



**République Algérienne Démocratique et
Populaire**



**Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche
Scientifique**

UNIVERSITE Echahid Hamma Lakhdar D'EL-OUED

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'étude
Présenté pour l'obtention du diplôme de
LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies
Spécialité : Génie mécanique
Option : Electromécanique

Thème

Etude d'une commande développée sous
matLab-Simulink pour un système
photovoltaïque

Devant le jury composé de :

Y. GERFI Président
M. ALLAG Examinateur
T. Mahni Encadreur

Présenté par :

✚ -AOUNALLAH Abbes
✚ -GASMI Chaima
✚ -SABBAK Med Hanane

2014-2015

DÉDICACE

À nos parents,

À nos familles,

À nos amis.

REMERCIEMENTS

*Remerciement et Louange à Dieu Seigneur des Mondes.
nous adressons nos remerciements les plus sincères à notre encadreur Monsieur
MAHNI Tidjani , Maître assistant A à la Faculté des Sciences et technologie à
l'université Echahid Hamma Lakhdar -El Oued-, qui a guidé, surveillé le déroulement et
l'exécution du travail
de ce mémoire en nous prodiguant tout aide possible, et en nous consacrant
beaucoup de son temps précieux.*

*Un grand merci est adresser aux examinateurs d'avoir accepté la lecture et
l'évaluation de notre mémoire.*

*Nous avons également remercie l'administration de département de faculté de
mécanique*

Tableau des matières

Index des figures.....	i
Introduction générale.....	1
I.1. Introduction.....	3
I.2. L'énergie solaire.....	3
I.3. le rayonnement solaire.....	4
I.4. le potentiel solaire dans le monde.....	5
I.4.1. le potentiel solaire en Algérie.....	5
I.5. Energie solaire photovoltaïque.....	6
I.5.1. Le module photovoltaïque.....	6
I.5.1.1. Les différent type d'une cellule photovoltaïque.....	7
I.5.1.2. Processus de fabrication.....	9
I.5.1.2. Principe de fonctionnement d'un module photovoltaïque.....	9
I.5.1.3. La jonction PN utilisée comme capteur et principe de superposition.....	10
I.6. Les avantages et les inconvénients de système PV.....	11
I.6.1. Avantages.....	11
I.6.2. Inconvénients.....	11
I.7. Conclusion.....	11
II.1. introduction.....	12
II.2. Modèle de champ photovoltaïque.....	12
II.2.1. Définition.....	12
II.2.2. Le rendement et puissance crête de champ photovoltaïque.....	13
II.2.2.1. Influence d'éclairement.....	13
II.3. L'hachure.....	14
II.3.1. Types d'hacheur.....	14
II.3.1.1. Hacheur survolteur.....	14
II.3.1.2. Hacheur dévolteur.....	15
II.3.1.3. Hacheur buck boost.....	16
II.3.2. Commande MPPT.....	17
II.3.2.1. Poursuit du point de la puissance maximale.....	17
II.3.2.2. Principe MPPT.....	17
II.4. Onduleur triphasé.....	21

II.4.1. Commande d'onduleur	22
II.4.1.1. Commande par hystérésis	23
II.4.1.2. Commande par modulation de largeur d'impulsion (MLI).....	24
II .5. Filtre passif	24
II.6. conclusion	25
III.1. Introduction	26
III.2. Présentation du logiciel de simulation utilisé matLab simulink.....	26
III.3. Le système proposé	26
III.4. Simulation du système photovoltaïque proposé	27
III.4.1.Simulation de générateur PV	29
III.4.2. Simulation du hacheur	30
III.4.3. Simulation d'onduleur.....	31
III.5.la tension et le courant du réseau.....	32
III.6. Conclusion.....	33
Conclusion générale	35
Références	36

+

Index des figures

Figure I.1	plant d'explication sur l'énergie solaire.....	04
Figure I.2	carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel	05
Figure I.3	cellule photovoltaïque.	07
Figure I.4	Des panneaux photovoltaïques.....	07
Figure I.5	un plant de clarification de fabrication d'un panneau P.V.....	09
Figure I.6	constitution d'une cellule photovoltaïque	10
Figure I.7	Schéma électrique équivalent de la photopile PIN	10
Figure II.1	un exemple d'un champ photovoltaïque.	12
Figure II.2	Caractéristique courant-tension pour différentes valeurs du rayonnement.....	14
Figure II.3	schéma de principe d'hacheur survolteur	16
Figure II.4	schéma de principe d'hacheur dévolteur	16
Figure II.5	schéma de principe d'hacheur buck- boost	16
Figure II.6	Chaîne de conversion d'énergie solaire comprenant une commande MPPT	18
Figure II.7	Recherche et recouvrement du Point de Puissance Maximal.	19
Figure II.8	Organigramme de l'algorithme MPPT de la perturbation & observation.....	21
Figure II.9	schéma électrique d'onduleur.....	22
Figure II.10	Interrupteur bidirectionnel équivalent de la paire diode-transistor.....	22
Figure II.11	Principe de commande des onduleurs connectés au réseau.....	23
Figure III.1.a	Schéma fonctionnel de la maquette de système PV.....	26
Figure III.1.b	Schéma électrique global de la maquette de système PV.....	27
Figure III.2	schéma bloc d'un model photovoltaïque.....	28
Figure III.3	variation des éclairements.....	29
Figure III.4	variation des tensions aux bornes des deux champs photovoltaïques.....	30
Figure III.5	variation des puissances des champs photovoltaïques et de leurs éclairements.....	30
Figure III.6	schéma bloc d'hacheur.....	31
Figure III.7	variation des rapports cycliques des deux hacheurs.....	31
Figure III.8	schéma bloc d'une commande d'onduleur.....	32
Figure III.9	variation de la tension aux bornes des capacités de l'onduleur.....	32
Figure III.10	variation des tensions du réseau.....	33
Figure III.11	variation des courants du réseau.....	33

Introduction générale

Depuis le siècle dernier, la production d'énergie a augmenté de manière considérable. En effet, les besoins énergétiques des sociétés industrialisées ne cessent d'augmenter. Par ailleurs, les pays en voie de développement auront besoin de plus en plus d'énergie pour mener bien leur développement.

Au jour d'hui, une grande partie de la production mondiale d'énergie est assurée à partir de sources fossiles, comme le pétrole, charbon ou gaz ne sont pas éternelles et il est en outre préférable de ne pas les brûler plus pour ne pas aggraver la pollution.

La solution se cache dans l'utilisation d'énergie renouvelables, ou on appelle énergie renouvelable un ensemble de sources d'énergie qui sont inépuisables à l'échelle humaine largement disponible, essentiellement gratuites et sont compatibles avec un certain respect environnemental. Les énergies renouvelables utilisent des sources inépuisables d'énergies d'origine naturelle : vents, cycles de l'eau et du carbone dans la biosphère, flux de chaleur interne de la terre et le soleil qui est la principale source des différentes formes d'énergies renouvelables. Les énergies renouvelables regroupent un certain nombre de filières technologiques selon la source d'énergie valorisée et l'énergie utile obtenue. La filière étudiée dans ce thème est l'énergie solaire photovoltaïque.

L'importance d'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque se cache en la production énergie électrique, telles que ce type de production d'énergie propre est actuellement bien compris, plus exploité et disponible en abondance sur une envergure massive. Mais, affronte un fondamental facteur, il concerne les coûts de production qui freine s'agrandissement.

Ce mémoire permet de prendre un général aperçu et simplifié sur le domaine des énergies solaire photovoltaïque. Ou, on parviendra aux principes indiqués en trois chapitres :

Le premier donne une ne notice sur l'énergie solaire généralement et solaire photovoltaïque particulièrement, et ses influence d'utilisation (positives et négatives).

Le chapitre deux fourni une vue des systèmes solaire photovoltaïque relié au réseau électrique, c.à.d. dans ce chapitre donnera une explication sur les éléments qui composent ce système.

Dans le chapitre trois on se saura sur le schéma fonctionnel de la maquette du système photovoltaïque proposé, puis sera simulé par le logiciel matLab simulink. Ce chapitre inclut également les résultats de simulation obtenus.

I.1. Introduction:

Parmi les systèmes qui fonctionnent avec les énergies renouvelables, on mentionne les systèmes solaires fonctionnant avec l'énergie solaire. Plusieurs technologies des systèmes solaires sont envisageables, mais les plus intéressants c'est ce éoliens à axe horizontal et solaires photovoltaïque.

Dans ce premier chapitre, on va essayer de donner un aperçu général sur l'énergie solaire et le potentiel solaire dans le monde et dans notre pays l'Algérie précisément. Et on va parler précisément sur le système solaire photovoltaïque à axe horizontal qui représente l'actualité des énergies renouvelables.

I.2. L'énergie solaire:

L'énergie solaire est la fraction de l'énergie du rayonnement solaire qui apporte l'énergie thermique et la lumière parvenant sur la surface de la Terre, après filtrage par l'atmosphère terrestre.

Sur terre, l'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau, du vent et de la photosynthèse réalisée par le règne végétal, dont dépend le règne animal via les chaînes alimentaires. Le Soleil est à l'origine de la plupart des énergies sur Terre à l'exception de l'énergie nucléaire et de la géothermie profonde.

Les sources d'énergie issues indirectement de l'énergie solaire sont notamment : l'énergie hydraulique, dérivée de l'énergie cinétique de l'eau dont le cycle dépend du Soleil, l'énergie marémotrice issue principalement de l'effet des forces de gravitation de la Lune et plus faiblement de celle du Soleil et dépendant d'autres paramètres tels que la géographie des côtes³. Il y a également l'énergie éolienne provenant de l'énergie cinétique du vent lié au Soleil, à la rotation de la Terre et à l'effet Coriolis, l'énergie hydrolienne et l'énergie des vagues liées aux mouvements des océans et des cours d'eau, le bois énergie et l'énergie de la biomasse ainsi que la géothermie de très basse température, provenant des couches superficielles du sol réchauffées par le Soleil. On peut ajouter les énergies fossiles provenant de matières organiques créées par photosynthèse (charbon, pétrole, gaz naturel...) auxquelles s'ajoute l'énergie biochimique de la matière organique vivante.[1]

L'exploitation directe de l'énergie solaire au moyen de capteurs relève de deux technologies bien distinctes : l'une produit des calories, c'est l'énergie solaire thermique, et l'autre produit de l'électricité, et c'est cette dernière, énergie solaire photovoltaïque, qui fait l'objet de notre travail.

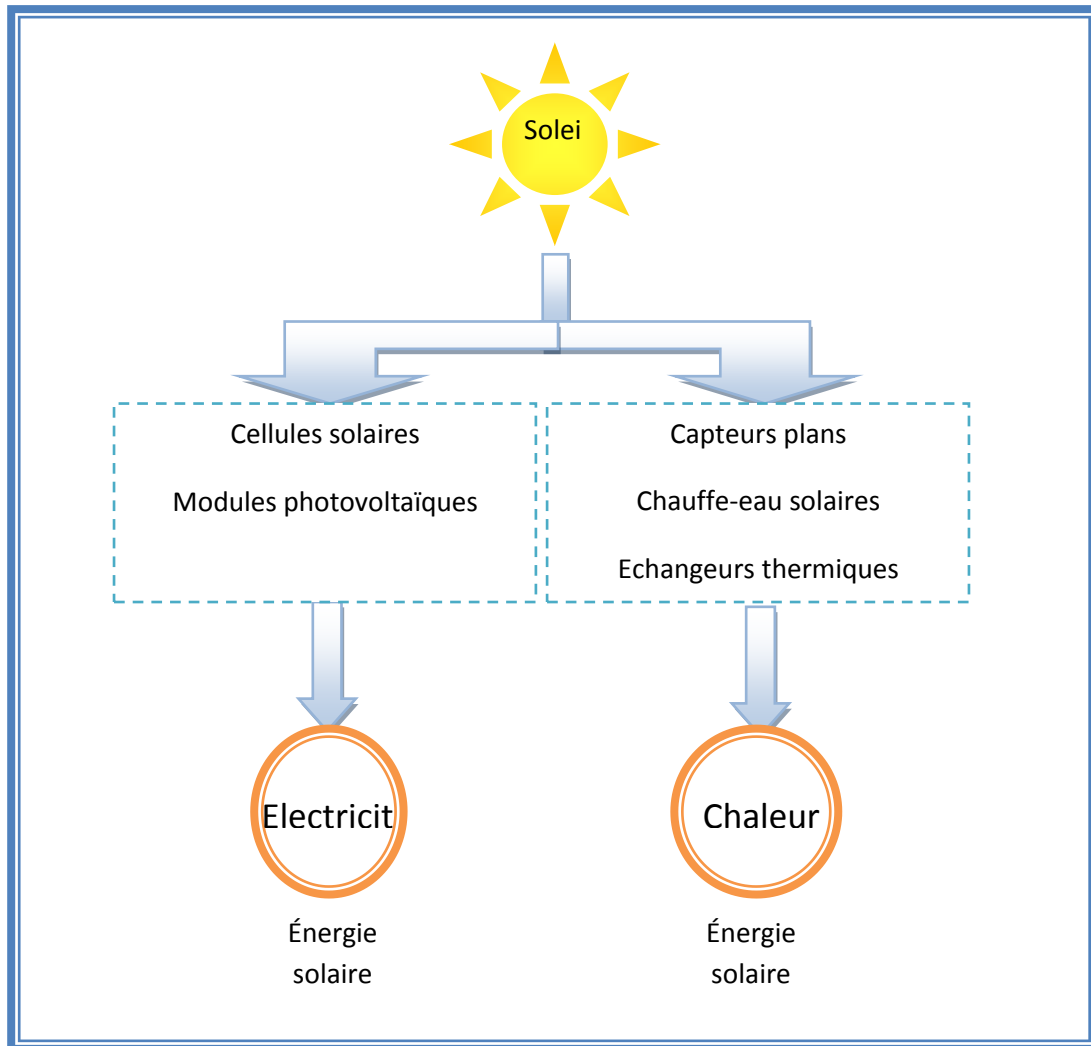


Figure I.1: plant d'explication sur l'énergie solaire

I.3. le rayonnement solaire:

