristique $I_{pv}=f(V_{pv})$ avec un Température constante $25^{\circ}C$

D'après la figure (II.7), elle nous montre l'influence de l'éclairement sur les caractéristiques courant-tension. A la température constante ($T= 25\text{ C}^\circ$), on remarque le changement de l'éclairement entraine une forte diminution du courant le courant-circuit I_{cc} , mais par contre la tension varie légèrement (faible diminution).

Le courant de court-circuit est une fonction linéaire de l'éclairement alors que la tension de circuit ouvert est une fonction logarithmique.

II.4.2.2 L'influence de l'éclairement sur la caractéristique ($P=f(V)$)

En faisant varier l'éclairement (E_s) entre (200w/m^2 et 1000w/m^2) la caractéristique ($P_{pv}=f(V_{pv})$), Les résultants sont donnés par la figure II.8.

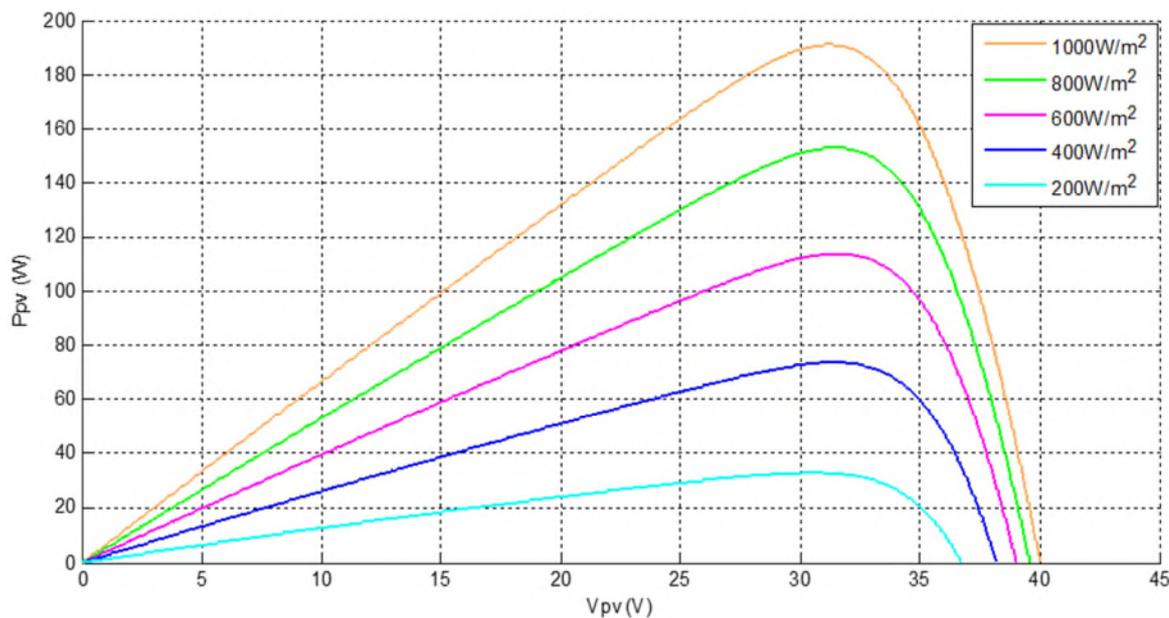


Figure II.8: influence de l'Éclairement sur la caractéristique $P_{pv}=f(V_{pv})$ avec un Température constante 25°C

D'après la figure (II-8), elle nous démontre l'influence de l'éclairement sur les caractéristiques puissance-tension à une température maintenue constante 25°C , on remarque que le point de puissance maximale (P_{max}) chute si l'ensoleillement diminue, mais par contre la tension varie légèrement.

II.4.2.3. L'influence de la température sur la caractéristique ($I_{pv}=f(V_{pv})$)

En faisant varier la température entre (0 C° et 110 C°) la caractéristique ($I_{pv} = f(V_{pv})$) est donnée par la figure (II-9). Pour un éclairement $G= 1000\text{ w/m}^2$.

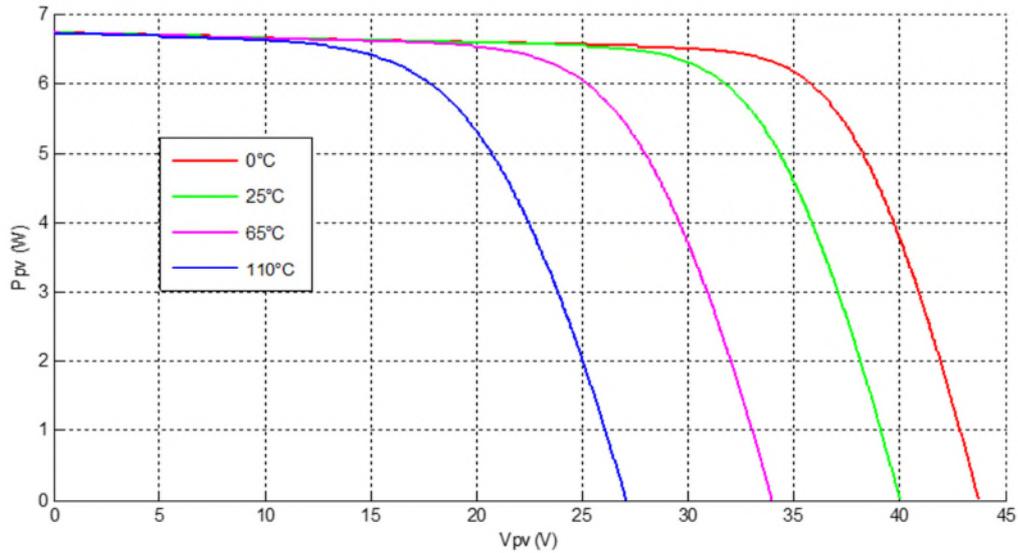


Figure II.9 : Influence de la température sur la caractéristique $I_{pv}=f(V_{pv})$ avec un Éclairement de $1000W/m^2$

D'après la figure (II-9), montrent que la tension de circuit ouvert V_{oc} diminue avec l'augmentation de la température. Nous remarquons que la température influe négativement sur la tension de circuit ouvert (Plus la température est élevée plus V_{oc} est faible et le courant de court-circuit I_{cc} augmente légèrement avec la température).

II.4.2.4. L'influence de la température sur la caractéristique $P_{pv}=f(V_{pv})$

En faisant varier la température entre (0 C° et 110 C°) la caractéristiques $P_{pv}=f(V_{pv})$ est donnée par la figure (II-10). Pour un éclairement $G=1000 w/m^2$.

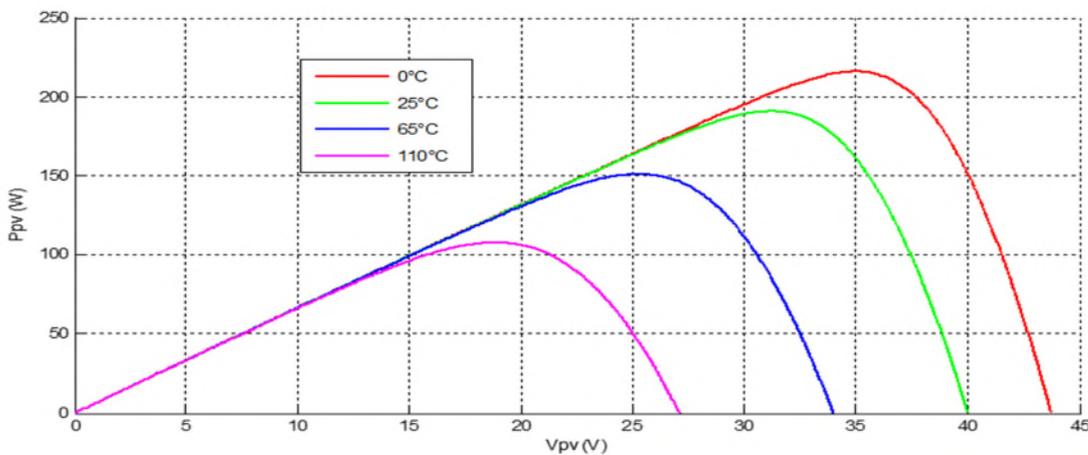


Figure II.10. Influence de la température sur la caractéristique $P_{pv}=f(V_{pv})$ avec un Éclairement de $1000W/m^2$

D'après la figure (II-10), On remarquer que l'augmentation de la température se traduit par une diminution de la puissance maximale disponible.

II.5 Influence de paramètre électrique sur un générateur photovoltaïque

II.5.1 Influence de la résistance série sur un générateur photovoltaïque

En faisant varier la résistance entre (0.001 ohm et 4ohm) la Caractéristique I(V) et P(V) Pour ($T=25^{\circ}\text{C}$, $G=1000\text{W}/\text{m}^2$).

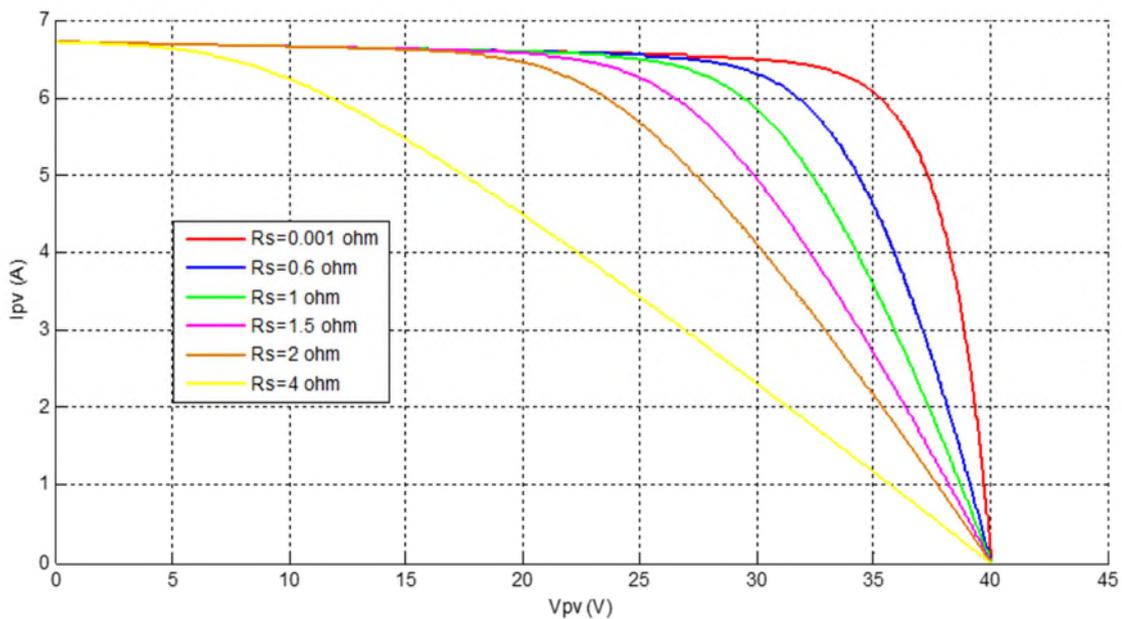


Figure II.11 Caractéristique I(V) pour différentes valeurs de résistance série ($T=25^{\circ}\text{C}$, $G=1000\text{W}/\text{m}^2$)

