

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur
et de la Recherche scientifique



Université d'EL-Oued
Faculté des Sciences et de Technologies



Mémoire de Fin d'Etude
En vue de l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et de Technologies

Filière: Génie Électrique

Spécialité: Réseaux Électriques

Thème

***Conception et modélisation d'un
système photovoltaïque***

Diriger par :

M^{er}.YACINE LABBI

Réaliser par :

-ZEGHDI ZOUBIR

-ZEGHDI AYOUB

-BOURAS YAKOUB

Année universitaire : 2013/2014

Sommaire.

Sommaire.

Nomenclature.

Introduction Générale.....01

Chapitre I : Énergie Solaire

I-1 INTRODUCTION:.....03

I-2 LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE.....03

I-2-1 Le principe de production.....03

I-2-2 Les différents types d'énergie.....03

I-2-2-1 Énergies non renouvelables.....04

I-2-2-2 Énergies renouvelables.....04

a) Énergie Éolienne.....05

b) Énergie hydraulique.....05

c) Énergie de la biomasse.....06

d) Énergie géothermique.....07

e)Énergie solaire.....07

I-3 ÉLECTRICITÉ PHOTOVOLTAÏQUE.....08

I-3-1 Histoire.....08

I-3-2 Le soleil et le rayonnement.....09

I-3-2-1 Le soleil.....09

I-3-2-2 Le rayonnement.....09

I-3-2-3 Modèle simplifié de l'éclairement.....09

<i>a) Temps solaire vrai (TSV)</i>	<i>10</i>
<i>b) Angle horaire</i>	<i>10</i>
<i>I-4 CONCLUSION</i>	<i>11</i>

Chapitre II : La cellule photovoltaïque et les caractéristiques de générateur PV.

<i>II-1 INTRODUCTION.....</i>	<i>12</i>
<i>II-2 LES CELLULES SOLAIRES</i>	<i>12</i>
<i>II-3 LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....</i>	<i>12</i>
<i>II-4 LES DIFFÉRENTS TYPES DE CELLULES SOLAIRES.....</i>	<i>13</i>
<i>II-5 LES MODULES (OU PANNEAUX).....</i>	<i>15</i>
<i>II-6 SCHÉMA ÉQUIVALENT D'UNE CELLULE SOLAIRE.....</i>	<i>15</i>
<i>II-7 LE GÉNÉRATEUR PV ET SES PERFORMANCE.....</i>	<i>17</i>
<i>II-7-1 Caractéristique Courant-Tension.....</i>	<i>17</i>
<i>II-7-2 Caractéristique Puissance-Tension.....</i>	<i>19</i>
<i>II-7-3 Influence de l'Éclairement.....</i>	<i>20</i>
<i>II-7-4 Influence de la Température.....</i>	<i>21</i>
<i>II-7-5 Influence de la résistance série et la résistance shunt.....</i>	<i>22</i>
<i>II-7-6 Rendement.....</i>	<i>23</i>
<i>II-7-7 Facteur de forme.....</i>	<i>24</i>
<i>II-7-8 Association de Cellules Photovoltaïques en Série.....</i>	<i>24</i>
<i>II-7-9 Association de Cellules Photovoltaïques en Parallèle.....</i>	<i>24</i>
<i>II-8 LES SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES.....</i>	<i>25</i>
<i>II-8-1 Les systèmes photovoltaïques avec stockage électrique</i>	<i>25</i>

<i>II-8-2 Les systèmes à couplage direct sans batterie</i>	<i>26</i>
<i>II-9 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'ENERGIE PHOTOVOLTAÏQUE.....</i>	<i>27</i>
<i>II-9-1 Avantages</i>	<i>27</i>
<i>II-9-2 Inconvénients</i>	<i>27</i>
<i>II-10-CONCLUSION:.....</i>	<i>28</i>

Chapitre III : Testes et résultats de simulation pour a la poursuite du point de Puissance maximale