Le soleil nous envoie de l'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde varie de $0.22\mu\text{m}$ à $10\mu\text{m}$. [2]

Une faible partie du rayonnement solaire parvient jusqu'à la surface de la Terre, des ondes radio décimétriques aux rayons ultraviolets les plus mous, le reste étant réfléchi ou absorbé

par l'atmosphère et l'ionosphère. Lorsqu'il atteint la surface de la Terre, en fonction de l'albédo de la surface frappée, une partie plus ou moins importante du rayonnement est réfléchi. L'autre partie de ce rayonnement est absorbée par la surface de la Terre (convertie en chaleur) ou par les êtres vivants qui y vivent, en particulier les végétaux (photosynthèse). Cette source d'énergie, appelée énergie solaire, est à la base de la vie.[3]

I.4. le potentiel solaire dans le monde:

Les technologies solaires utilisant le système concentration pour la production électrique exigent l'ensoleillement normal direct.

Les sources d'énergie renouvelable. Dans les pays au bord de la méditerranée à elles seuls peuvent faire face à la demande énergétique mondiale croissante. En effet la ressource d'énergie la plus importante dans ce pays est l'irradiation solaire, avec un potentiel qui peut satisfaire la demande en l'électricité de monde entier. [2]

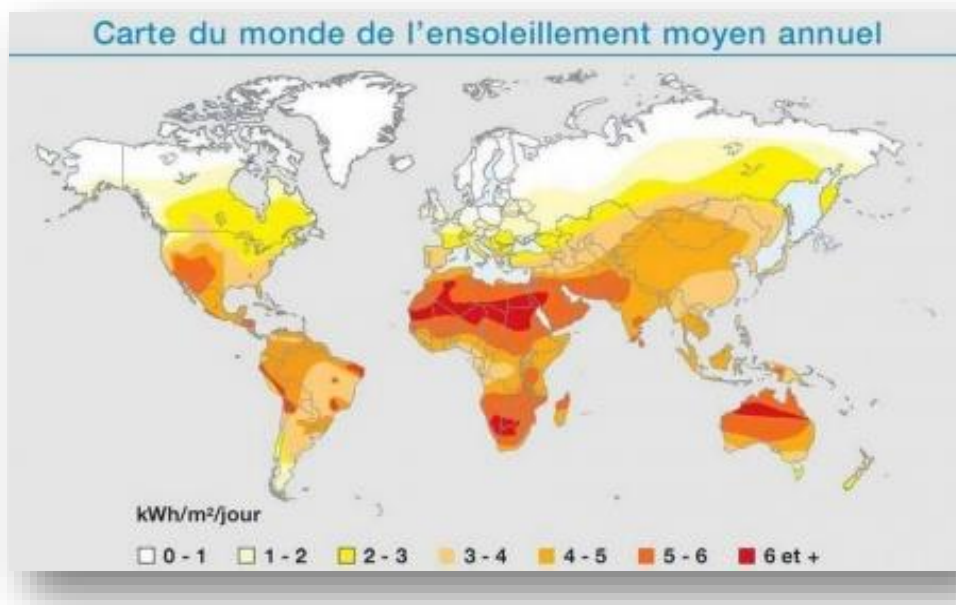


Figure I.2: carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel

I.4.1. le potentiel solaire en Algérie:

Avec 2 381 74 km² de surface, l'Algérie est le pays le plus vaste de la zone méditerranéenne. L'Algérie offre les possibilités les plus intéressantes à long terme, pour investir un gisement solaire parmi les plus élevés dans le monde. La durée moyenne d'ensoleillement dans le Sahara

algérien est de 3500 heures. Ce potentiel est optimal exécution un changement radical et réaliser un développement durable dans cette région, s'il est exploité de manière économique.

Le tableau suivant indique le taux d'ensoleillement pour chaque région de l'Algérie. [2.4]

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie	4%	10%	86%
Durée moyenne D'ensoleillement (Heures/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m ² /an)	1700	1900	2650

Tableau I.1: potentiel solaire en Algérie

I.5. Energie solaire photovoltaïque:

Le mot photovoltaïque est composé de deux partie le premier c'est "**photo**" est d'origine grec qui veut dire la lumière et "**voltaïque**" vient du nom de le physicien Italien Alessandro Volta, qui a eu une grande empreinte dans le domaine d'électricité. [5]

L'énergie solaire photovoltaïque est considérée un type des énergies renouvelable, ce type désigne une transformation d'une partie du rayonnement solaire à énergie électrique, par l'emploi d'un générateur photovoltaïque, qui peut être composé d'un ou plus modules (panneaux) photovoltaïques. [6]

L'histoire du photovoltaïques ce commence depuis 1839 par la découverte de l'effet photovoltaïque par le physicien français Edmond Becquerel. Et il reste développer jusque l'atteinte à la construction de la première maison qu'est alimentée par des cellules photovoltaïque par l'Université de Delaware en 1973 et depuis ce date c'était le dudit d'utilisation du système photovoltaïque. [7]

I.5.1. Le module photovoltaïque:

Les cellules photovoltaïques sont des composants optoélectroniques qui transforment directement la lumière solaire en électricité par le processus d'effet photovoltaïque. Elles sont réalisées l'aide de matériaux semi-conducteurs, c'est à dire ayant des propriétés intermédiaires entre les conducteurs et les isolants. [8] Pour se procurer un module PV, il faut relier plusieurs cellules entre elles.



Figure I.3: cellule photovoltaïque



Figure I.4: Des panneaux photovoltaïques

I.5.1.1. Les différents types d'une cellule photovoltaïque:

Sur le plan technologique; plusieurs types de cellules solaires sont distingués:

I.5.1.1.1. Les cellules solaires au silicium:

Le silicium est le matériau de base des photopiles. C'est le deuxième élément en termes d'abondance sur notre planète (après l'oxygène), mais il n'existe pas à l'état pur dans la nature. (Le sable et le quartz en contiennent). C'est aussi le plus utilisé en la fabrication de les cellules PV Il existe trois catégories principales de photopiles au silicium : [9]

➤ Les cellules monocristallines:

Elles sont considérées comme la première génération de photopile, elles ont un taux de rendement excellent (12 – 16% et jusqu'à 24 % en laboratoire) mais leur méthode de production est laborieuse et délicate, et donc, très chère; il faut une grande quantité d'énergie pour obtenir du cristal pur.

➤ Les cellules poly-cristallines:

Elles ont un coût de production moins élevé et un rendement qui varie entre 11 – 13 % (autour de 18 % en laboratoire).

➤ Les cellules amorphes:

Leur coût de production bien plus bas, mais malheureusement aussi, ont un rendement plus bas qui varie entre 8 –10 % (autour de 13 % en laboratoire pour une cellule non dégradée).

Cette technologie permet d'utiliser des couches très minces de silicium de 0.3 à 1.0 nanomètre seulement (500 nanomètres pour les deux autres types). On peut donc appliquer de très fines couches de silicium amorphe sur des vitres, du métal, voir du plastique souple par un procédé de vaporisation sous vide. C'est le silicium amorphe que l'on trouve le plus souvent dans les

petits produits de consommation comme les calculatrices, les montres,... Les panneaux amorphes ont besoin d'environ deux fois plus de surface (comparé aux panneaux cristallin) pour produire la même quantité d'électricité, et semblent se dégrader plus rapidement, mais ils ont l'avantage de mieux réagir à la lumière diffuse et à la lumière fluorescente et d'être plus performants à des températures élevées. [9]

1.5.1.1.2. Les cellules solaires à couche mince:

On distingue plusieurs technologies parmi lesquelles :[9]

- Cuivre-indium-di sélénium (CIS) ou cuivre-indium-gallium-sélénium (CIGS): leur rendement est égal à 11 % (17.1 % au laboratoire). 99 % d'absorption, dégradation minime, mais fabrication très délicate.
- Cadmium-tellure (CdTe): rendement 10.5 % (15.8 % en laboratoire). Haute absorption, mais n'oublions pas que le cadmium est très toxique.
- Gallium Arsenic (GaAs): leur rendement dépasse les 25 % en laboratoire. Ces cellules, dont le prix est très élevé, sont très appréciées dans l'aérospatiale.

1.5.1.1.3. Les cellules solaires organiques:

Le solaire organique est considéré comme une nouvelle technologie basée sur les colorants et leurs propriétés physiques et en particulier optiques. [9]

I.5.1.2. Processus de fabrication :

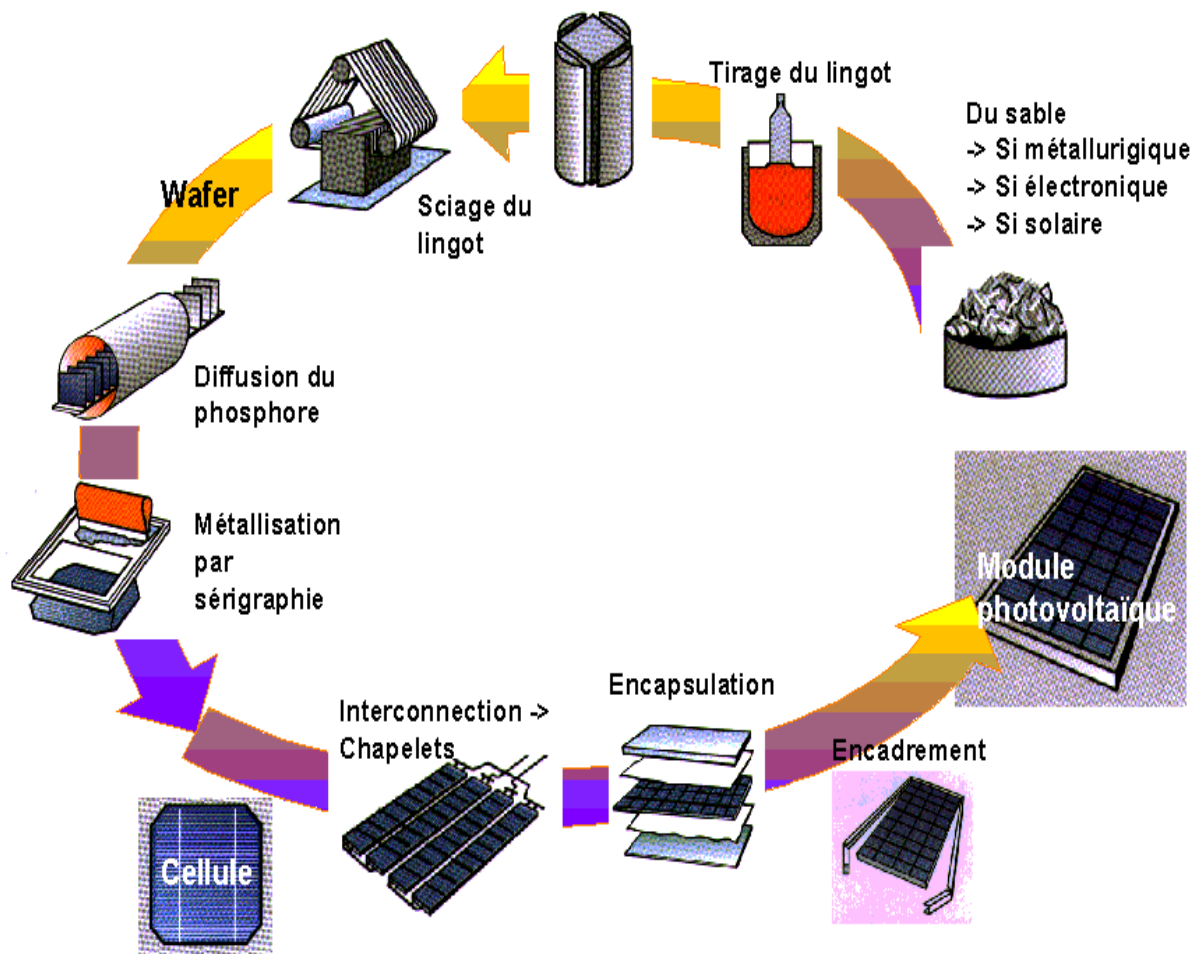


Figure I.5: un plant de clarification de fabrication d'un panneau P.V. [7]