La figure (II.11) démontre l'influence de la résistance série sur la caractéristique I-V de la cellule qui se traduit par une diminution de la pente de la courbe $I = f(V)$ dans la zone où la cellule fonctionne comme générateur de tension constante

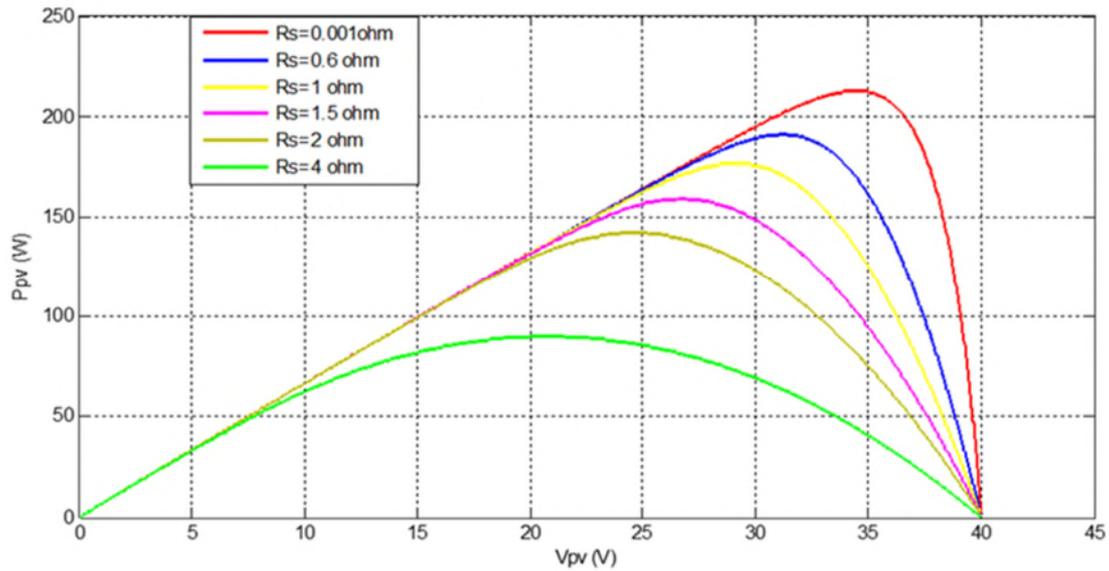


Figure II.12 Caractéristique P(V) pour différentes valeurs de résistance série ($T=25^{\circ}\text{C}$, $G=1000\text{W}/\text{m}^2$)

D'après la Figure (II.12), la valeur de R_s influe négativement sur la puissance. Quand la résistance série augmente la puissance diminue. Par conséquent la puissance maximale de la générateur PV subit une diminution.

II.5.2 influence de la résistance shunt sur le générateur photovoltaïque

En faisant varier la résistance entre (10 ohm et 1000 ohm) la Caractéristique I(V) et P(V) Pour ($T=25^{\circ}\text{C}$, $G=1000\text{W}/\text{m}^2$).

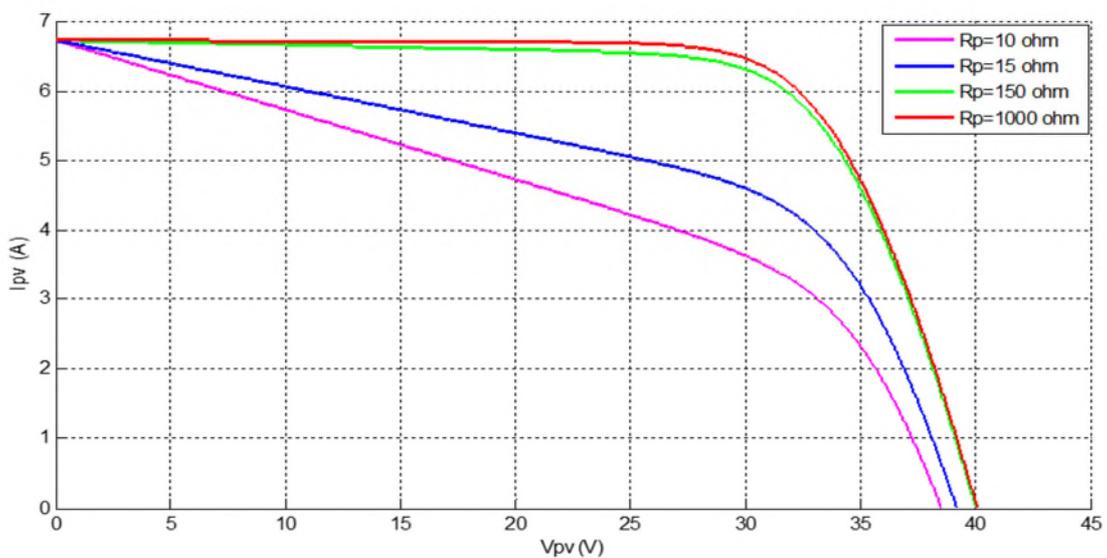


Figure II.13 Caractéristique I(V) pour différentes valeurs de résistance shunt($T=25^{\circ}\text{C}$, $G=1000\text{W}/\text{m}^2$)

Lorsque la résistance shunt diminue, la tension de circuit ouvert et le courant de court-circuit sont diminués. Lorsque la résistance shunt est très petite son influence est très remarquable, comme le montre la figure (II.13)

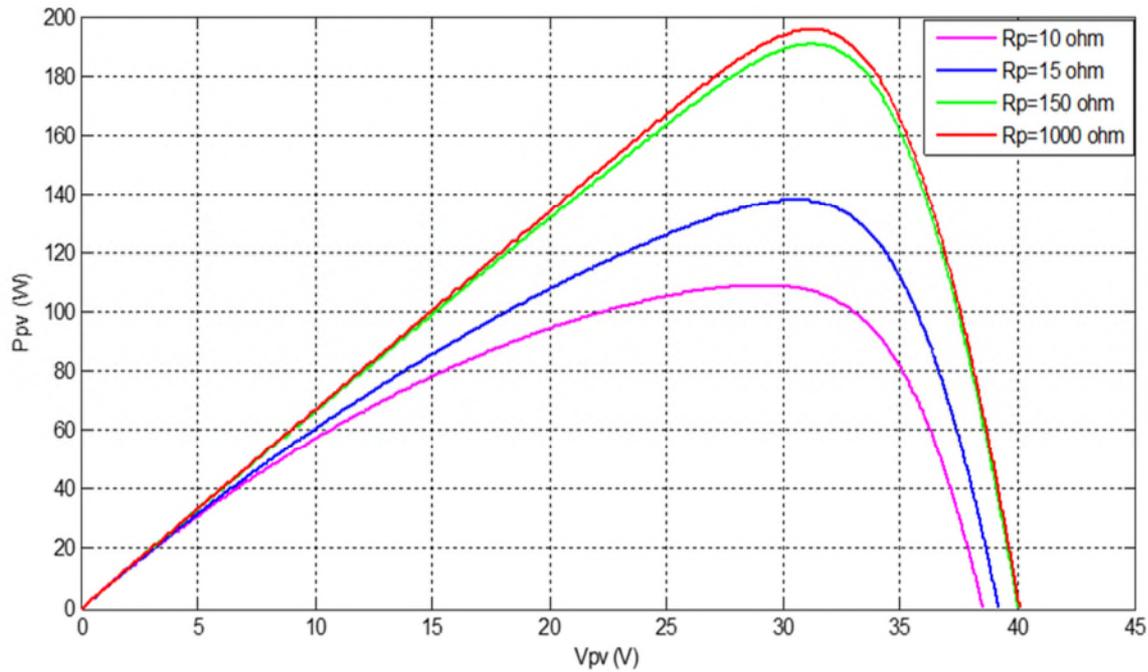


Figure II.14 Caractéristique P(V) pour différentes valeurs de résistance shunt

($T=25^{\circ}\text{C}$, $G=1000\text{W}/\text{m}^2$)

La résistance shunt doit être suffisamment grande pour une meilleure puissance de sortie et un bon facteur de remplissage. En effet, pour une faible résistance shunt, le courant s'effondre plus fortement ce qui signifie que la perte de puissance est élevée et le facteur de remplissage est faible (figure II.14).

II.6. Simulation avec un model 110 cellules

II.6.1. Caractéristique courant-tension

La figure (II.15), Présente la caractéristique Courant-Tension du panneau PV pour l'éclairement $G=1000\text{W}/\text{m}^2$ et de température $T_c = 25^{\circ}\text{C}$.

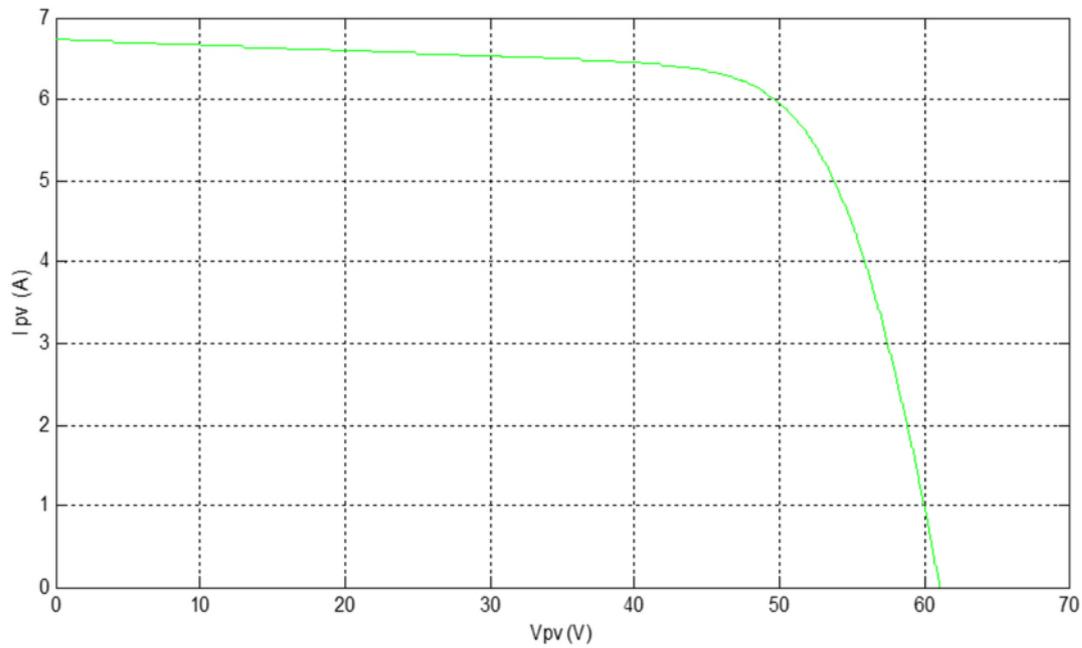


Figure II.15 : Caractéristique courant-Tension du panneau PV

II.6.2. Caractéristique puissance-tension

La figure (II.6) : Présente la caractéristique Puissance-Tension du panneau PV pour l'éclairement G 1000W /m2 et de température Tc = 25°C