I.5.1.2. Principe de fonctionnement d'un module photovoltaïque :

La production d'électricité solaire par la technologie photovoltaïque s'accomplit grâce aux propriétés des semi-conducteurs comme le silicium amorphe ou microcristallin, qui consiste en une jonction p-i-n, c.-à-d.: deux zone de silicium dopée qui sont "p" et "n", et la zone de silicium non dopée (intrinsèque). En état de fait une collision à la zone intrinsèque par un photon d'énergie supérieur au gap de silicium un champ électrique qui règne à la jonction p n (la zone i) différemment sépare les paires d'électrons-trous en direction des bornes opposés de la cellule. A partir de cette séparation génère un courant électrique. [5]

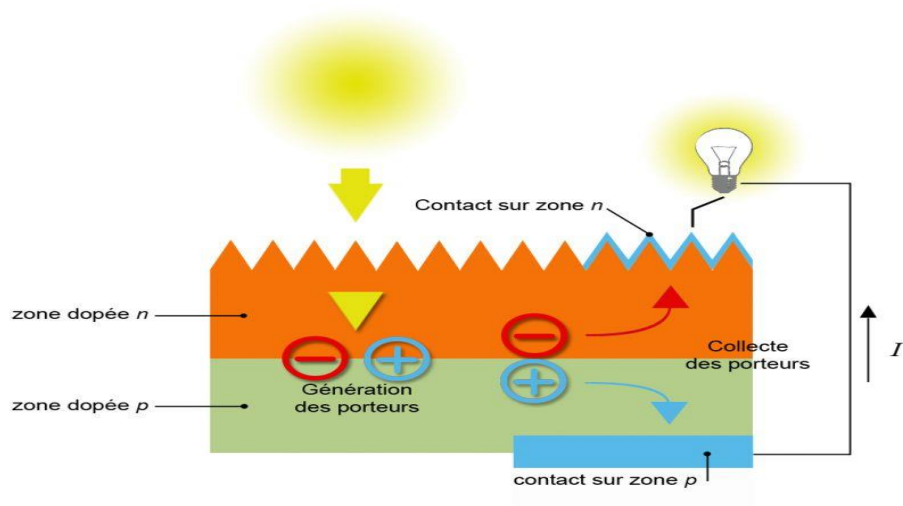


Figure I.6: constitution d'une cellule photovoltaïque [10]

I.5.13. La jonction PN utilisée comme capteur et principe de superposition:

Les propriétés de la jonction PN et la réaction du semi-conducteur au rayonnement mènent au schéma du circuit équivalent idéal simplifié d'une cellule photovoltaïque représenté sur la figure I.6.

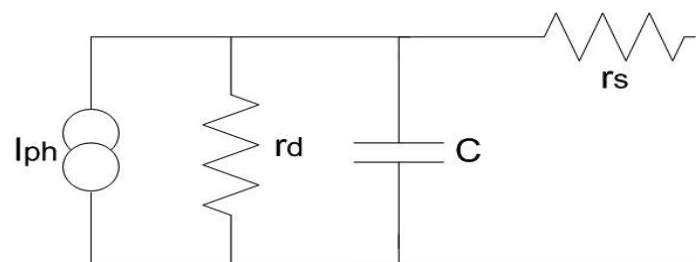


Figure I.7: Schéma électrique équivalent de la photopile PIN

Sous sa représentation physique la plus simple, le modèle de photopile solaire comporte une zone de charge d'espace complètement vide de porteurs libres et séparant deux régions semi-conductrices de types P et N supposées homogènes. L'expression du courant de la jonction I_j (V, T) est obtenue à partir de l'équation de Boltzmann, des équations de transport de Poisson, et des conditions aux limites, pour un semi-conducteur donné. Sa première expression est issue du modèle de diffusion de Schrockley [1949]. [11]

$$I_d = I_0 \left[\exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1 \right] \tag{I.1}$$

I.6. Les avantages et les inconvénients de système PV:

Il existe de nombreux avantages à opter pour l'installation et l'exploitation de panneaux solaires sur sa toiture. [12. 13. 14]

I.6.1. Avantages:

- ✚ Le système PV est une source d'énergie inépuisable, et n'est pas nuisible pour l'environnement.
- ✚ La possibilité de l'installation partout, et l'exposé d'une solution dans les isolés zones à moindre coût.
- ✚ La facilité de montage, qu'est adaptable aussi à des besoins énergétique divers.
- ✚ Il s'agit d'une source d'énergie électrique totalement silencieuse.
- ✚ Les systèmes PV sont en général de haute fiabilité et peu sujettes à l'usure.

I.6.2. Inconvénients:

- ✚ L'absence de soleil fait évidemment chuter la production des panneaux solaires PV.
- ✚ Le rendement d'un module PV est faible et il diminue avec le temps (20% à la fin du 20 ans)
- ✚ Le coût générateur PV est en cas de croissance lorsque le stockage de l'énergie électrique dans une batterie est nécessaire.
- ✚ L'industrie du module PV relève de l'haute technologie des investissements coûteuse.

I.7. Conclusion:

Ce chapitre nous a permis de donner un aperçu général sur un système très populaire actuellement dans le marché de la production d'énergie électrique d'origine renouvelable, les systèmes solaires. Et après un rappel de la notion élémentaire nécessaire à la compréhension de l'énergie solaire, on a parlé particulièrement le système photovoltaïque, son principe de fonctionnement et ses avantages et inconvénients.

II.1. introduction:

Dans le chapitre présent, on va présenter les différentes notions qui entrent dans la constitution d'un système solaire photovoltaïque, et leurs principes des fonctions. En plus de ça, nous allons expliquer différentes méthodes de commandes des convertisseurs (DC-DC/DC-DA), précisément la méthode de poursuite du point de puissance maximale et en terminant par notre méthode qui s'appelle 'perturbation et observation', (P&O : Perturb-and-Observe).

II.2. Modèle de champ photovoltaïque:

II.2.1. Définition:

Un champ solaire photovoltaïque est un ensemble destiné à la production d'électricité. Elle est constituée de modules solaires photovoltaïques, reliés entre eux (série et parallèle) et utilise des onduleurs pour être raccordée au réseau. Les centrales PV sont de plus en plus puissantes (plus de 100 MWc en 2012) [15].



Figure II.1: un exemple d'un champ photovoltaïque

II.2.2. Le rendement et puissance crête de champ photovoltaïque:

Le rendement d'un module ou champ photovoltaïque est le rapport entre l'énergie électrique produite par cette cellule ou module et l'énergie lumineuse reçue sur la surface correspondante :

$$\eta [\%] = P \text{ produite [kW]} / P \text{ incidente [kW]}$$

Le rendement réel varie donc continuellement, en fonction notamment de l'énergie solaire incidente.

Pour permettre une comparaison de l'efficacité de différentes cellules, on définit ces caractéristiques dans des conditions de test bien précises (STC = Standard Test Conditions). Ces conditions sont : émission lumineuse de 1 000 W/m², température de 25 °C, conditions spectrales Air Mass 1.5 (composition du spectre identique au spectre solaire lorsqu'il traverse une épaisseur et demie d'atmosphère, ce qui correspond à un angle d'incidence de 41.8° par rapport à l'horizontale).

La puissance crête est définie comme la puissance électrique produite par la cellule (ou un panneau) lorsqu'elle est soumise aux conditions STC. Cette valeur est utilisée comme référence pour comparer les panneaux photovoltaïques entre eux. [16]

On obtient alors le rendement par la formule suivante :

$$\eta_{STC} [\%] = \text{Puissance crête [W/m}^2\text{]}^* / \text{Puissance du spectre STC [W/m}^2\text{]}$$

Avec : Puissance du spectre STC = 1 000 [W/m²]. [16]

II.2.2.1. Influence d'éclairement:

L'éclairement correspond à l'intensité lumineuse captée par le module photovoltaïque, son unité de mesure est [W/m²]. il varie au cours de la journée entre 0W/m² (en la nuit) et 1 000 W/m² (valeur maximum), en fonction de la saison. L'éclairement a une nette incidence sur la valeur d'I_{cc} et très peu d'incidence sur la tension à vide V_{co}. [17]

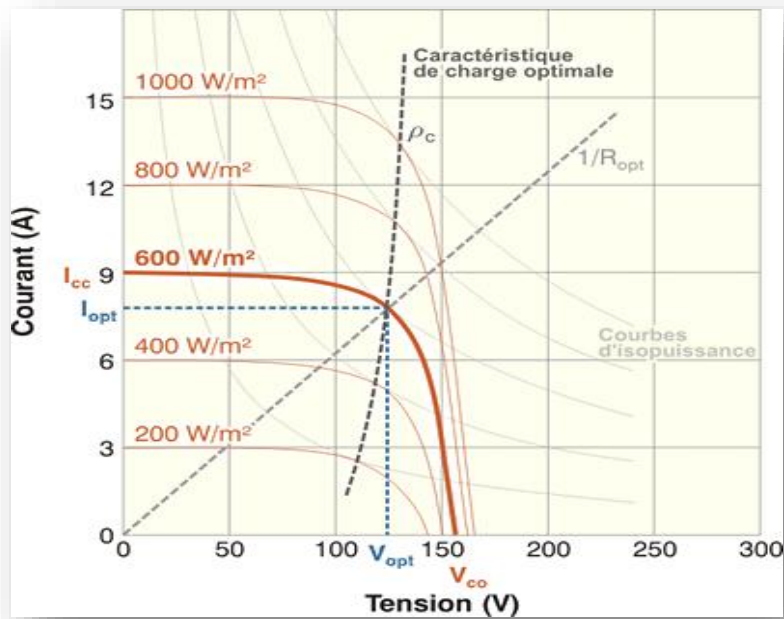


Figure II.2 : Caractéristique courant-tension pour différentes valeurs du rayonnement

II.3. L'hacheur:

On appelle un hacheur tout un montage utilisant des thyristors ou des transistors qui permet de couper ou de rétablir le courant ou la tension continue à des instants prévus d'avance, dans certaines installations il est nécessaire de convertir une tension continue fixe ou une tension continue variable.

L'hacheur assure cette fonction, et peut être considéré comme un transformateur continu élévateur (survolteur), abaisseur (dévolteur) ou élévateur-abaisseur (buck-boost).

Pendant le fonctionnement du hacheur, le transistor sera commuté à une fréquence constante f avec un temps de fermeture égal à αT_s et un temps d'ouverture égal à $(1-\alpha) T_s$, où :

- T_s est la période de commutation qui est égale à $1/f$
- α représente le rapport cyclique du commutateur $0 < \alpha < 1$

II.3.1. Types d'hacheur:

II.3.1.1. Hacheur survolteur:

Ce type est utilisé afin d'élever et de régler la tension, c.à.d. la tension moyenne de sortie est supérieure à la tension moyenne d'entrée. Il demande dans sa structure un interrupteur à

amorçage et blocage commandé (bipolaire, MOSFET, IGBT,...) et une diode (amorçage et blocage spontanés). [18]

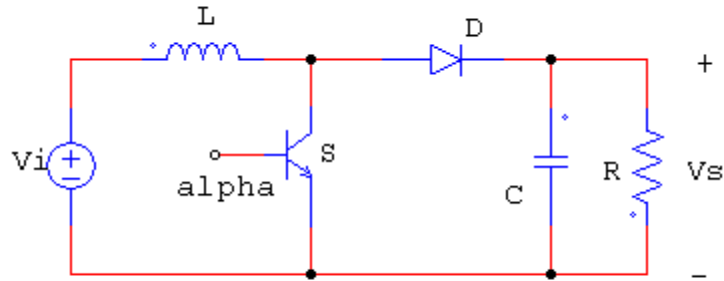


Figure II.3: schéma de principe d'hacheur survolteur

L'inductance L permet de lisser le courant appliqué par la source. La capacité C permet de limiter l'ondulation de la tension en sortie.

- **Fonctionnement:**

Son principe de fonctionnement est basé sur la position du commutateur S ouvert/fermé, lorsque ce dernier est fermé, pendant la durée de 0 à $\alpha.T_s$, la source et la charge ne sont pas en contact durant cette phase. Alors La diode est bloquée. Et lorsque le commutateur se bascule en ouverture pendant la durée de $\alpha.T_s$ à T_s , la diode devient passante, c.-à-d. la source et la charge sont reliées. [18]

II.3.1.2. Hacheur dévolteur:

Ce nom est lie au fait que la tension moyenne de sortie est inférieure à blocage commandé (transistor bipolaire, MOS ou IGBT...) et un interrupteur à blocage et amorçage spontané (diode).

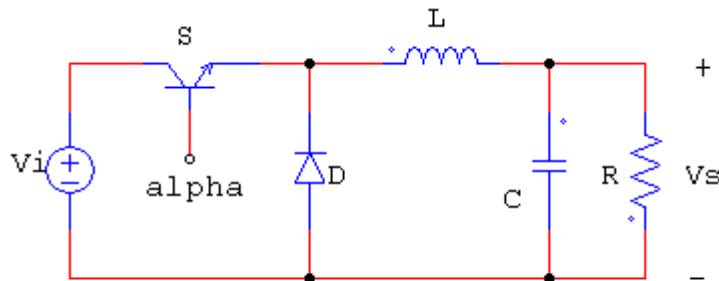


Figure II.4: schéma de principe d'hacheur dévolteur

La charge R, et les éléments L et C forment un filtre dont le but est de limiter l'ondulation résultante. Du découpage sur la tension et le courant de sortie. Si ces éléments sont correctement calculés. L'ensemble (filtre + charge) peut être composé différemment, mais nous raisonnerons sur cet exemple par la suite.[18]

- **Fonctionnement:**

Le cycle de fonctionnement, de période de hachage T_s ($T_s=1/f_s$), comporte deux étapes. Lors de la première, on rend le transistor passant, la diode se bloque car elle sera polarisée en inverse. Cette phase dure de 0 à αT_s , avec α compris entre 0 et 1. α Est appelé rapport cyclique. Lors de la seconde, on bloque le transistor. La diode devient passante. Cette phase dure de αT_s à T_s .

II.3.1.3. Hacheur buck boost:

Le convertisseur buck- boost (élévateur- abaisseur) combine les propriétés des deux convertisseurs précédents, il est utilisé comme un transformateur idéal de n'importe quelle tension d'entrée pour n'importe quelle tension de sortie désirée.[18]

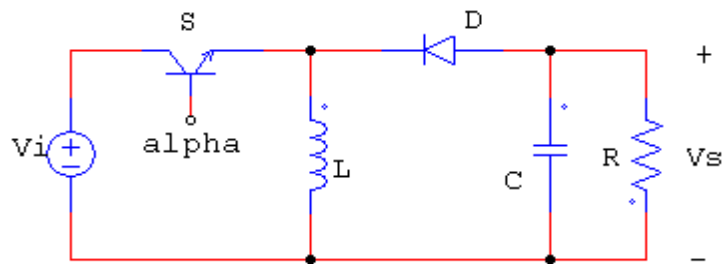


Figure II.5: schéma de principe d'hacheur buck- boost

Fonctionnement:

Lors de la première partie du cycle de fonctionnement de 0 à αT_s , l'interrupteur commandé est fermé (passant). La diode est ouverte et l'inductance stocke l'énergie fournie par le générateur d'entrée.

Lors de la seconde partie du cycle, αT_s à T_s , on ouvre l'interrupteur commandé et la diode devient passante l'inductance restitue son énergie à la charge.

Il faut noter que le sens de la tension de sortie est inverse par rapport à la tension de sortie est entrée (contrairement aux deux convertisseurs précédents).

II.3.2. Commande MPPT:

Le générateur photovoltaïque est générateur non linéaire, en conséquence, sa puissance délivrée sera différent selon la charge afin de même éclairement. Une commande MPPT permet suivre le point de puissance maximale. Ce type de commande est souvent nommé dans la littérature « Maximum Power Point Tracking » c.à.d. la recherche de point de puissance maximum, Le principe de ces commandes est d'effectuer une recherche du PPM tout en assurant une parfaite adaptation entre le générateur et le convertisseur statique (hacheur) reliant la charge de façon à transférer le maximum de puissance. [19]

II.3.2.1. Poursuit du point de la puissance maximale:

La poursuite du point maximum de la puissance (MPPT) est une partie essentielle dans les systèmes photovoltaïque. Plusieurs techniques sont développées depuis 1968 dates de publication de la première loi de commande de ce type adaptées à une source d'énergie renouvelable de type PV. Ces techniques se différent entre eux par leur complexité, nombre de capteurs requis, la vitesse de convergence, coût, rendement et domaine d'application. [20]

II.3.2.2. Principe MPPT:

Par définition, une commande MPPT, associée à un étage intermédiaire d'adaptation, permet de faire fonctionner un générateur PV de façon à produire en permanence le maximum de sa puissance. Ainsi, quels que soient les conditions météorologiques (température et l'éclairement), la commande du convertisseur place le système au point de fonctionnement maximum. [21]

L'adaptation d'impédance est souvent sous forme d'un convertisseur DC – DC comme le représenté sur la figure II.5

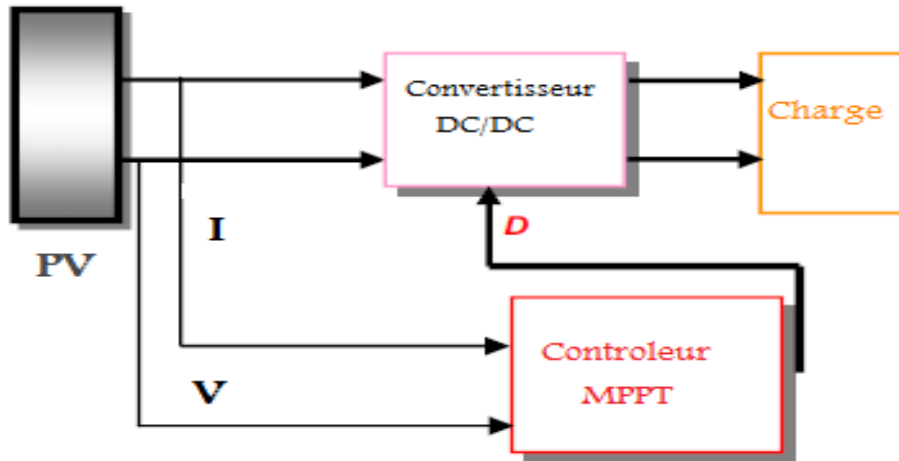


Figure II.6: Chaîne de conversion d'énergie solaire comprenant une commande MPPT.

La figure 2.5 illustre trois cas de perturbations. Suivant le type de perturbation, le point de fonctionnement bascule du point de puissance maximal PPM1 vers un nouveau point P1 de fonctionnement plus ou moins éloigné de l'optimum. Pour une variation d'ensoleillement (cas a), il suffit de réajuster la valeur du rapport cyclique pour converger vers le nouveau point de puissance maximum PPM2. Pour une variation de charge (cas b), on peut également constater une modification du point de fonctionnement qui peut retrouver une nouvelle position optimale grâce à l'action d'une commande. Dans une moindre mesure, un dernier cas de variation de point de fonctionnement peut se produire lié aux variations de température de fonctionnement du GPV (cas c). Bien qu'il faille également agir au niveau de la commande, cette dernière n'a pas les mêmes contraintes temporelles que les deux cas précédents. En résumé, le suivi du PPM est réalisé au moyen d'une commande spécifique nommée MPPT qui agit essentiellement sur le rapport cyclique du convertisseur statique (CS) pour rechercher et atteindre le PPM du GPV. [19]

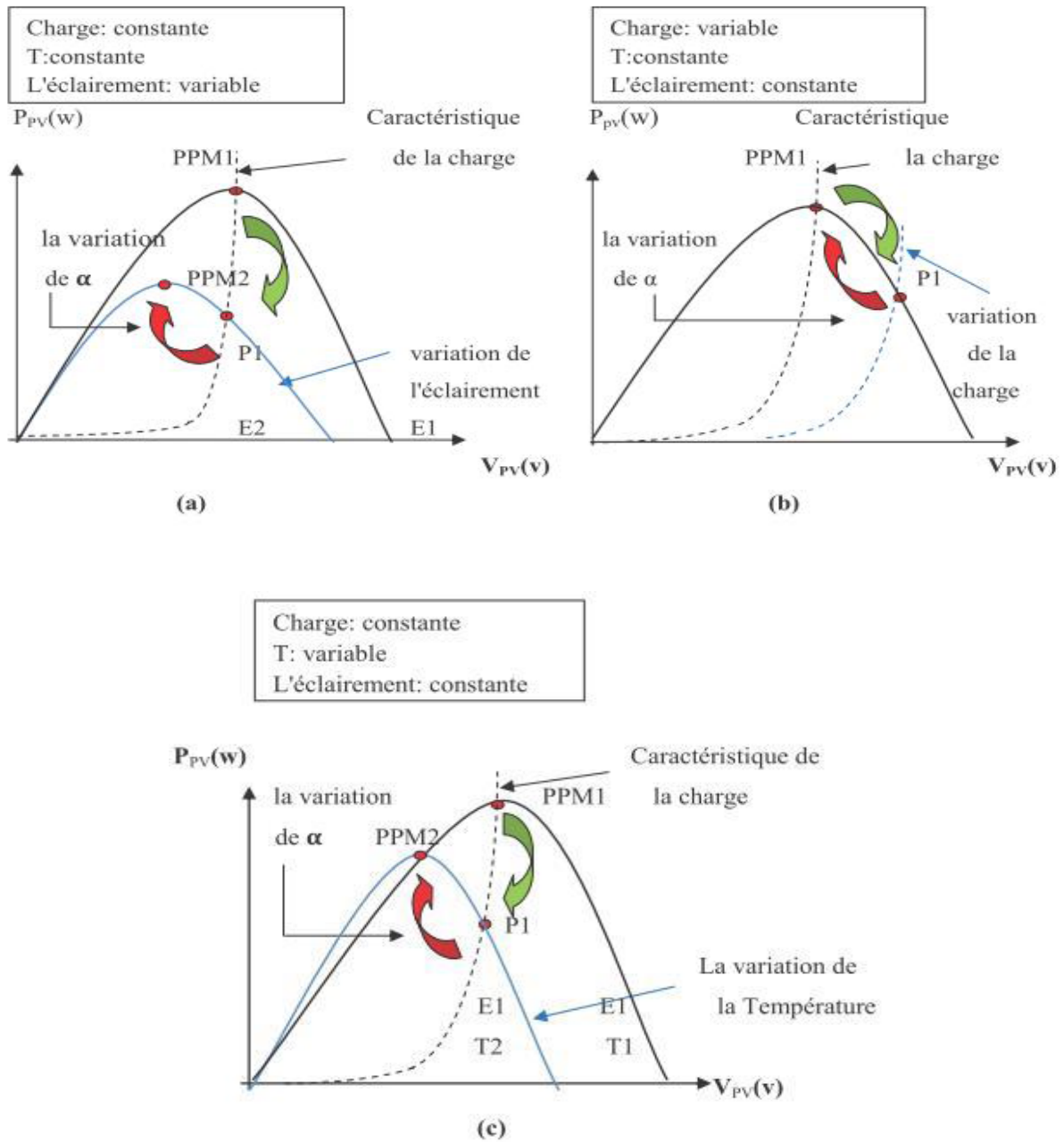


Figure II.7 : Recherche et recouvrement du Point de Puissance Maximal

- a) suite à une variation d'ensoleillement,
- b) suite à une variation de charge,
- c) suite à une variation de température.