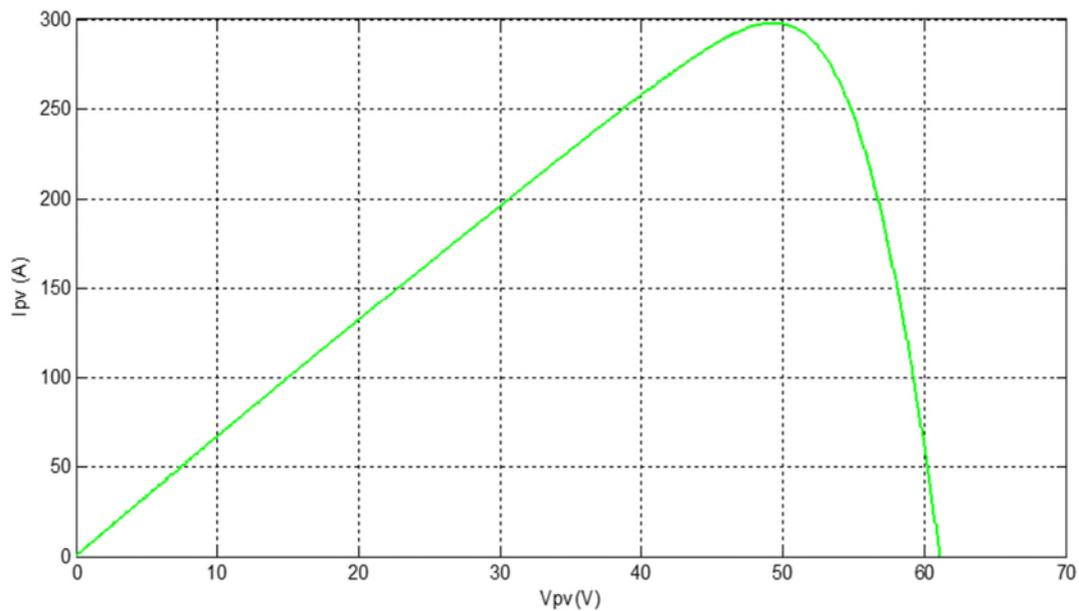


Figure II.16 : Caractéristique puissance-Tension du panneau PV

II.7. Comparaison entre PV à 72 cellules et 110 cellules

D'après les figures on constate que chaque fois quand on augmente le nombre des cellules, on obtient des courants constants et des tensions qui sont multipliés par le nombre de cellules.

II.8 conclusions

Nous avons présenté la modélisation mathématique de la cellule et le générateur photovoltaïque, ensuite nous avons utilisé le logiciel MATLAB pour étudier dans un premier temps le comportement d'un générateur photovoltaïque dans les conditions standard ($G=1000 \text{ W/m}^2$, $T=25^\circ\text{C}$). Ensuite, on a étudié l'influence de la température et l'éclairement sur le comportement de caractéristique de la cellule montre bien que la variation de la température influe principalement sur la tension de la cellule photovoltaïque et la variation de l'ensoleillement influe sur le courant de la cellule photovoltaïque.

Les performances d'une cellule photovoltaïque sont d'autant plus dégradées que R_s est grande ou que R_p est faible. Sur l'énergie produite par la GPV.

A decorative graphic of a scroll with a blue outline and grey shading at the corners, framing the text.

Chapitre III

*Effets d'ombrage
photovoltaïque*

III.1 Introduction

Les panneaux solaires photovoltaïques sont très sensibles à l'ombre. Les conditions d'ombrage totales ou partielles ont un impact important sur la capacité de production d'énergie et peuvent entraîner des pertes. Les cellules d'un panneau solaire sont généralement connectées en série pour obtenir plus de puissance, et donc une production convenable d'électricité. Mais lorsqu'un ombrage se produit, cette structure présente certaines limites.

Une installation photovoltaïque est destinée à produire de l'énergie électrique pendant des années, il est donc indispensable d'ajouter des protections électriques aux modules pour éviter des pannes destructrices liées à l'association en série et en parallèle des cellules.

L'énergie produite par une chaîne de cellules est déterminée par celle qui produit le moins. Lorsqu'une cellule est ombragée, l'ensemble de la série est impacté. Pour éviter les pertes d'énergie, l'installation comprend généralement des diodes de dérivation câblées en parallèle aux cellules solaires. Lorsqu'une cellule solaire est ombragée, la diode de dérivation permet de contourner une partie des cellules et les autres cellules peuvent ainsi générer de l'énergie à tension réduite.[35]

III.2 L'ombrage

III.2.1 Définition d'ombrages :

L'ombrage est un problème dans les modules PV causé par des ombres tombant sur un panneau solaire, produisant de l'électricité, sachant qu'une ombre signifie qu'un masque empêche l'arrivée de photons sur les cellules photovoltaïques. Si une cellule est à l'ombre, le courant chute proportionnellement à l'éclairement énergétique réduit l'ombrage sur une seule cellule peut réduire la puissance de sortie à zéro. Et la sortie diminue proportionnellement à la quantité d'ombrage.[36]

III.3 Les différents types d'ombrages

On peut distinguer deux types d'ombrage : l'ombrage partiel et l'ombrage total

- **L'ombrage partiel** : c'est un ombrage qui laisse passer en partie les rayons du soleil ou qui empêche seulement le rayonnement direct d'atteindre une partie de la cellule photovoltaïque.

- **L'ombrage total** : on appelle ombrage complet ou total ce qui vient couvrir le panneau ou empêche tout rayonnement (direct et indirect) d'atteindre une partie de cellule photovoltaïque (par exemple, une déjection d'oiseau, une branche d'arbre sur le panneau, une couverture) [37]

Il faut savoir que les cellules photovoltaïques sont connectées en série. Par conséquent, la cellule la plus faible affectera les performances des autres cellules. L'ombrage total d'une rangée de cellules peut rendre l'ensemble du module photovoltaïque inefficace.[37]

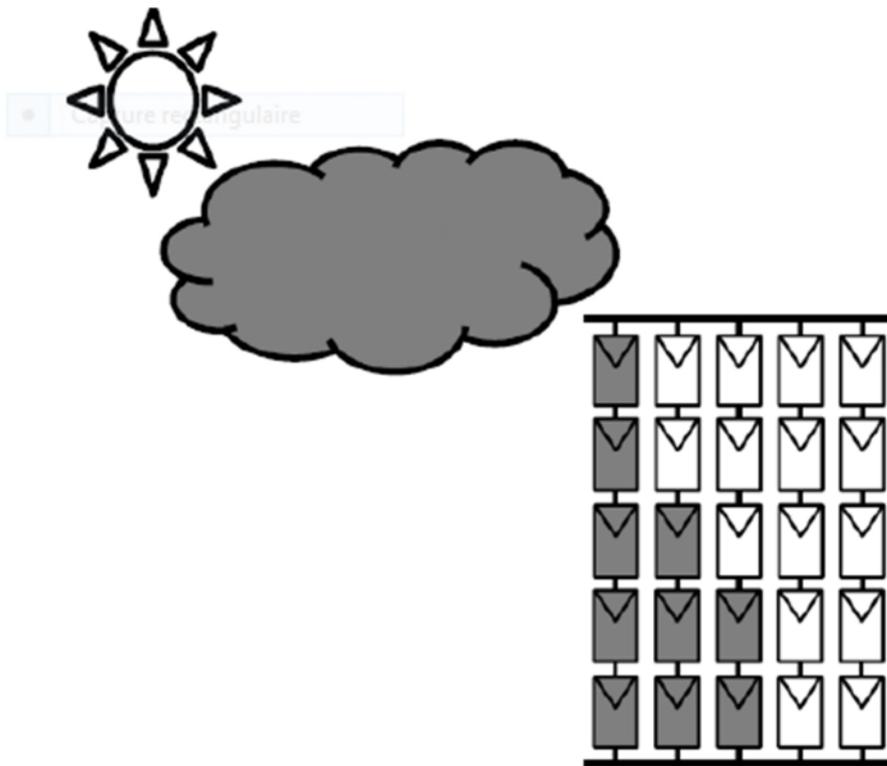


Figure III.1: GPV dans les conditions partiellement ombragés causés par le passage de nuages.

[38]

Lorsque les cellules photovoltaïques sont connectées en série, le courant circulant dans le module est limité par le courant produit par la cellule moins efficace ou moins éclairée. Alors une cellule qui ne reçoit pas la quantité de lumière que les autres pièces, un courant plus faible est produit ; c'est ce qu'on appelle l'ombrage partielle. [39]

En raison de l'ombrage partiel, plus il y a d'ombrage, plus l'énergie dissipée est grande. En effet la cellule ombrée voit une tension inverse à sa borne, si elle est assez élevée, il lui

permet de dépasser la tension de claquage qui a provoqué sa destruction. On peut aussi distinguer trois régimes de l'ombrage. A savoir :

- ✓ **L'ombrage d'une cellule** : La procédure utilisée assure l'occultation d'une seule cellule solaire du module en question. La partie cachée de la cellule représente le taux d'ombrage.
- ✓ **L'ombrage parallèle ou vertical (pour N cellule)** : Dans ce cas l'ombrage est parallèle à chaque cellule à occultée.
- ✓ **L'ombrage perpendiculaire ou horizontal (pour N cellule)** : La procédure comprend l'utilisation d'un masque équivalent sur la surface d'une seule cellule pour assombrir la cellule du module, par exemple faites la configuration de l'ombre perpendiculaire à toutes les cellules, en vous assurant donc le même taux d'ombrage. [40]

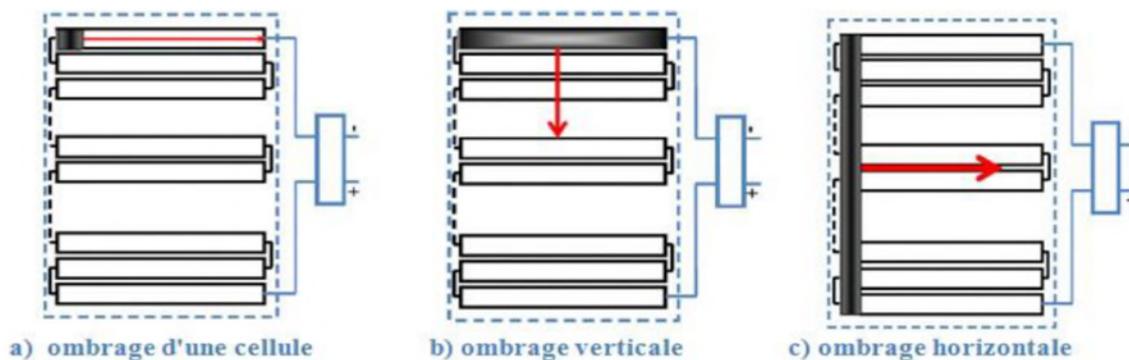


Figure III.2 : Les configurations d'ombrage [41]

III.4 Causes de l'ombrage

Il existe plusieurs facteurs selon les objets pouvant causer l'ombrage,

a. Ombrage temporaire

Les nuages, les déjections d'oiseaux, la poussière ou les feuilles mortes projettent des ombres temporaires.



A) Déjection d'oiseau.



B) Poussière



C) Feuille d'arbre.

b. Ombrage proche

Les ombres causées par les obstacles proches sont directes. Des exemples de ce type d'ombrage sont les cheminées, les conducteurs d'éclairage, les antennes paraboliques, les antennes, les saillies de toit et de façade, la structure de bâtiment décalée, la superstructure de toit pour n'en nommer que quelques-uns.



D) cheminées

c. Ombrage lointain

Ombrage lointain vient de l'environnement du bâtiment, de montagnes, des arbres ou des buissons, des câbles passant au-dessus des bâtiments, des bâtiments voisins ou des bâtiments éloignés qui pourraient également assombrir l'horizon.

**E) maison voisine****F) arbre**

d. Auto-ombrage : Avec les systèmes de montage en tables, l'auto-ombrage des modules peut être provoqué par la rangée des modules. Dans ces cas, il est nécessaire d'optimiser l'inclinaison et la séparation entre les rangées de modules.

**G) mauvaise installation****e. Ombrage direct**

L'ombrage direct peut entraîner de grandes pertes d'énergie, car la proximité de l'objet projetant l'ombre empêche le panneau solaire photovoltaïque de capter le limier. [37]

III.5 Cas de modules ombragés

Lorsqu'un module est partiellement ombragé, cela correspond à une sous-irradiation de certaines de ses cellules. Cela se traduit par une diminution du courant débité par ces cellules ombragées, et par conséquent par une diminution de la puissance fournie ($p=u*i$)

II.5.1 Effet de l'ombrage pour un montage en parallèle

La connexion parallèle régit de manière relativement bonne à l'ombrage partiel. La tension de circuit ouvert V_{c0} ne change que légèrement tandis que le courant de court-circuit I_{cc} diminuera d'environ trois quarts. Les pertes de puissance du module solaire est donc d'environ un quart et correspond à la partie de la surface du module qui a été ombragée.

II.5.2 Effet de l'ombrage pour un montage en série

La connexion en série démontre que l'ombre est un ennemi redoutable pour un module photovoltaïque par les pertes importantes de puissance et l'échauffement des cellules qu'il peut engendrer.

Lorsque la différence de courant entre les cellules saines et la cellule occultée est importante, la tension aux bornes de la cellule devient négative et passe en fonctionnement récepteur. La cellule occultée peut subir une tension inverse trop élevée ou être traversée par un courant trop important où il peut entraîner une énorme dissipation de puissance sous forme de chaleur. La chaleur accumulée peut induire l'apparition des points chauds sur les cellules et endommager les matériaux d'emballage des modules PV. Ce phénomène d'échauffement de la cellule s'appelle Hots pot (point chaud).

La **Figure (III.3)** montre l'association de trois cellules dont un est ombré. On peut voir que pour un courant donné, la cellule ombrée va voir sa tension devenir négative et s'approcher de la tension de claquage.[38]

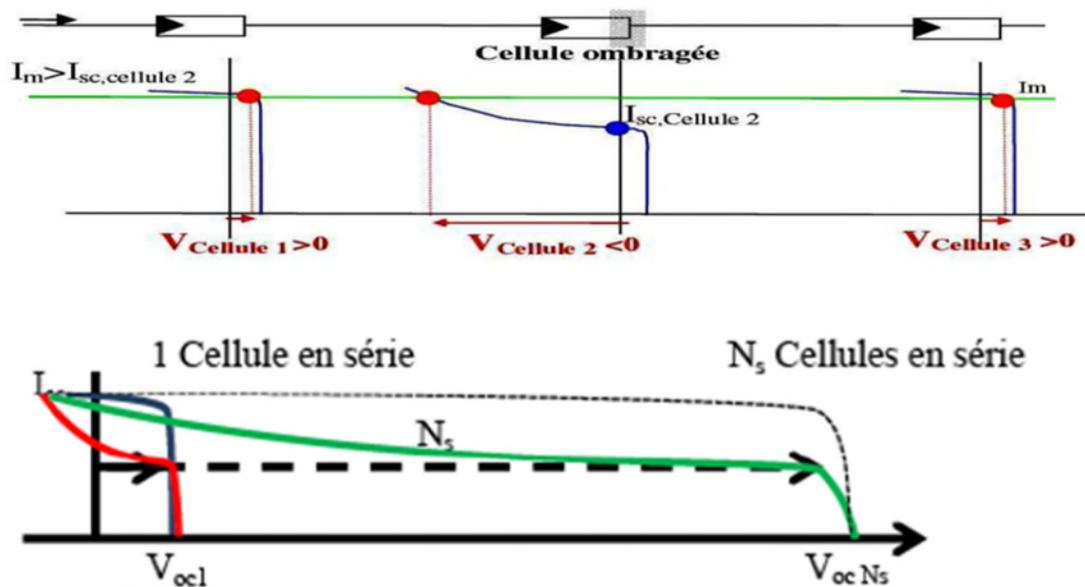


Figure III.3: Principe de la connexion série des cellules PV en présence d'ombrage.[39]

III.6 Protections D'un Générateur

Le groupement des cellules photovoltaïque présente un effet indésirable lorsque le module est partiellement à l'ombre ou lorsque les cellules ne sont pas éclairées équitablement (éclairage non homogène). donc pour résoudre ce problème et pour garantir une durée de vie importante d'une installation photovoltaïque destinée à produire de l'énergie électrique sur des années, des protections électriques doivent être ajoutées aux modules afin d'éviter des pannes destructrices liées à l'association de cellules en séries et de panneaux en parallèles [40-41]. Pour cela, deux types de protections classiques sont utilisés dans les installations actuelles

III.6.1 La diode by-pass :

Généralement les cellules photovoltaïques sont associées pour constituer un panneau. Ces derniers sont regroupés en série ou bien en parallèle selon la puissance demandée pour protéger les modules PV contre le point chaud (hot-spot) à cause d'un déséquilibre d'éclairage il faut monter une diode au silicium "diode de by-pass" en parallèle tête-bêche (Figure III.4) sur une branche en général de dix-huit cellules en série, cette diode sera conductrice dans le cas de l'ombrage d'une ou plusieurs cellules dans une branche et bloquée dans le cas normal. [48]

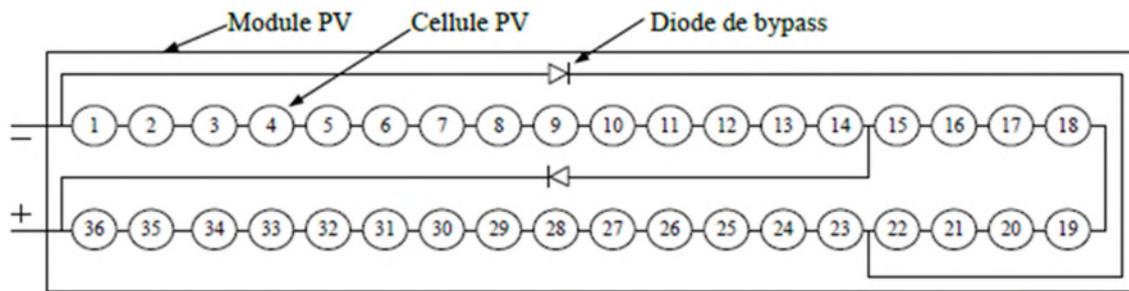


Figure III.4 : Module PV avec deux diodes de bypass.[49]

III.6.2 La diode anti-retour : une autre protection consiste à protéger le module photovoltaïque contre les courants négatifs qui pourraient être générés lors de différentes connexions en parallèle de plusieurs panneaux. Ainsi, une diode anti retour est mise en série avec chaque branche d'un GPV. Le risque est des chaînes de cellules fortement éclairées débitent dans des chaînes soumises à moins d'éclairage. Il est à souligner que la présence de cette diode anti-retour permet d'éviter tous les courants négatifs y compris provenant de la charge (comme une batterie par exemple fonctionnant tout le temps et pouvant sur le GPV la nuit). [44]

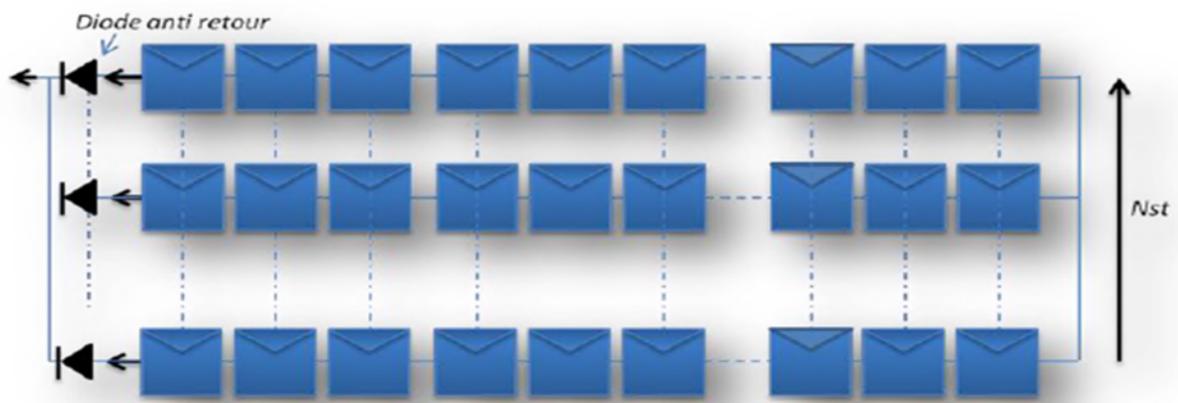


Figure III.5: champ photovoltaïque composé de N_{st} strings en parallèle [48]

Avec :

N_{st} le nombre de strings branchés en parallèle.

III.7 Taux d'ombrage

Le taux d'ombrage tient compte du fait que la surface de la cellule est recouverte par la partie de la partie opaque, qui correspond à la surface du contact métallique avant. Il doit être minimal car il réduira proportionnellement le courant d'éclairage, car il empêche une partie du rayonnement incident d'atteindre la cellule. La collecte du courant à travers cette étroite

surface métallisée doit également s'accompagner de pertes minimales, et il semble difficile de rencontrer ces deux données en même temps. Le taux d'ombre des photopiles se situe en principe entre 5 et 10% de la surface totale. Le choix de la technologie pour la réalisation du contact de grille dépend de la géométrie requise, mais aussi du coût de l'exploitation lors d'une production en série.[45]

III.8 Simulation d'ombrage

Module en série : Cette architecture représente l'assemblage de quatre générateurs PV en Série. On à effectuer la somme des tensions, mais le courant traversé est le même avec des Température $T(c^\circ)$ constantes ; pour étudier l'ombrage on fait varier l'éclairement (25%, 50%, 100%). Ci-joint la **figure III.6** qui représente le bloc de quatre modules en série.