II.3.2.2.1. Méthode perturbation et observation (P&O):

La méthode perturbation et observation 'P&O', est la plus répandue dans le milieu industriel, car son algorithme est facile à implémenter. Ce processus fonctionne par une perturbation du système en augmentant ou en diminuant la tension de fonctionnement du module et observer son effet sur la puissance de sortie de la rangée. La figure 6 montre l'organigramme de l'algorithme de la méthode 'P&O', tel qu'il doit être implémenté dans le microprocesseur de contrôle. D'après la figure 6, la tension et le courant V et I , sont mesurés pour calculer la puissance de sortie courante $P(k)$ de la rangée. Cette valeur $P(k)$ est comparée à la valeur $P(k-1)$ de la dernière mesure. Si la puissance de sortie a augmenté, la perturbation continuera dans la même direction. Si la puissance a diminué depuis la dernière mesure, la perturbation de la tension de sortie sera renversée en direction opposée du dernier cycle. [22. 23]

- Avec cet algorithme, la tension de fonctionnement V est perturbée à chaque cycle du MPPT. Dès que le MPP sera atteint, V oscillera autour de la tension idéale V_{mp} de fonctionnement. Ceci cause une perte de puissance qui dépend de la largeur C_p d'une perturbation simple C_p .
- Si C_p est grande, l'algorithme du MPPT répondra rapidement aux changements soudains des conditions de fonctionnement, mais les pertes seront accrues dans les conditions stables ou légèrement changeantes.
- Si C_p est très petite, les pertes dans les conditions stables ou lentement changeantes seront réduites, mais le système ne pourra plus suivre les changements rapides de la température ou de l'insolation.

La valeur C_p idéale dépend du système. Elle doit être déterminée expérimentalement.

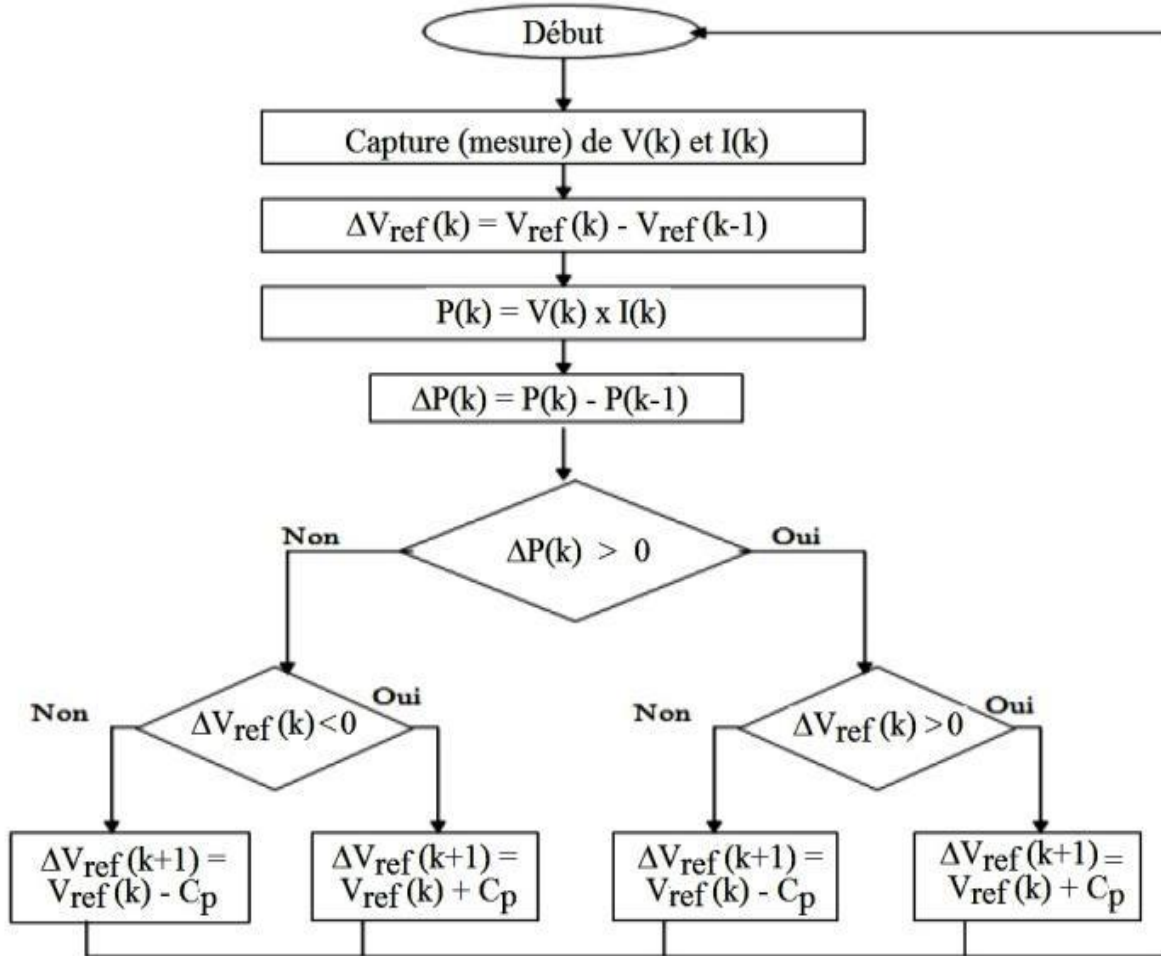


Figure II.8: Organigramme de l’algorithme MPPT de la perturbation & observation

II.4. Onduleur triphasé :

Un onduleur est un dispositif électrique statique servant à convertir le courant continu produit par le générateur PV en courant alternatif (signal carré ou sinusoïdal) avec la fréquence souhaitée.

La connexion entre le bus à CC et le bus à CA est réalisée à l'aide d'un onduleur triphasé bidirectionnel cette section présente le modèle de la partie puissance et la stratégie de commande choisie pour l'onduleur. [24]

Pour assurer la continuité des courants de sortie alternatif i_a , i_b , i_c , les interrupteurs K_A , K'_A et K_B , K'_B , K_C et K'_C doivent être complémentaires deux à deux.

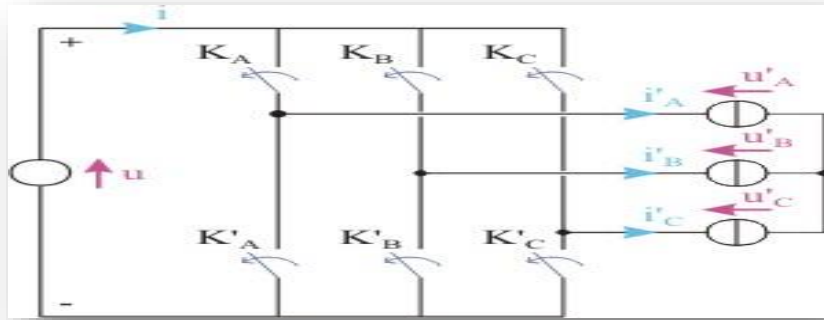


Figure II.9: schéma électrique d'onduleur

Chacune interrupteur bidirectionnel remplace une paire transistor diode .

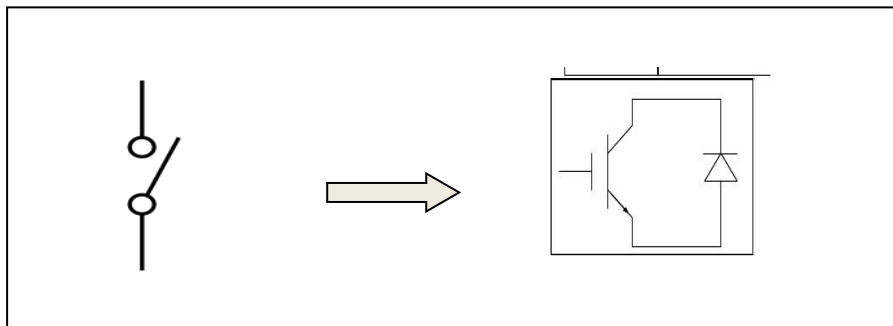


Figure II.10: Interrupteur bidirectionnel équivalent de la paire diode-transistor

II.4.1. Commande d'onduleur:

Les onduleurs connectés au réseau peuvent se distinguer par leurs caractéristiques, leurs propriétés et leurs performances. De manière générale, ils peuvent être classés comme suit :

- Leur architecture : monophasée ou triphasée.
- Leur principe de fonctionnement en commutation : onduleurs auto-commutés et commutés par le réseau.

Les onduleurs commutés par le réseau utilisent comme composants internes de commutation des semi-conducteurs qui sont contrôlés par le réseau (figure II.7).

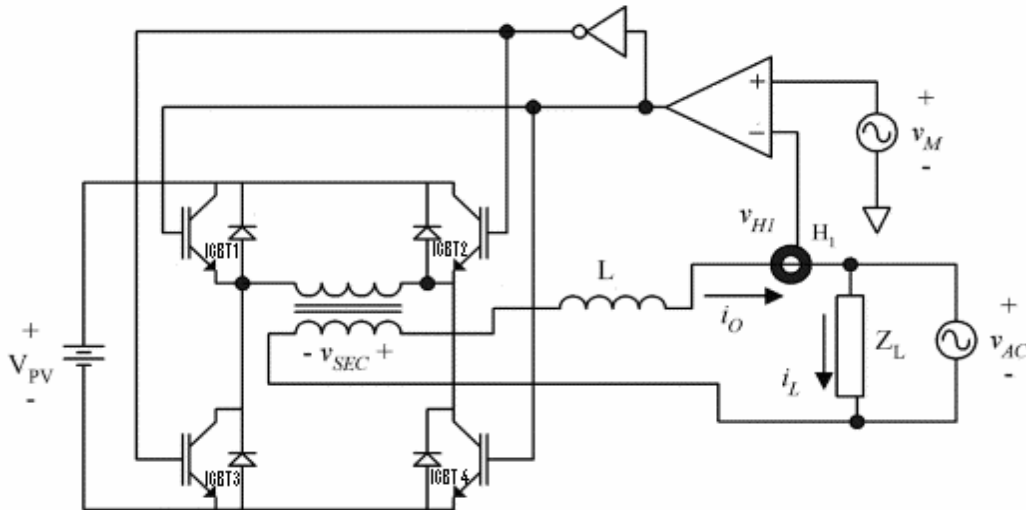


Figure II.11: Principe de commande des onduleurs connectés au réseau

Le but de la commande de l'onduleur est de permettre la production d'une tension ou d'un courant alternatif, à travers les ordres de commande appliqués aux drivers interrupteurs de puissance. Les deux principales familles de commande des convertisseurs statiques sont :

- La commande par hystérésis,
- La commande par modulation de largeur d'impulsion (MLI).

II.4.1.1. Commande par hystérésis:

La commande par hystérésis, appelée aussi commande en tout ou rien, est une commande non linéaire qui utilise l'erreur existant entre le courant de référence et le courant produit par l'onduleur. L'erreur est comparée à un gabarit appelé bande d'hystérésis. Dès que l'erreur atteint la limite inférieure ou supérieure, un ordre de commande est transmis de manière à rester à l'intérieur de la bande. La simplicité de la mise en œuvre est le principal atout de cette technique. En revanche, les commutations évoluant librement à l'intérieur de bande d'hystérésis, ne permettent pas de maîtriser correctement le spectre haute fréquence dû aux fréquences de commutations.

Afin de résoudre ce problème de la maîtrise des fréquences de commutation et de sa répercussion sur les interrupteurs, une autre stratégie de commande peut être proposée à savoir la commande par hystérésis modulée. Mais dans cette stratégie de commande, il est difficile de définir la largeur de la bande de l'hystérésis. De plus, le fonctionnement avec une

fréquence de commutation toujours fixe nous empêche de conserver l'avantage d'une rapidité illimitée obtenue par la commande par hystérésis. [25]

II.4.1.2. Commande par modulation de largeur d'impulsion (MLI):

La commande par MLI consiste à découper la tension de sortie générée par le convertisseur en une série de motifs élémentaires de période très faible, et de rapport cyclique variable dans le temps. L'évolution temporelle du rapport cyclique de chaque interrupteur est alors déterminée par un signal modulant que l'on choisit en général sinusoïdal. Les ordres de commande de chaque cellule sont générés par l'intersection entre une porteuse triangulaire et le signal modulant. Selon la stratégie adoptée, ce dernier peut être échantillonné en synchronisme avec la porteuse triangulaire, ou comparé directement à celle-ci. Chaque interrupteur commute à une fréquence imposée par celle de la porteuse. [25]

Dans cette partie, on analyse trois stratégies de modulation à MLI sinusoïdale: classique, à double triangle et modifiée. Il s'agit de déterminer, pour un onduleur triphasé à trois niveaux de type NPC, le signal de commande généré par chacune des trois techniques. Cette méthode de commande permet:

- De repousser vers des fréquences élevées les harmoniques de la tension de sortie.
- De faire varier la valeur du fondamental de la tension de sortie.

II .5. Filtre passif:

Le filtre L élimine les harmoniques de découpage presque parfaitement et son comportement est quasiment idéal, lorsqu'on travaille à vide (courant de sortie nul) avec des signaux de fréquences voisines de la fréquence fondamentale. Pour pouvoir connecter l'onduleur de tension en parallèle avec le réseau et rendre son comportement similaire à une source de courant, il est nécessaire d'utiliser un filtre de raccordement de la nature inductive (L ou LCL). La fonction de ce filtre permet d'une part de convertir le compensateur en un dipôle de courant du point de vue du réseau, et d'autre part de réduire la dynamique du courant de façon à le rendre plus facile à contrôler. Le filtre de type (L) permet de diminuer les harmoniques autour de la fréquence de commutation. Pour obtenir cela, la valeur de cette inductance doit être relativement élevée. [26]

II.6. conclusion:

Nous avons présenté dans ce présent chapitre les différentes notions qui entrent dans la constitution d'un système solaire photovoltaïque. Aussi que les principes de fonctionnement de chaque élément, et leurs régulateurs (commande d'hacheur et commande d'onduleur). Ce qui permet d'introduire a les résultats de simulation de ce système, chose qu'on va présenter dans le chapitre III.

III.1. Introduction:

Ce chapitre, c'est le parti pratique de notre travail. Qui consiste à simuler un système PV et discuter les résultats de cette simulation. Ce système compose de deux champs PV en parallèle de moyenne puissance (200 KW), sont relié à un réseau de 25KV, fonctionnant en régime continu dans des conditions déférentes (l'éclairement est varié avec le temps) indépendamment des conditions météorologiques (la température).

III.2. Présentation du logiciel de simulation utilisé matLab simulink:

MatLab Simulink est un logiciel de modélisation système multi physique édité par l'entreprise américaine The Math Works.

Ce logiciel est une plate-forme de simulation multi-domaine et de modélisation de systèmes dynamiques. Il fournit un environnement graphique et un ensemble de bibliothèques contenant des blocs de modélisation qui permettent le design précis, la simulation, l'implémentation et le contrôle de systèmes de communications et de traitement du signal. Simulink est intégré à MatLab, fournissant ainsi un accès immédiat aux nombreux outils de développement algorithmique, de visualisation et d'analyse de données de MATHLAB

Deux démos illustrent l'utilisation de Sim Power Systems pour modéliser un générateur photovoltaïque raccordé à un réseau électrique.

III.3. Le système proposé:

La figure III.1 donne la structure générale du système de connexion, lequel se présente sous la forme de deux blocs : la partie puissance et la partie commande. [26]

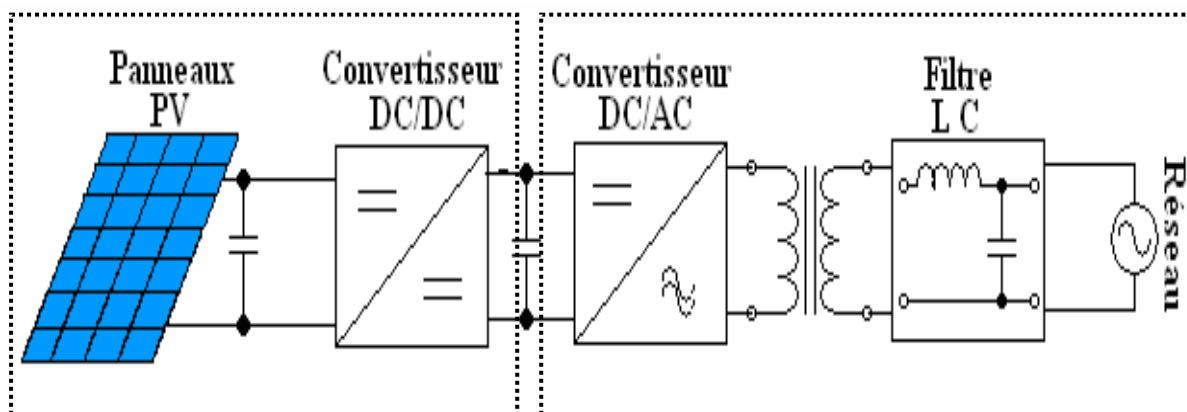


Figure III.1.a: Schéma fonctionnel de la maquette de système PV

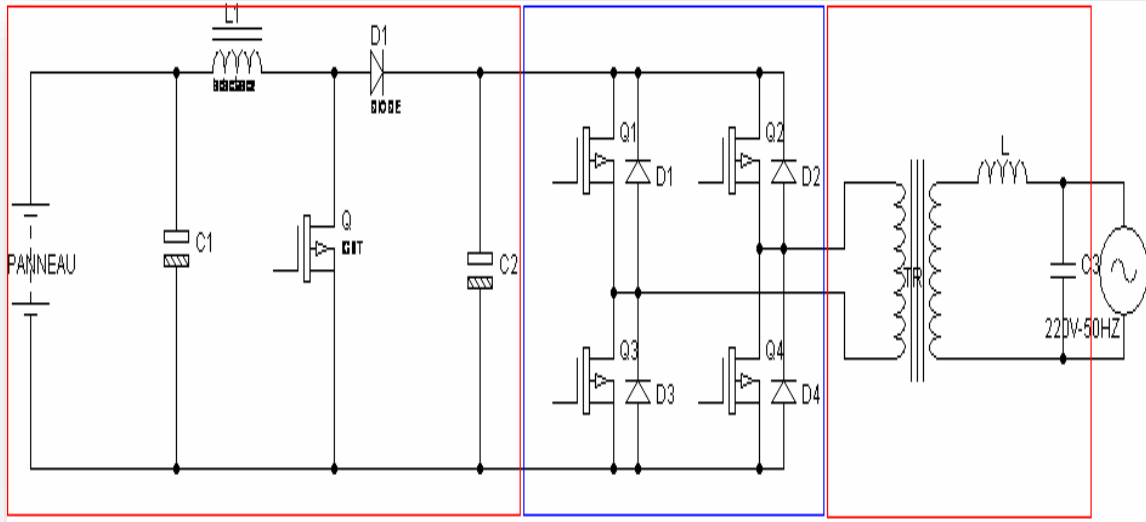


Figure III.1-b: Schéma électrique global de la maquette de système PV

III.4. Simulation du système photovoltaïque proposé:

C'est un modèle implanté sur MatLab-Simulink. Il comporte deux champs photovoltaïques en parallèles de 200 kW sont reliées à un réseau de 25 kV par l'intermédiaire de deux hacheurs élévateurs de tension (DC-DC) et d'un onduleur DC-AC triphasé à trois niveaux. Le contrôle du MPPT est basé sur la technique perturbation & observation.

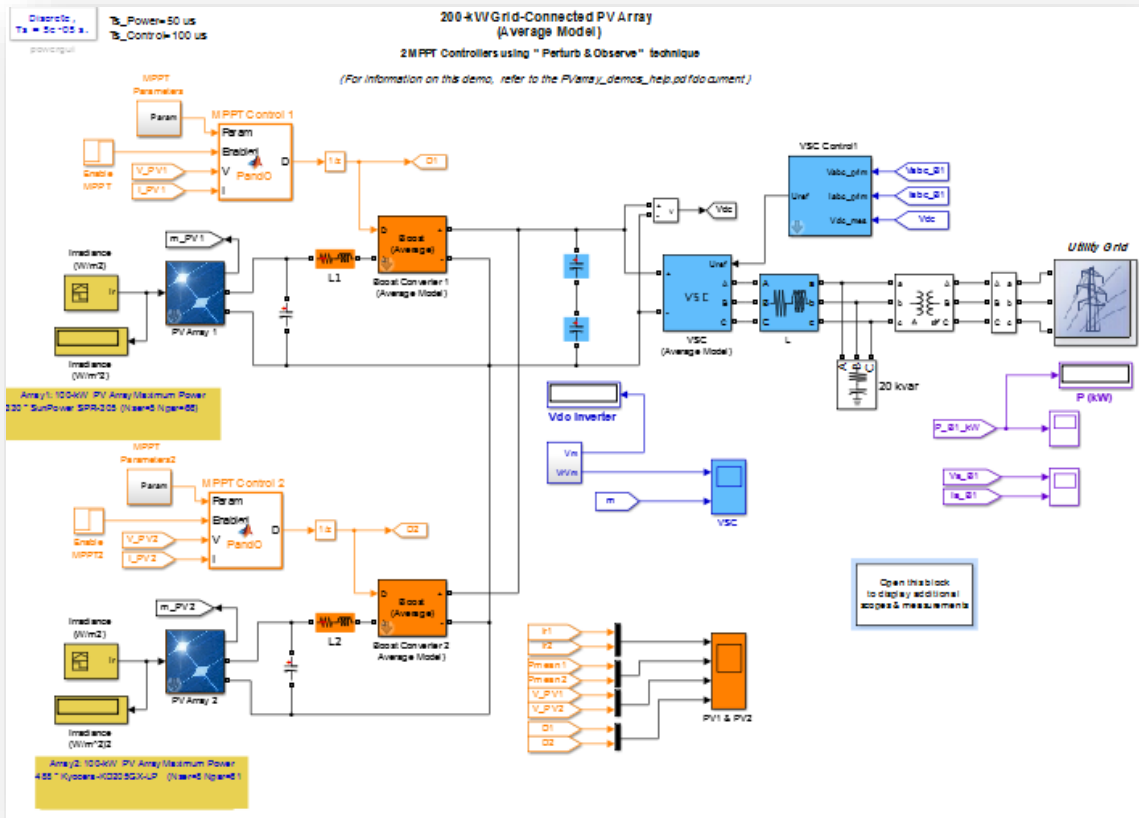


Figure III.2 : schéma bloc d'un model photovoltaïque

D'après les figures ci-dessous, on remarque ce qui suit:

De $t = 0$ s à $t = 0,3$ s : les générateurs PV fonctionnent aux conditions météorologique standard ($T = 25^\circ$ et $G = 1000 \text{ w/m}^2$), et on remarque :

Figure III.3 (Rapport cyclique) : les rapports cycliques du hacheur sont fixés : $D1 = 0.5$ et $D2 = 0.6$.

Figure III.4(Puissances) : la puissance à la sortie du deux générateurs photovoltaïque est de $P_{\text{mean_PV1}} = 96 \text{ kW}$, $P_{\text{mean_PV2}} = 98 \text{ kW}$ tandis que, la puissance maximale avec un éclairment W/m^2 1000 est de 100,7 kW pour le champ PV₁ et 100 kW pour l'autre.

Figure III.2 (V_{pv1} et 2) : les rapports cycliques sont fixés et donc les tensions aux bornes des champs sont aussi fixées. Le calcul ce ces tensions est le suivant :

$$V_{\text{pv1}} = (1-D1)*V_{\text{dc}} = (1-0.5)*500 = 250 \text{ V} \quad (3.1)$$

$$V_{\text{pv2}} = (1-D2)*V_{\text{dc}} = (1-0.6)*500 = 200 \text{ V} \quad (3.2)$$

Ce qui est en concordance avec les courbes obtenues.

De $t = 0.3$ s à $t = 0.7$ s : à l'instant $t = 0.3$ s, les systèmes MPPT1 et MPPT2 sont activés simultanément. Le système MPPT commence la régulation de la tension PV par la variation du rapport cyclique afin d'extraire la puissance maximale. Dans cette période l'éclairement est fixé à sa valeur maximale 1000 W/m^2 et on remarque :

Figure III.3 (Rapport cyclique): les rapports cycliques changent ($0.42 < D1 = 0.45 < 0.52$ et $0.5 < D2 = 0.58 < 0.7$).

Figure III.4(Puissances) : les puissances fournies par les champs PV sont toute les deux égal à 100 kW ; puissances optimales pour un éclairement de 1000 W/m^2 .

Figure III.2 (V_{pv1} et 2) : Le calcul des tensions est le suivant :

$$V_{pv1} = (1 - D1) * V_{dc} = (1 - 0.45) * 500 = 275 \text{ V} \quad (3.3)$$

$$V_{pv2} = (1 - D2) * V_{dc} = (1 - 0.58) * 500 = 210 \text{ V} \quad (3.4)$$

Ce qui est en concordance avec les courbes obtenues.