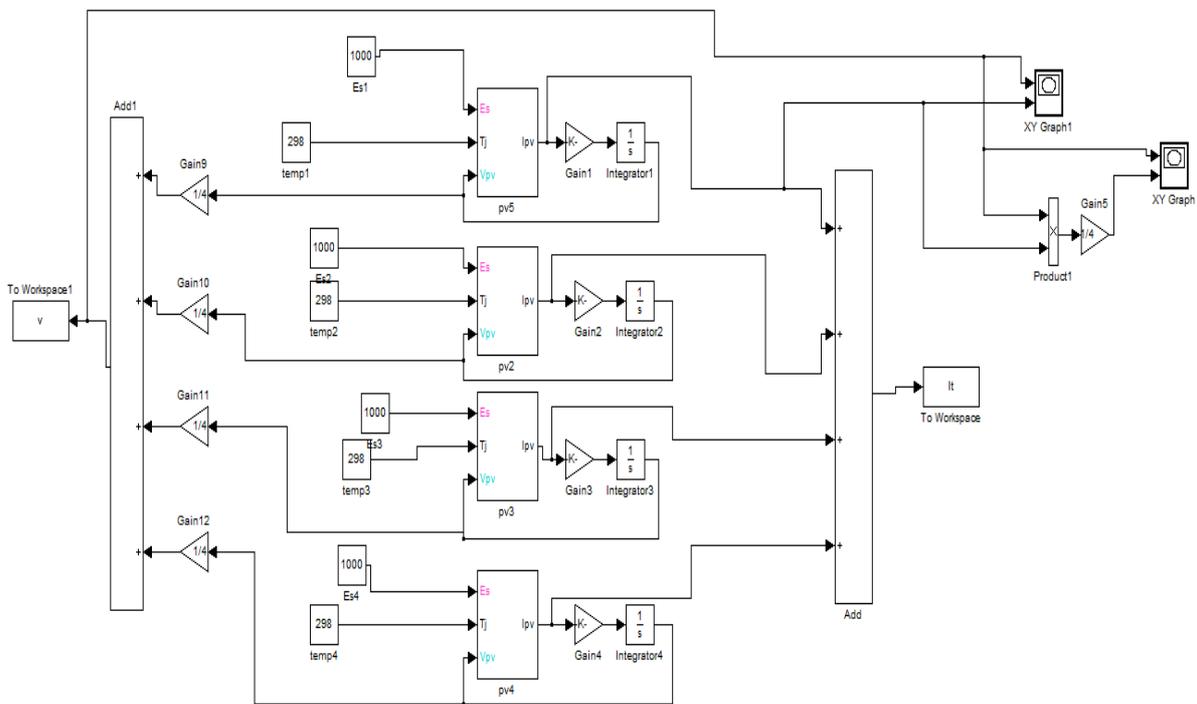


Figure III.6. Schéma bloc de quatre modules en Série.

A1)Après la réalisation de la simulation de l'ombrage en série, on obtient les résultats suivants:

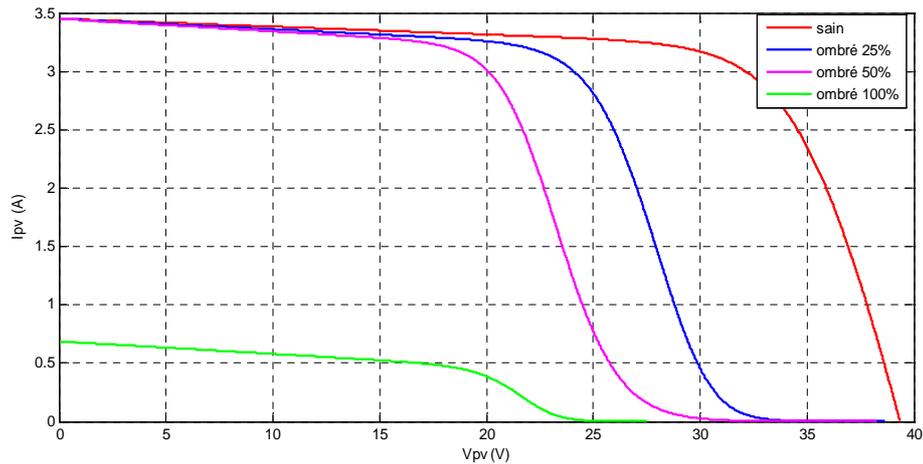


Figure III.7: Caractéristique I-V de 4 panneaux PV en Série sous ombrage partiel ombré (25%, 50%, 100%)

D'après figures III. (7), on remarque que l'ombrage partiel des modules panneaux photovoltaïque en série provoquent la déformation de l'allure de la caractéristique I-V. Si on augmente le taux d'ombrage, nous constatons que le courant et la tension diminuent à partir du point court-circuit I_{CC} et du point de circuit ouverte (V_{oc}) respectivement.

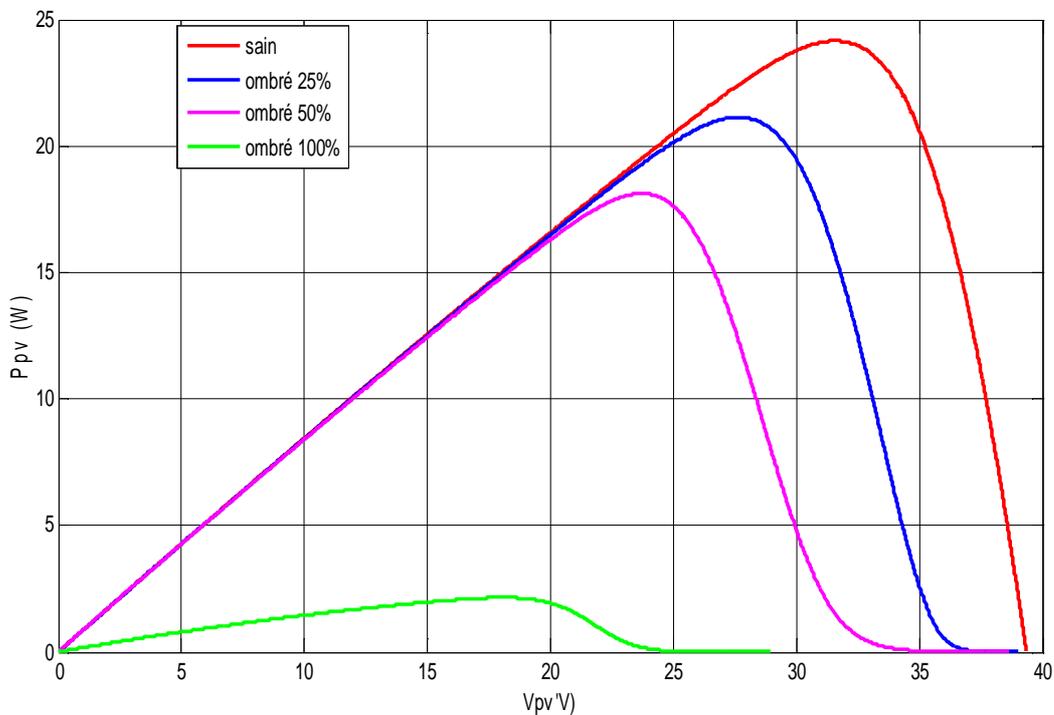


Figure III.8 :Caractéristique P-V de 4 panneaux PV en Série sous ombrage partiel

La figure III. (8), représente la puissance en fonction de la tension pour différents taux d'ombrage (25%, 50%,100%). On remarque que l'ombrage partiel des modules panneaux photovoltaïque en série provoquent la déformation de l'allure de la caractéristique P-V, plus on augmente le nombre de cellules ombrées plus on obtient une diminution de la puissance.

b) Module en parallèle : Cette architecture représente l'assemblage de quatre générateur photovoltaïque PV en parallèle. Cette fois, on a effectué la somme des courants mais la tension est constante avec une température $T(^{\circ}C)$ constante, pour étudier l'ombrage on fait varier le taux d'ombrage (25%, 50%, 100%). Ci-joint la **figure III.9** qui représente le bloc de quatre modules en parallèle.

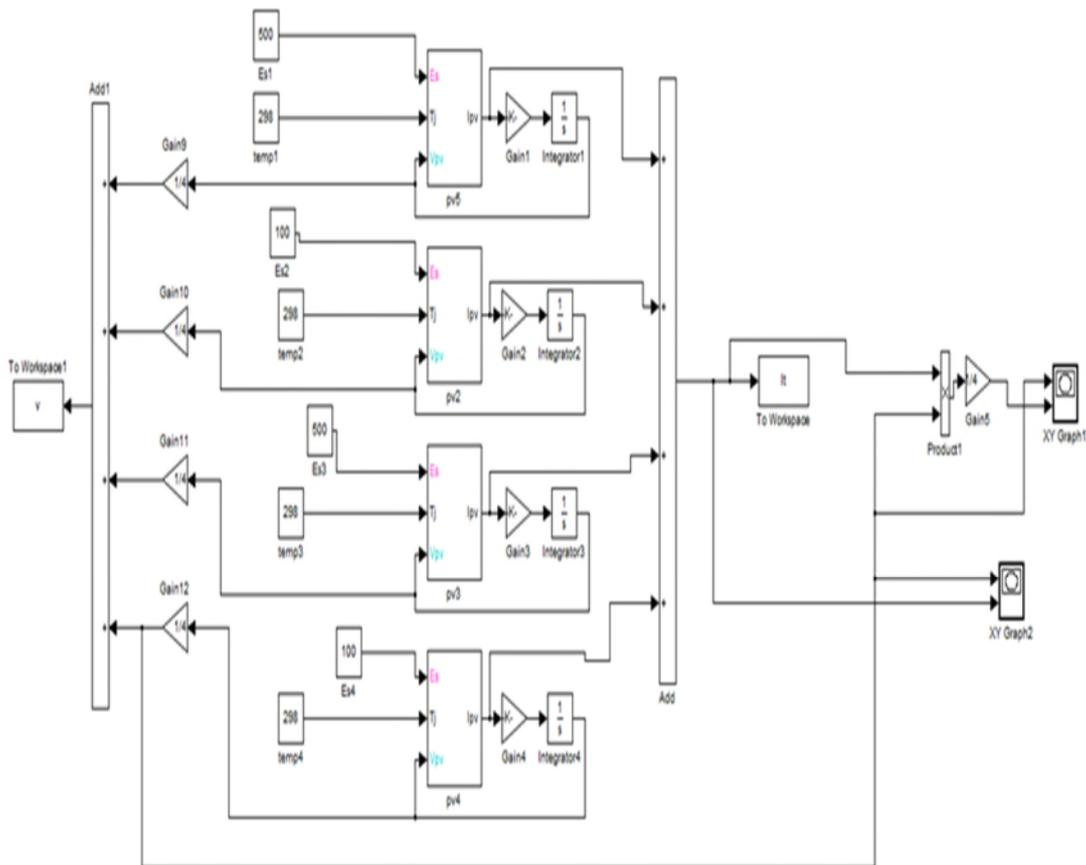


Figure III.9. Schéma bloc de quatre modules en parallèle

b1) Après la réalisation de la simulation d'ombrage en parallèle obtient les résultats suivants :

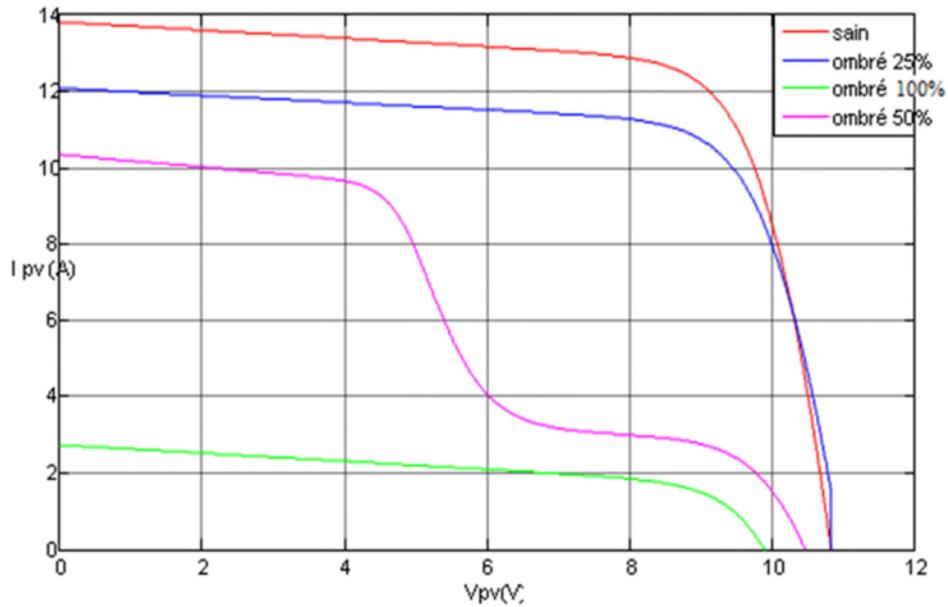


Figure III.10 : Caractéristique I-V de 4 panneaux PV en parallèle sous ombrage partiel

La figure III. (10), représente la caractéristique I-V du module pour une configuration parallèle de l'ombrage des panneaux photovoltaïque. On remarque que l'ombrage partiel des modules photovoltaïques PV provoque la déformation de l'allure des- deux caractéristiques I-V, elle s'intensifie avec l'augmentation du nombre de cellules occultées.

En effet, les tensions de circuit-ouvert sont légèrement diminuées. Cependant, le décalage est plus sévère pour les courants de court-circuit.

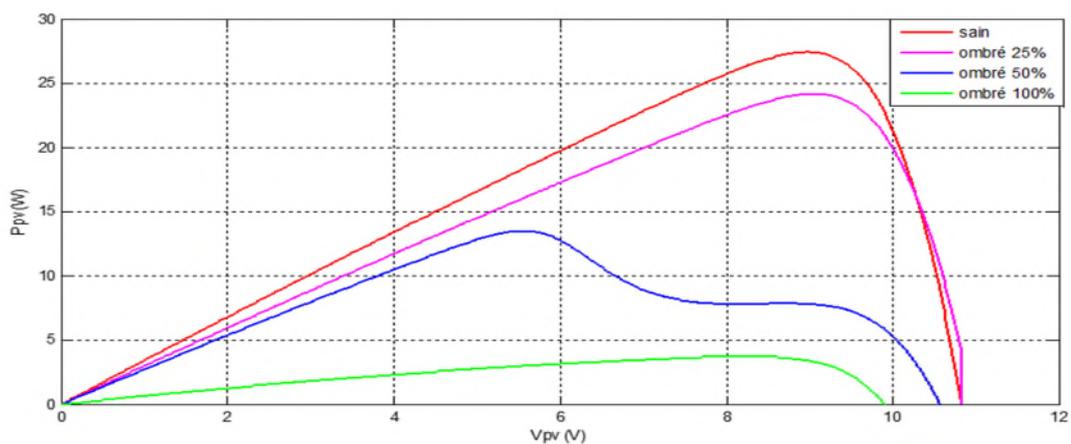


Figure III.11 : Caractéristique P-V de 4 panneaux PV en parallèle sous ombrage partiel

C1) Apres la réalisation de la simulation d'ombrage en série / parallèle obtient les résultats suivants :

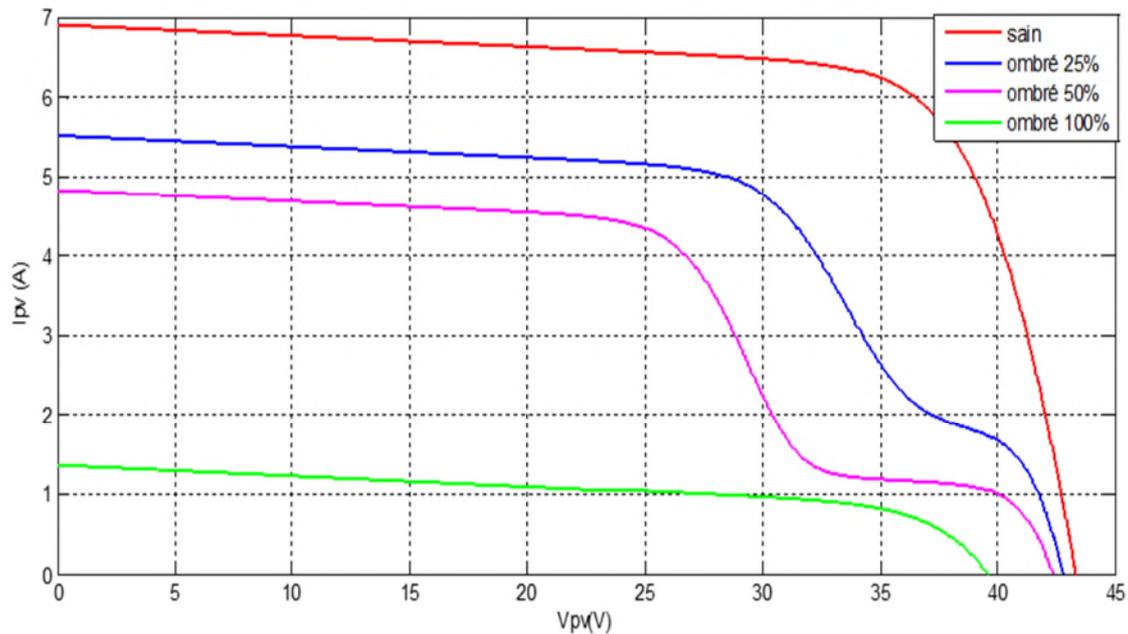


Figure III.13:Caractéristique I-V de 2 panneaux PV en Série/parallèle sous ombrage partiel ombré (25%, 50%, 100%)

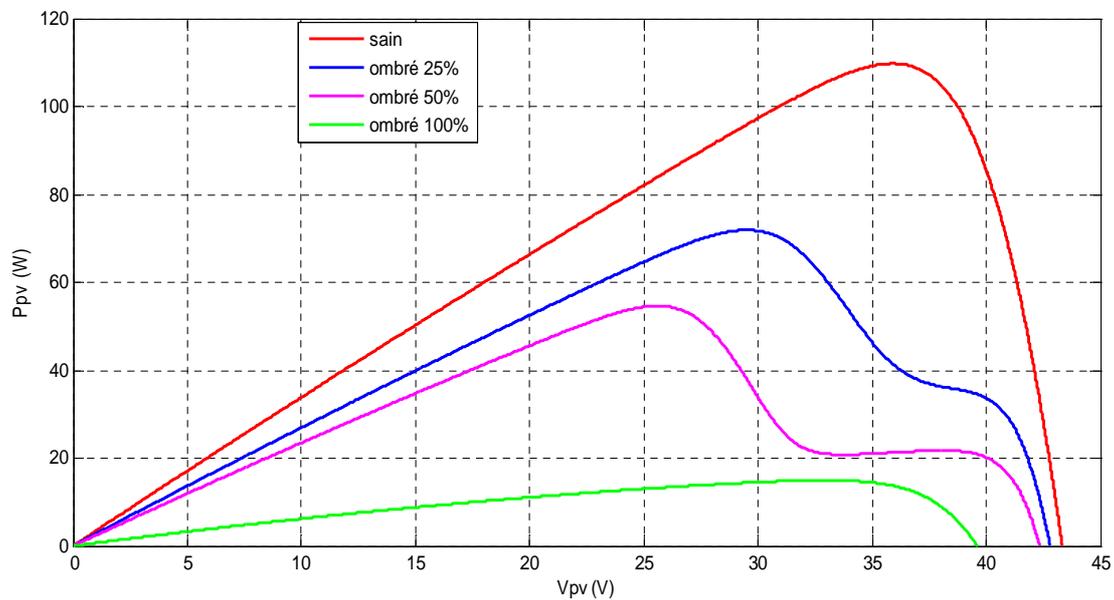


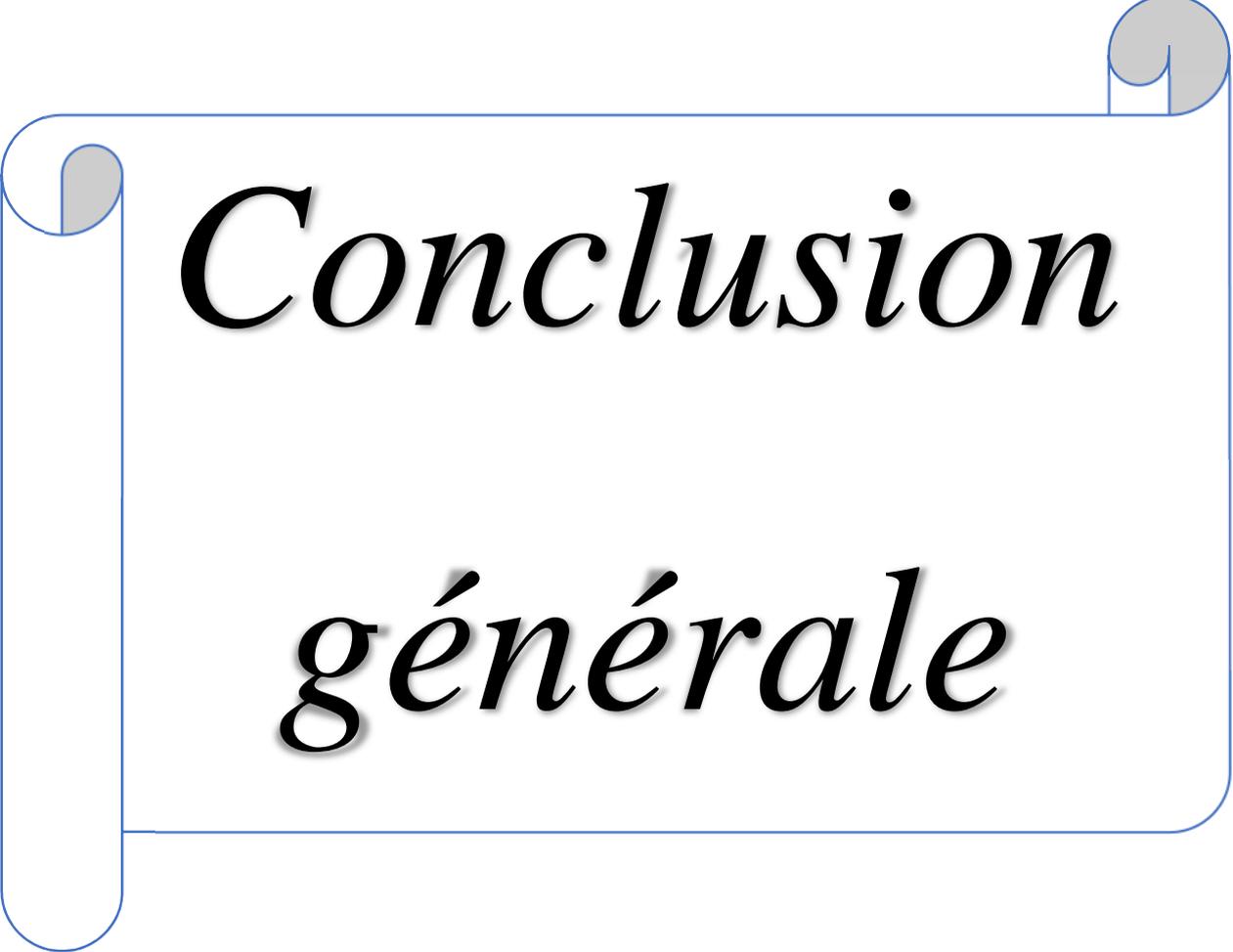
Figure III.14 : Caractéristique P-V de 2 panneaux PV en Série/parallèle sous ombrage partiel ombré (25%, 50%, 100%)

D'après les figures III. (13.14).On remarque l'apparition de deux points maximums de puissance et de courant. Donc lorsqu'une partie de la cellule est couverte, cela veut dire que

cette cellule ne capte pas le maximum d'irradiation donc on constate qu'il y'a une diminution de courant et de la puissance.