III.4.1.Simulation de générateur PV:

La simulation de GPV nous donne les résultats suivants:

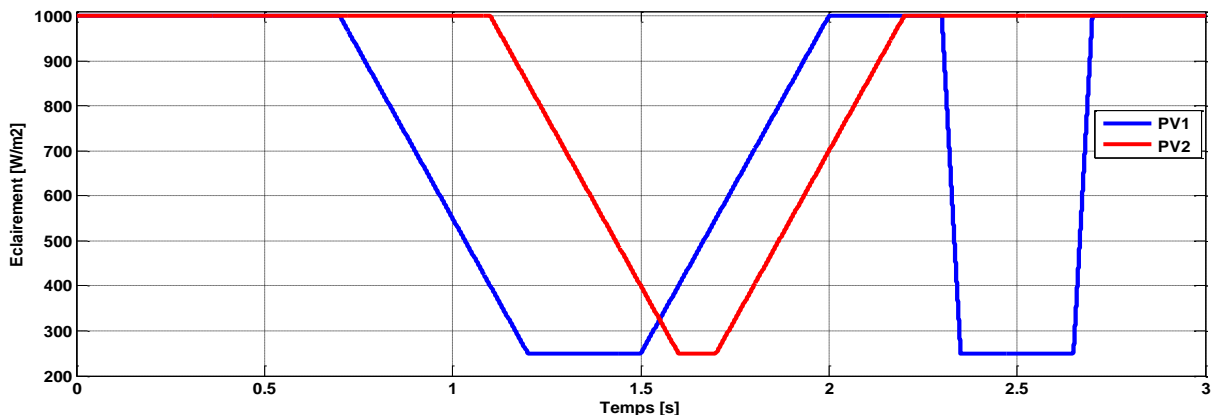


Figure III.3: variation des éclairnements

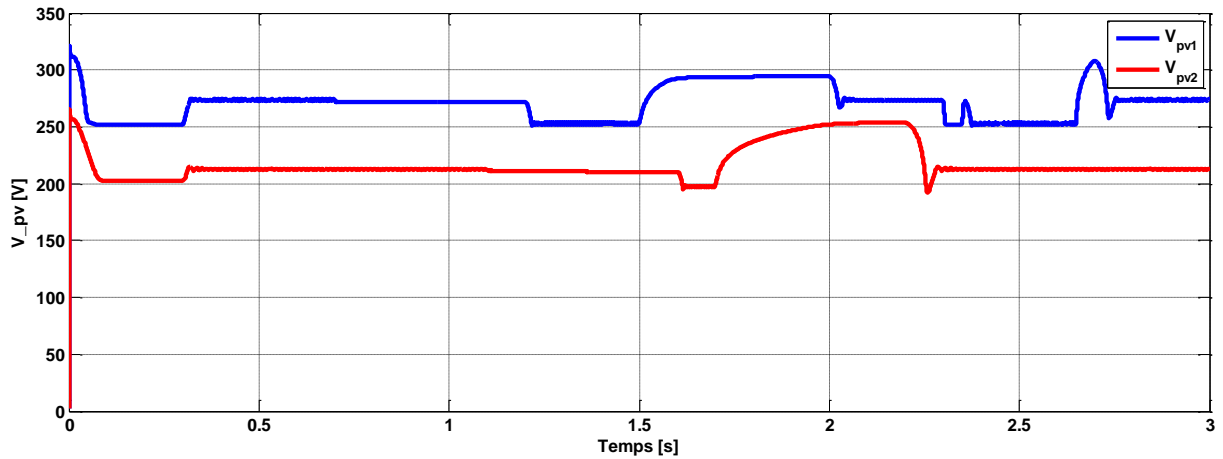


Figure III.4: variation des tensions aux bornes des deux champs photovoltaïques

D'après la courbe de la figure III.5 on remarque que la forme des puissances optimales suit la forme des éclaircements ; en diminuant l'éclairement la puissance optimale diminue aussi de la même manière, lors de l'augmentation de l'éclairement la puissance optimale n'est pas confondue avec l'éclairement.

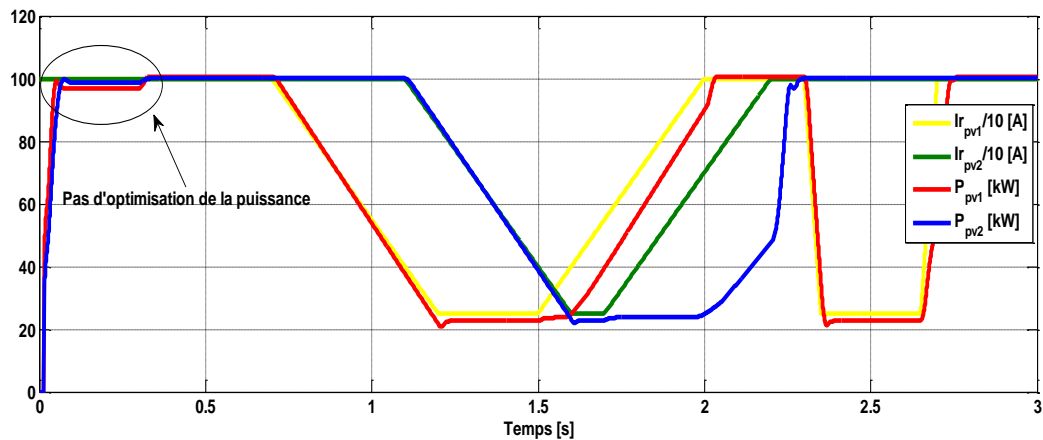


Figure III.5: variation des puissances des champs photovoltaïques et de leurs éclaircements

III.4.2. Simulation du hacheur:

Le schéma de simulation du convertisseur DC/DC en matLab simuLank est présenté sur la figure III.6

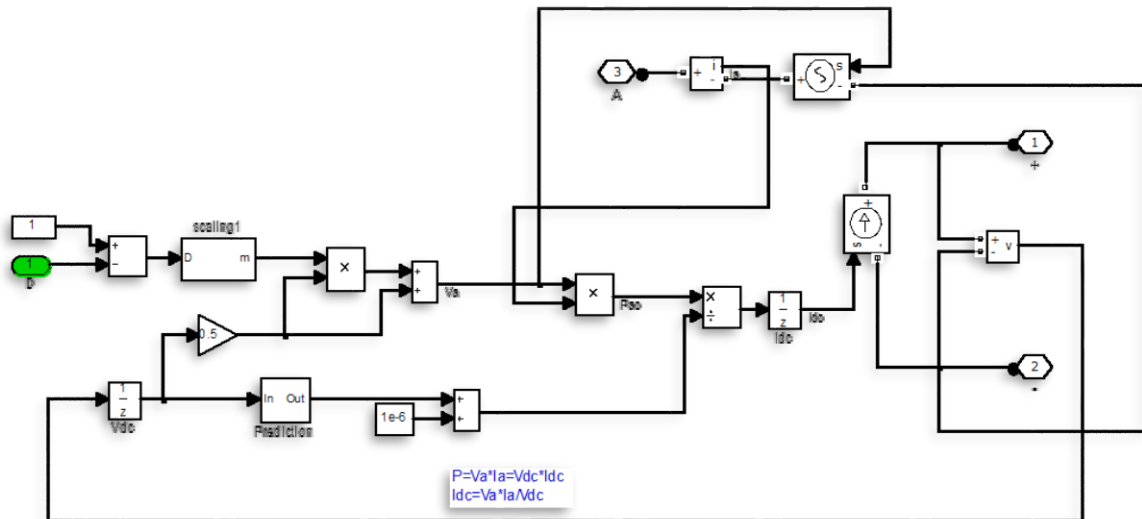


Figure III.6: schéma bloc d'hacheur

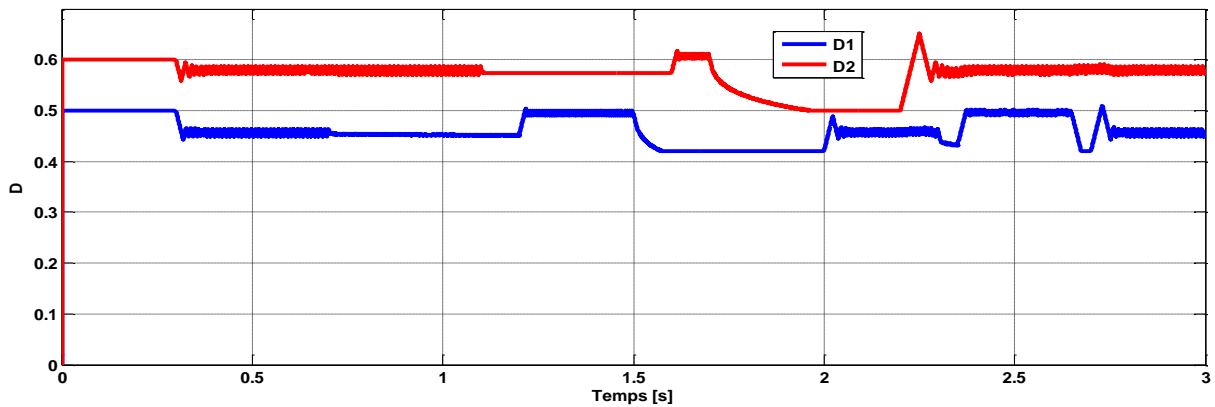


Figure III.7:variation des rapports cycliques des deux hacheurs

La figure III.7 représenté la variation de les rapports cyclique de les deux hacheurs α_1 et α_2 à fonction de tempe.

III.4.3. Simulation d'onduleur:

La figure suivante représente la simulation d'une commande d'onduleur.

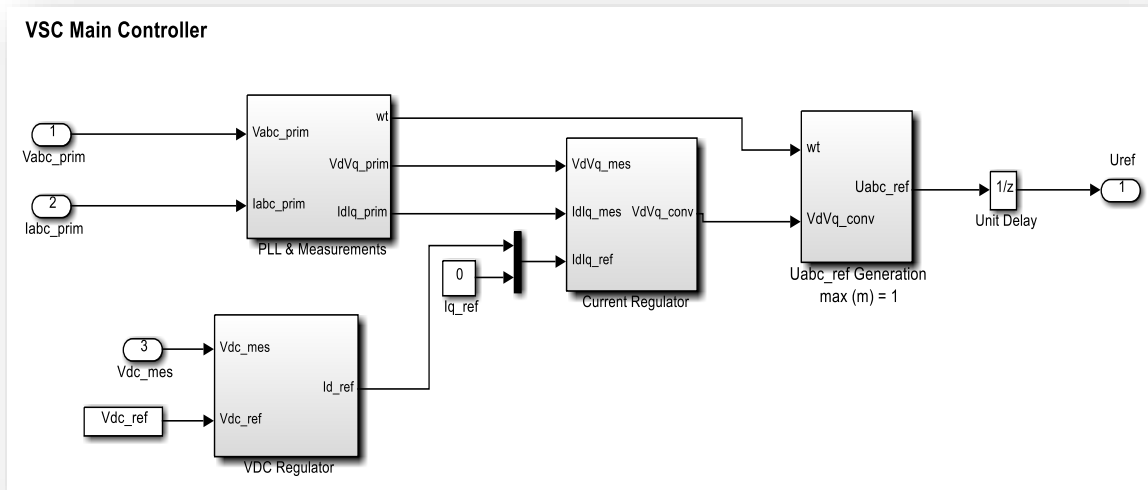


Figure III.8: schéma bloc d'une commande d'onduleur

On remarque d'après la figure III.9 que le système de régulation de la tension fonctionne et la tension (continue) suit sa consigne après passage par des régimes transitoires insignifiants sauf au démarrage; la tension de bus continu est gardée à 500 V.

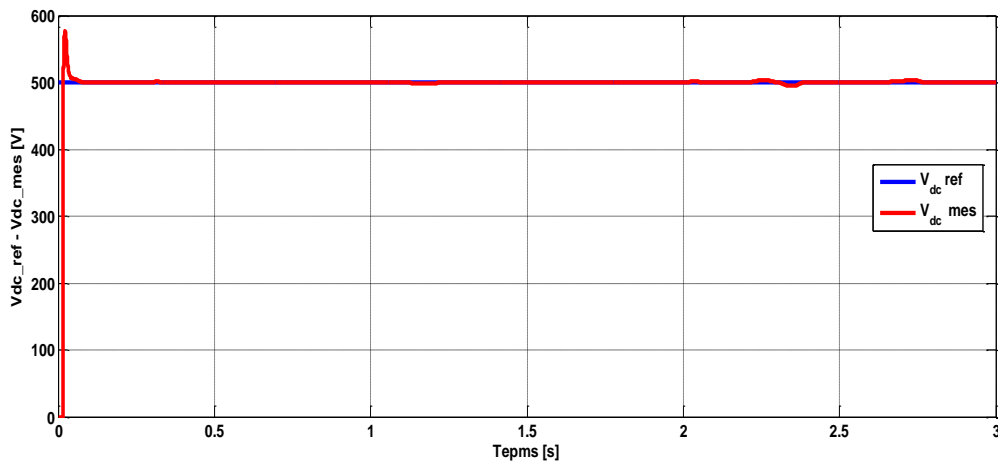


Figure III.9 : variation de la tension aux bornes des capacités de l'onduleur

III.5.la tension et le courant du réseau:

D'après la figure ci-dessous, les tensions générées par le système photovoltaïque ne présentent pas ni régime transitoire ni harmoniques.