III.9 Conclusion

Le troisième chapitre, est consacré à la présentation du phénomène d'ombrage, on a pu présenter d'une manière générale les différents ombrages. Ensuite nous avons modélisé et étudié l'effet de ce phénomène sur les différentes configurations des panneaux photovoltaïque, sous les conditions d'un ombrage partiel. Nous avons fait une simulation sous l'environnement Matlab pour les différentes configurations série et parallèle et on a présenté le résultat obtenu des caractéristique (I,V) et (P,V). Il est à noter que l'effet de l'ombrage sur les panneaux reliés en série est très important que sur les panneaux reliés en parallèle.

A decorative graphic of a scroll with a blue outline and three grey circular elements at the corners, resembling a rolled-up document. The text is centered within the scroll.

Conclusion

générale

Conclusion générale

Aujourd'hui, la demande mondiale en énergie évolue rapidement et les ressources naturelles diminuent à cause de développement de l'industrie et du développement démographique. Pour résoudre ce problème, de nombreuses voies de recherches se sont orientées vers l'utilisation des énergies renouvelables qui se présente comme une solution idéale afin de diminuer le réchauffement climatique qui est un problème majeur sur l'écosystème de la planète terre, dont l'énergie solaire.[51]

L'énergie solaire est donc transformée en électricité grâce à l'effet photovoltaïque, nous permet d'utiliser la lumière comme source d'électricité à travers les cellules photovoltaïque. Les panneaux solaires, constitué d'un grand nombre de ces cellules, permet d'utiliser l'effet photovoltaïque dans la vie courante.

Les performances d'un générateur PV sont fortement influencées par les conditions climatiques, particulièrement l'irradiation solaire et la température du module PV. Dans cette étude, nous avons utilisé le modèle empirique à une diode pour simuler le fonctionnement des modules PV pour différentes conditions d'ensoleillement et de température. Le principal intérêt de ce modèle réside dans sa simplicité et sa facilité de mise en œuvre à partir des caractéristiques techniques données du constructeur.

. On conclut sur la caractéristique courante tension et puissance tension.

- Quand l'ensoleillement augmente, l'intensité du courant croit, ce qui permet au module de produire une puissance électrique plus importante.
- L'augmentation de la température entraine une diminution de la tension et une légère augmentation du courant par suite une baisse du rendement maximal.

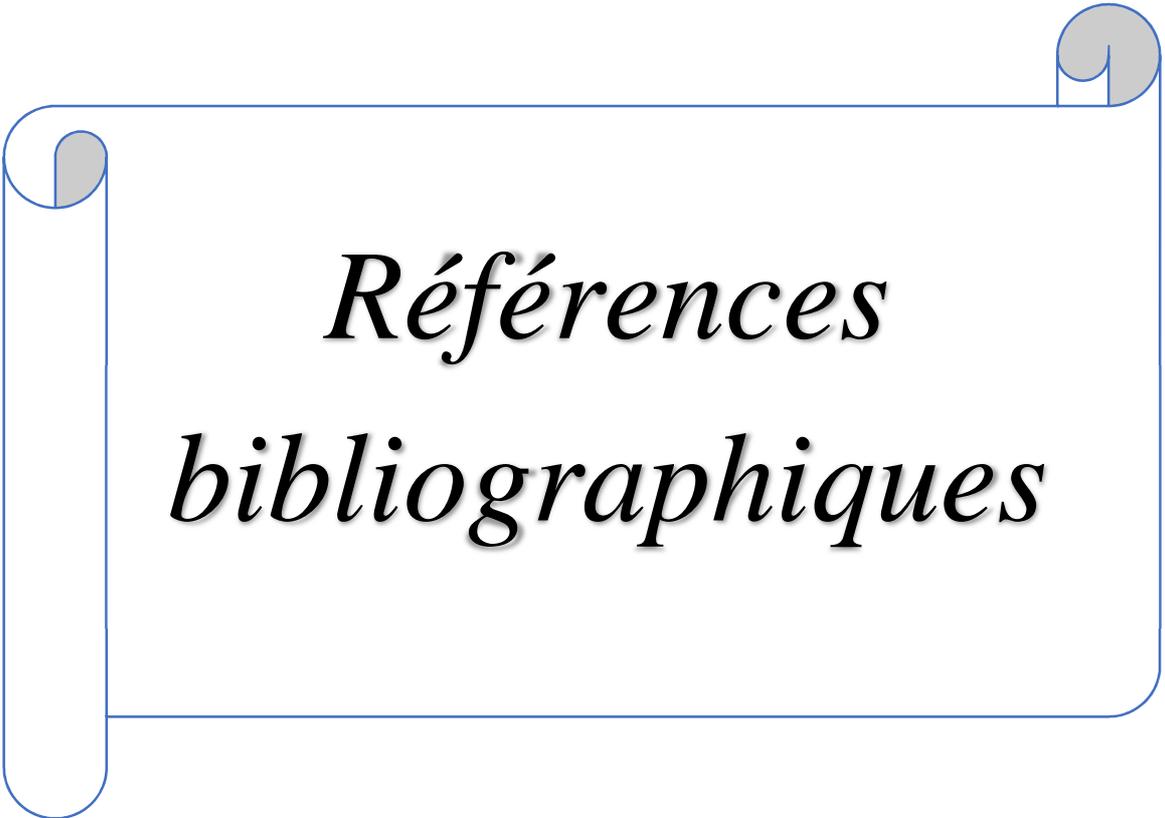
L'ombrage est généralement inévitable car dans certaine condition, on ne peut pas garantir une irradiation homogène sur la totalité de GPV. Dans cette configuration d'ombrage, les cellules qui ne reçoivent pas le même niveau d'ensoleillement, provoquant ainsi un déséquilibre important lors de la délivrance de puissance. Plus que l'ombrage occupe un espace ou une surface importante plus la puissance fournie est faible et cela pour les différents niveaux d'ensoleillements

Pour améliorer la viabilité économique des systèmes photovoltaïques et pour une meilleure intégration de ce système, le problème de l'ombre sur les générateurs

photovoltaïques devrait être pris en considération. La plupart des modules maintenant équipé de diodes by-pass et anti retour pour minimiser les effets d'ombres (et protéger les cellules).

Donc Avant d'installer un système solaire photovoltaïque, vous devez étudier attentivement cet endroit, en tenant compte de toute heure de la journée pour toutes les saisons de l'année pour éviter les ombres. Un arbre ou un bâtiment en croissance à proximité qui pourrait apparaître à l'avenir doit également être pris en compte avant de finaliser l'emplacement du système photovoltaïque.

Enfin l'énergie solaire photovoltaïque, c'est une des sources renouvelables, qui il faut exploiter et privilégier car elle est considérée comme l'une des sources d'énergie qui remplacera l'énergie non renouvelable, il faut la développer pour en donner le meilleur rendement.



*Références
bibliographiques*

Références Bibliographiques

- [1] **Yaden ,M.F., El Ouariachi, M., Mrabti, T., Kassmi, Ka., Tidhaf, B., Chadli E et Kassmi, K. (2011).** Conception et réalisation d'un système photovoltaïque muni d'une commande MPPT numérique, Revue des Energies Renouvelables Vol. 14 N°1 ,p 171 – 186.
- [2] **Alain Bilbao Ibarreta.(2006).** Réalisation d'une de commande MPPT Numérique.LAAS rapport de stage projet fin d'étude, Septembre/.département CNRS à Toulouse.
- [3] **Motahir, S., Ghzizal, A., Derouich, A. (2015).** Modélisation et commande d'un panneau photovoltaïque dans l'environnement PSIM. CIGIMS, EST de Fès, p 21- 22.
- [11] **Bensalem, S. (2011).** Effets de la température sur les paramètres et caractéristiques des cellules solaires. Mémoire de magister : Energétique et Mécanique des Fluides, Université Farhat Abbas-Setif, 62p.
- [5] **Kehoul, S.,Khentaache ,K.(2011).** Etude comparative des modèles d'une cellule photovoltaïque. Mémoire de fin de cycle : Energie renouvelable université Bejaia, P.
- [6] **Notton, G., Caluianu, I., Colda, I et Caluianu, S. (2010).** Influence d'un ombrage partiel sur la production électrique d'un module photovoltaïque en silicium monocristallin. Revue des Energies Renouvelables Vol. 13 N°1, p 49 62.

- [7] **Benblidia, H., Kerkar, A. (2014)**. Etude de l'effet de l'ombrage sur à système photovoltaïque. Mémoire de projet de fin d'études, UNIVERSITE DE SAAD DAHLAB DE BLIDA.
- [8] **DEHOUCHE, K., MOUHOUBI, K. (2014)**. Etude et Conception D'un Système de Pompage Photovoltaïque Avec Stockage Electrochimique. Mémoire: Energie renouvelable université Bejaia, P.
- [9] **Belakehal, S. (2017)**. Conception & Commande des Machines à Aimants Permanents Dédiées aux Energies Renouvelables. Thèse doctorat : Electrotechnique, université de Constantine, 127p.
- [10] **Skouri, S. (2016)**. Contribution à l'étude des concentrateurs solaires. Thèse de Doctorat, Université Monastir, Maroc, P.
- [11] **Bensalem, S. (2011)**. Effets de la température sur les paramètres et caractéristiques des cellules solaires. Mémoire de magister : Energétique et Mécanique des Fluides, Université Farhat Abbas-Setif, 62p.
- [12] **Missoume, M. (2011)**. Contribution de l'énergie photovoltaïque dans la performance énergétique de l'habitat à haute qualité énergétique en Algérie. Mémoire de Magistère, Université de Chlef, p.
- [13] : **CARREAU, C., DUFOUR, M., GIBILISCO, M. (2001)**. Les énergies renouvelables dans l'habitat, France
- [14] : **Bouden, A. (2008)**. Analyse optimisée de système de pompage photovoltaïque, Université Mentouri Constantine,
- [15] **Toulait, A., Rachid A. (2014)**. Modélisation et simulation sous MALAB/SIMULINK d'un système photovoltaïque adapté par une commande MPPT. Mémoire de master, Machines électriques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

[16] **M. Belhadj. (2008).** Modélisation d'un système de captage photovoltaïque autonome, Mémoire de Magistère, Université de Bechar,

[17] **KHENFER, R. (2015).** Détection et isolation de défauts combinant des méthodes à base de données appliquées aux systèmes électro-énergétiques. Thèse de doctorat, UNIVERSITE FERHAT ABBES - SETIF 1.

[18] **Helali,K.(2012).**Modélisation d'une cellule photovoltaïque :Etude comparative , Mémoire de Magistère, UMMTO.

[19] **Labbe, J. (2006)** l'hydrogène électrolytique comme moyen de stockage d'électricité pour système photovoltaïque isolés, thèse de doctorat de l'Ecole des Mines de Paris.

[20] **BELAIDI,S.(2015).** Etude et optimisation d'une installation photovoltaïque autonome. Mémoire, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

[21] **ZENAKHI, A. (2016).** Etude par simulation du fonctionnement d'un système photovoltaïque menu d'une commande MPPT, MEMOIRE, Université Abou BekrBelkaïd – Tlemcen

[22] **Haouchine, R., Bounoua, B. (2012).** Optimisation du transfert d'énergie d'un champ Photovoltaïque basée sur la commande MPPT prédictive. Mémoire de Master, UMMTO,

[23] **Benseddik, O., Djaloud, F. (2012).** Etude et optimisation du fonctionnement d'un Système photovoltaïque. Mémoire de master, université Kasdi Marbah- Ouargala,

[24] : **PETIBON Stéphane, M. (2009).** Nouvelles architectures distribuées de gestion et de conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques, Université de Toulouse.

- [25] **Bouguerra, T. (2014).** Optimisation d'un système photovoltaïque : Application en continu et en alternatif. Mémoire Magister, UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE 1,
- [26] **Bendjellouli, Z. (2009).** Contribution à la modélisation d'une cellule solaire, Université de Bechar.
- [27] **Olivier GERGAUD. (2002).** Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système De production éolien et photovoltaïque couplé au réseau et associé à un accumulateur. Ecole Normale supérieure Cachan,
- [28] **Bendjellouli, Z. (2009).** Contribution à la modélisation d'une cellule solaire, Université de Bechar.
- [29] **Gergaud, O., Multon, B., Ben Ahmed, H. (2002).** Analysis and Experimental Validation of Various Photovoltaic System Model ' 7th International ELECTRIMACS Congress, Montréal,
- [30] **SINGO, A.T. (2010).** Système d'alimentation photovoltaïque avec stockage hybride pour l'habitat énergétiquement autonome. Thèse de Doctorat, l'Université Henri Poincaré, Nancy-I
- [31] **GERGAUD, O. (2002).** Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système de production éolien et photovoltaïque couplé au réseau et associé à un accumulateur, Thèse de doctorat, l'école normale supérieure de CACHAN
- [32] **BISKER, A., CHIRI, M. (2012).** Commande d'un Système Photovoltaïque en mode Isolé et en mode Connecté au Réseau. Projet de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme D'Ingénieur d'État en Électrotechnique, École Nationale Polytechnique.

[33] CABAL, C. (2008). Optimisation énergétique de l'étage d'adaptation électronique dédié à la conversion photovoltaïque. Thèse de Doctorat, université de Toulouse.

[34] HUAN, L. T., SIANG, C. T., SU, Y. J. (2008). Development of Generalized Photovoltaic Model Using MATLAB/ SIMULINK Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science WCECS 22 - 24, San Francisco, USA.

[35] EFFETS, <<<https://www.trace-software.com/fr/les--effets-dombrage-sur-la-performance-des-panneaux-solaires/>, [ligne]. (2021)

[36] <https://www.researchgate.net> (2008)

[37] Web <http://www.edfenr.com>] (2021)

[38] DEHOUCHE, K., MOUHOUBI, K. (2014). Etude et Conception D'un Système de Pompage Photovoltaïque Avec Stockage Electrochimique. Mémoire de master : Energie renouvelable université Bejaia, P.

[39] IDIR, Z., ADRAR, A. (2016). Etude et simulation du comportement d'un générateur Photovoltaïque en présence de problème de désadaptation. Mémoire de master, électronique, Automatique, Bejaïa, université A-Mira- Bejaia, 78p.

[40] ATEK, M. (2013). Effets du taux d'ombrage sur les performances des cellules solaires à base de CIGS. Mémoire de Magister. Sétif, université Ferhat Abas de Sétif, ,89p

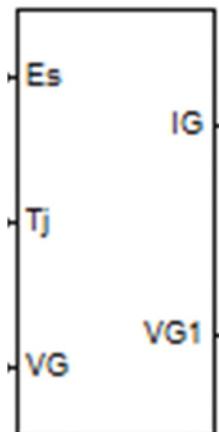
[41] MEKIDCHE, Y., AKKAL, M. (2018). Influence sur le comportement d'un générateur photovoltaïque, Mémoire de master, université bouira.

[42] BANDO, F., LAMROUS, N. (2013). MODELISATION DE MODULES PHOTOVOLTAIQUES EN MILIEU RÉEL D'IMPLANTATION, Mémoire master, université mouloud mammeri tizi ouzou.

- [43] **BENI, H. (2008)**. Contribution à la modélisation du problème de «Hot Spot» dans les modules solaires photovoltaïques occultés. Thèse de magister. Électronique option Instrumentation. Constantine, université Mentouri Constantine, ,99p.
- [44] **EL BASRI, Y. (2013)**. Architecture de puissance distribuée reconfigurable dédiée à l'optimisation de l'énergie photovoltaïque. Thèse de doctorat, composants et systèmes de gestion de l'énergie, Toulouse, université de Toulouse, 173p
- [45] **Notton, G., Caluianu, I., Colda, I et Caluianu, S. (2010)**. Influence d'un ombrage partiel sur la production électrique d'un module photovoltaïque en silicium monocristallin. Revue des Energies Renouvelables Vol. 13 N°1, p 49 – 62.
- [46] **Femia, N., Lisi, G., Petrone, G., And Vitelli, M. (2008)**. Distributed maximum power point tracking of photovoltaic arrays: novel approach and system analysis". IEEE transaction on industrial electronics, vol. 55, no. 7.
- [47] **Andrés, C., Spagnuolo, G., Petrone, G., Vitelli, M And bastidas, J.D. (2010)**. a multivariable mppt algorithm for granular control of photovoltaic systems" IEEE.
- [48] **KHENFER, R. (2015)**. Détection et isolation de défauts combinant des méthodes à base de données appliquées aux systèmes électro-énergétiques. Thèse de doctorat, UNIVERSITE FERHAT ABBES - SETIF 1.
- [49] **Bun, L. (2011)**. Etude, Détection et localisation de Défauts pour un système photovoltaïque, thèse Doctorat, Université de Grenoble
- [50] **MEZIANI, Z. (2012)**. Modélisation des modules photovoltaïques. Mémoire de Magister, Microélectronique. UNIVERSITE DE BATNA, 115p.

Références Bibliographiques

[51] **DEBIT, L. (2018)**. Modélisation et commande pour la poursuite du point de puissance maximale d'un système photovoltaïque en tenant compte de la variation de la température, Mémoire de master, Electrotechnique industrielle, Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Générateur PV

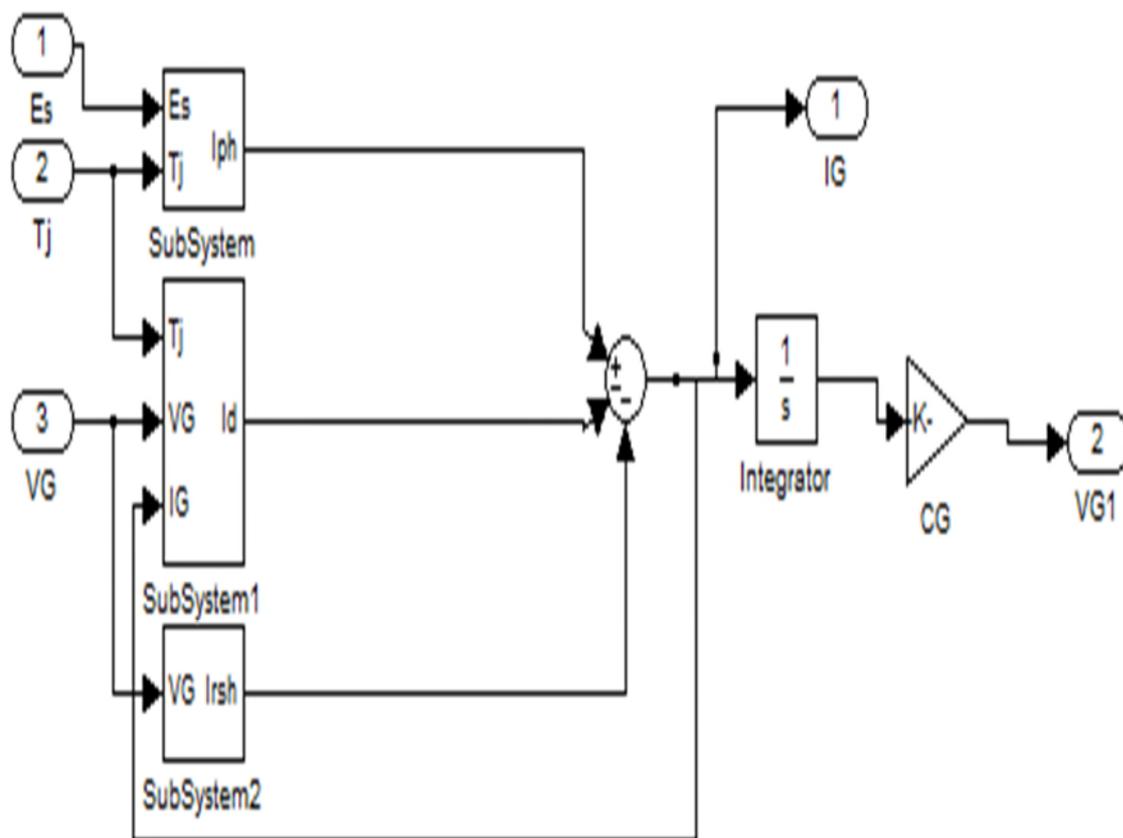


Figure1 : générateur photovoltaïque

Résumé

L'énergie solaire est une source d'énergie qui dépend du soleil. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité à partir des cellules solaires. Le champ de notre étude est focalisé sur l'étude des paramètres influençant la production de l'énergie électrique par les panneaux photovoltaïque. Les performances d'un générateur PV sont fortement influencées par les conditions climatiques, particulièrement l'irradiation solaire et la température du module PV. Dans cette étude, nous avons utilisé le modèle empirique à une diode pour simuler le fonctionnement des modules PV pour différentes conditions d'ensoleillement et de température.

Actuellement, la conversion de l'énergie solaire en électricité pose le problème de la modélisation et l'étude du comportement et fonctionnement d'un champ PV.

Le but principal de ce sujet est donc, étudier l'influence des paramètres extérieures telles que, la température et l'irradiation, et de proposer et réaliser des interfaces graphiques interactives et l'analyse l'effet de l'ombrage lors des différents taux d'ombrage sur le champ PV. La connaissance de ces données nous sera utile pour plusieurs applications solaires. Cette réalisation a aussi contribué à l'estimation de taux de dégradation.

Mots clés : Energie, Panneaux PV, Ombrage, Dégradation.

Summary

Solar energy is an energy source that depends on the sun. This energy makes it possible to produce electricity from solar cells. The field of our study is focused on the study of the parameters influencing the production of electrical energy by photovoltaic panels. The performance of a PV generator is strongly influenced by climatic conditions, particularly solar irradiation and the temperature of the PV module. In this study, we used the one-diode empirical model to simulate the operation of PV modules for different insolation and temperature conditions. Currently, the conversion of solar energy into electricity poses the problem of modeling and studying the behavior and operation of a PV field. The main purpose of this subject is therefore to study the influence of external parameters such as temperature and irradiation, and to propose and create interactive graphical interfaces and the analysis of the effect of shading at different rates. shading on the PV array. Knowledge of these data will be useful for several solar applications. This achievement also contributed to the estimation of the degradation rate.