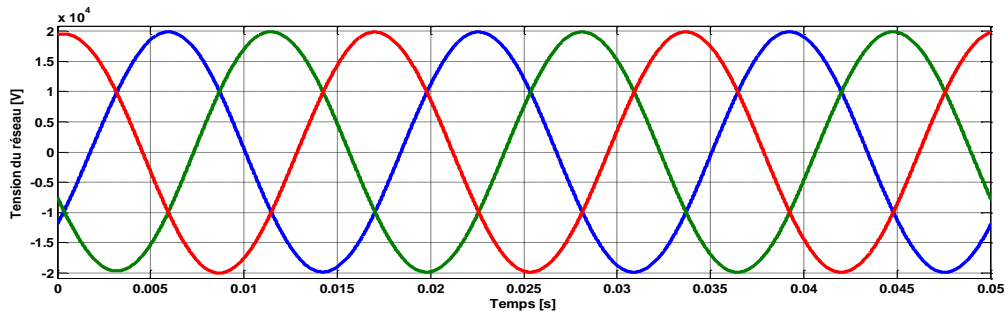


Figure III.10: variation des tensions du réseau

La figure ci-dessous représente les courants du réseau générés par le système photovoltaïque, après un régime transitoire les courants prennent leur forme normale, on remarque qu'il ne y a pas des harmoniques.

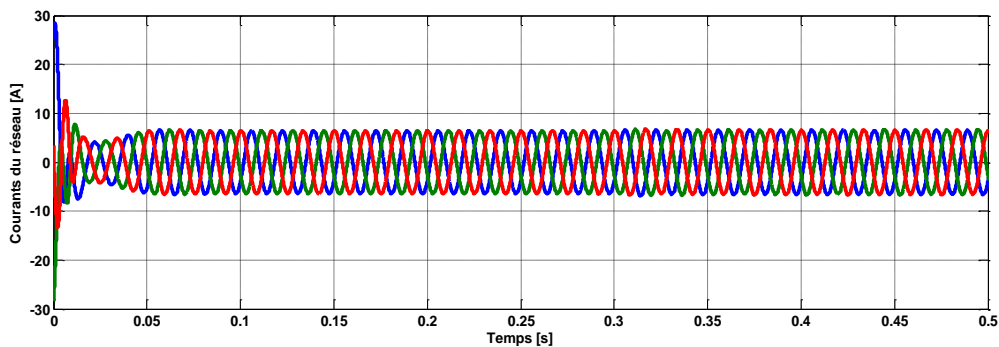


Figure III.11: variation des courants du réseau

III.6. Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons présenté la simulation d'un système PV avec MPPT et on conclue que un système de conversion d'énergie, constitué par deux panneaux PV en parallèle, et chacun de lui relié avec un convertisseur DC-DC et un suiveur du point de puissance maximale (MPPT) par la méthode de Perturbe et observe conduit à un fonctionnement optimal du système. La recherche du point de puissance maximale est fait d'une manière stable et robuste, les résultats obtenus en variant d'une manière automatique le rapport cyclique du signal qui commande les interrupteurs des convertisseurs d'énergie le système converge vers les conditions optimales indépendamment des conditions météorologiques ces résultats, forts intéressants, montrent que l'utilisation de la commande

MPPT permet d'améliorer d'une manière considérable le rendement des installations photovoltaïques.

Conclusion générale

Dans ce travail, il s'agit de modéliser, de simuler système photovoltaïque qui composé d'un générateur photovoltaïque associé à un convertisseur DC-DC (hacheur) contrôlé par MPPT, relié avec un réseau électrique à travers d'un convertisseur DC-AC (onduleur). Pour ce faire, nous avons commencé par une généralité sur l'énergie solaire jusqu'à l'atteindre l'énergie solaire photovoltaïque, suivie de l'étude de les éléments composant d'une modèle PV en se basant sur la commande de MPPT. Finalement, l'objectif était la simulation du fonctionnement du générateur et l'étude de l'influence de la température et le rayonnement sur sa caractéristique courant-tension et la puissance de GPV.

A l'issue des simulations effectuées, nous avons constaté une forte dépendance des performances du module photovoltaïque en fonction des conditions climatiques, particulièrement les rayonnements solaire et la température du module.

Dans l'objectif d'appliquer les réseaux de neurones artificiels pour la détection des défauts du générateur photovoltaïque, cela a été réalisé grâce à un logiciel utilisant MATLAB comme d'un logiciel de simulation, pour résulter d'un meilleur rendement de puissance.

Références

- [1] site internet: http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_solaire 28.04.2015 - *colorado-guide.com*.
- [2] A. Gama (2008). *Etude et réalisation d'un banc d'essai hybride photovoltaïque thermodynamique*. Mémoire de magistère. Ecole national polytechnique 10. Alger, p.4,5
- [3] [3] site internet: http://fr.wikipedia.org/wiki/Rayonnement_solaire 13.05.2015
- [4] A. Ferrai (2008). *Dimensionnement des infrastructures utilisant diverses sources énergétiques renouvelables potentielles pour l'alimentation électrique d'un village*. mémoire de magistère. Ecole national polytechnique. Alger, p.8
- [5] S. ameziane (2009). *implantation expérimental de l' MPPT pour un système de génération hybride solaire- Eolien*, mémoire de magistère, université de Batna, p.14,p.17.
- [6] I. Blade Elhaja, H. Cherif, A. Ben Amer, S. Laiche, K. Slimani (2008/2009). *Energie renouvelable photovoltaïque*, mini projet, Centre universitaire d'EL OUED, p.5.
- [7] B. flèche, D. Delagne (juin 2007). *Energie solaire photovoltaïque*, doc, p.5, p.6
- [8] M. Belhadj (2008). *Modalisation d'un système de captage de photovoltaïque autonome*. . Mémoire de magistère. Centre universitaire de Bechar, P6
- [9] S. BENSALÉM (2011). *Effets de la température sur les paramètres caractéristiques des cellules solaires*. Mémoire de magistère. Université Farhat abasse - Stif
- [10] site internet: <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-photovoltaïque>. 10.Avril.2015
- [11] J. Charles, A. Haddi, A. Maouad, H. Bakhtiar, A. Zerga, A. Hoffmann, P. Mialhe (2000). *La jonction, du solaire à la microélectronique*. *Rev. Energ. Ren. Vol.3, pp 1-16*, p.2.

- [12] T. Mahni (2009/2010). *La conversion photovoltaïque*, mini projet, Centre universitaire d'EL- OUED p.27.
- [13] site internet:<http://www.acqualys.fr/page/panneaux-solaires-photovoltaiques-avantages-et-inconvenients-rentabilite>. 17.Février.2015 .
- [14] site inter <http://energies-renouvelables.consoneo.com/guide/maison-ecologique/les-avantages-les-inconvenients-des-panneaux-solaires-photovoltaieques/724>.17.Février.2015
- [15] site internet: http://fr.wikipedia.org/wiki/Centrale_solaire_photovolta%C3%AFque 03/05/2015
- [16] site internet: <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16697> 03/05/2015
- [17] site internet: http://www.photovoltaique.guidenr.fr/III_2_effet-eclairage-module-photovoltaique.php 04/05/2015.
- [18] Z. Skara.(2009).*Etude de différents stratégies de commande des systèmes de produite puissance maximale*. Mémoire de magistère. Ecole notionnel supérieure polytechnique. p 26
- [19] C. Cabale (2008). *Optimisation énergétique de l'étage d' adaptation électrique dédié à la conversion photovoltaïque*. Thèse de doctorat Université de Toulouse III – Paul Sabatier.
- [20] B. Gaidon. *Les Onduleurs pour Systèmes Photovoltaïques Fonctionnement, Etat de l'Art et Etude des performances*. site internet : www.hespul.org Rapport .(2007).
- [21] B. DENDIB.(2007). *Technique conventionnelles et avancée de poursuite MPPT pour des applications photovoltaïques : étude comparative*. Mémoire de Magister. Université Ferhat Abbas-Sétif.
- [22] J. Fadat. *Chaîne de Conversion d'Energie Photovoltaïque Commande MPPT*. La Revue 3EI. N°43. Décembre 2005.
- [23] N. Aouchiche, M.S. Aït Cheikh, A. Malek. *Poursuite du point de puissance maximale d'un système photovoltaïque par les méthodes de l'incrémentation de*

conductance et la perturbation & observation. Revue des Energies Renouvelables Vol. 16 N°3 (2013) 498

[24] V. Ionel (2005). *Modélisation et Analyse de L'intégration Des Energies Renouvelable Dans Un Réseau Autonome*. Thèse de doctorat. L'université du HAVRE.

[25] M. Adouane (2088). *Etude et conception d'une stratégie de commande d'un onduleur connecté au réseau électrique*. Mémoire de magistère. Ecole nationale supérieure polytechnique, P37.42

[26] M. SLAMA Fateh (2011). *Modélisation d'un système multi générateurs photovoltaïques interconnectés au réseau électrique*. Mémoire de Magister. UNIVERSITE FERHAT ABBAS - SETIF- UFAS (ALGERIE).

Résumé

Le recours aux énergies renouvelables au cours de cette dernière décennie a montré que ces dernières pouvaient contribuer à grande échelle à la solution aux problèmes d'approvisionnement en énergie, non seulement au regard de critères écologiques, mais aussi en raison de leur structure décentralisée.

Le travail présenté dans ce mémoire concerne la modélisation, le diagnostic d'un panneau photovoltaïque associé à un convertisseur DC-DC contrôlé par MPPT; allumant un réseau électrique à travers d'un convertisseur DC-AC. Un générateur photovoltaïque peut fonctionner dans une large gamme de tension et de courant de sortie mais il ne peut délivrer une puissance maximale que pour des valeurs particulières du courant et de la tension. En effet la caractéristique $I(V)$ du générateur dépend de l'éclairement solaire et de la température. Ces variations climatiques entraînent la fluctuation du point de puissance maximale. A cause de cette fluctuation, on intercale souvent entre le générateur et le récepteur un ou plusieurs convertisseurs statiques commandés permettant de poursuivre le point de puissance maximale. Ces commandes connues sous le nom de MPPT (Maximum Power Point Tracking), sont associées au convertisseur DC-DC, lequel assure le couplage entre le générateur PV et le réseau électrique en forçant le premier à délivrer sa puissance maximale et détecter des défauts du générateur photovoltaïque par logiciel MATLAB Simulink

Mots clés: énergie solaire, photovoltaïque, générateur , convertisseur, MPPT

ملخص

الاعتماد على الطاقات المتجددة في العشرية الأخيرة أثبت إمكانية مساهمتها و بشكل كبير في حلول المشاكل الطاقوية , ليس من ناحية الايكولوجية فحسب , بل أيضا بفضل بنيتها اللامركزية العمل المقدم في هذه المذكرة يخص دراسة تحكم لوح شمسي مركب من محول تيار DC-DC , مراقب من طرف MPPT , والمقصود هو تغذية شبكة كهربائية من خلا محول DC-DA , والمولد الكهروضوئي, يمكن تشغيله من أجل مجال واسع من قيم التيار و التوتر الكهربائيين المخرجين, لكنه غير قادر على إمداد القدرة القصوى من أجل قيم مخصصة من التوتر و التيار الكهربائيين.

في الواقع, الخصائص $I(V)$ لمولد كهروضوئي تتعلق أساسا بالإشعاع الضوئي و درجة الحرارة, هذه التغيرات المناخية تؤثر أساسا على تقلبات النقطة القصوى للقدرة المخرجة, لأجل هذا نقوم بإدراج محولات ساكنة لتتبع النقطة القصوى للقدرة بين المولد و المستقبل , حيث نضمن اقترانا بين الشبكة الكهربائية و المولد الكهروضوئي من خلال أجبار هذا الأخير لإعطاء القدرة القصوى و الكشف عن عيوبه بواسطة استخدام برنامج MmatLab

كلمات مفتاحيه : الطاقة الشمسية , فوطفولطي, مولد فوطفولطي, محول ; MPPT