<i>III.1 Introduction</i>	<i>29</i>
<i>III.2 La Commande MPPT Perturbation Puis Observation.....</i>	<i>29</i>
<i>III.2.1 Principe des commandes "Perturbation et Observation" (P&O)</i>	<i>29</i>
<i>III.2.2 Structure de l'algorithme P&O.....</i>	<i>30</i>
<i>III.3 Application MPPT: Simulations en temps réel.....</i>	<i>32</i>
<i>1^{er} test : (Saison Hiver -Janvier-).....</i>	<i>32</i>
<i>2^{eme} test : (Saison Printemps - Mars-).....</i>	<i>34</i>
<i>3^{eme} test : (Saison Eté - Juillet-) (une journée ensoleillée).....</i>	<i>36</i>
<i>4^{eme} test : (Saison Automne -Octobre-).....</i>	<i>38</i>
<i>III.4 Conclusion.....</i>	<i>41</i>

CONCLUSION GÉNÉRALE.....	42
---------------------------------	-----------

Bibliographiques.....	43
------------------------------	-----------

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'électricité est aujourd'hui la forme d'énergie la plus aisée à exploiter. Mais avant de la consommer il aura fallu la produire, en général dans des unités de production de grande puissance, la transporter, puis la distribuer vers chaque consommateur. Dans les pays industrialisés, ce système est aujourd'hui très centralisé même si les évolutions de réglementation conduisent à une amorce de décentralisation de la production.

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

Sans énergie, notre monde ne pourrait fonctionner. En effet, l'homme, les machines et la nature en ont tous besoin. La demande totale d'énergie dans le monde s'accroît proportionnellement à la croissance démographique, à la disponibilité limitée des sources d'énergie et aux coûts sociaux et environnementaux de l'approvisionnement d'énergie. Mais, en principe, nous disposons de suffisamment d'énergie. Le soleil fournit une énergie lumineuse colossale à la Terre (10.000 fois l'énergie nécessaire). Mais le problème réside en ce que la forme sous laquelle nous recevons l'énergie n'est pas nécessairement celle sous laquelle cette énergie est utilisable. C'est pourquoi, nous devons utiliser des processus de conversion de l'énergie. Par exemple, les cellules solaires photovoltaïques permettent de convertir l'énergie lumineuse du soleil en énergie électrique. L'appauvrissement des sources énergétiques traditionnelles (pétrole...) due à une utilisation accrue de celles-ci et l'augmentation considérable du prix du pétrole, ... entraînent que l'étude des énergies renouvelables revêt une importance cruciale pour les années à venir. Les énergies renouvelables utilisables actuellement sont l'énergie hydraulique, le chauffage solaire actif, l'énergie éolienne, la géothermie, l'énergie photovoltaïque, la biomasse ...etc.

Introduction générale

Dans ce contexte général, notre étude s'intéresse à la filière photovoltaïque et aussi consiste au développement d'une procédure d'optimisation qui permet la poursuite de la puissance maximale (**Maximum Power Point Tracking MPPT**) d'un générateur photovoltaïque.

Dans le premier chapitre, après avoir présenté les différentes sources d'énergies renouvelables existantes, nous focalisons notre attention sur la production d'électricité.

Dans le deuxième chapitre, nous présentons La cellule photovoltaïque et les caractéristiquement générateur PV, À partir des deux chapitres précédents, nous passerons au troisième chapitre qui traite le technique La puissance maximale du générateur photovoltaïque MPPT pour avoir le meilleur transfert de puissance de le générateur photovoltaïque 'PV' nous avons utilisé le technique d'optimisation des performances d'un système photovoltaïque, par la méthode de la poursuite du point de puissance maximum (MPPT). Les résultats de simulation en temps réel obtenus sous différentes conditions de fonctionnement montrent une nette amélioration des performances de contrôle par MPPT du système photovoltaïque.

Chapitre I

Énergie Solaire

I-1 INTRODUCTION:

L'électricité est une des formes d'énergie les plus versatiles et qui s'adapte au mieux à chaque nécessité. Son utilisation est si étendue, qu'aujourd'hui on pourrait difficilement concevoir une société techniquement avancée qui n'en fasse pas usage. Des milliers d'appareils sont dessinés pour fonctionner grâce à l'énergie électrique, soit sous forme de courant continu de faible tension, soit à partir d'un courant alternatif de tension plus élevée. Donc L'électricité est un bien de consommation qui est devenu indispensable au bien-être de la population et au développement économique de toute société. A ce titre, il est vital de savoir les différentes sources de cette énergie .

I-2 LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE:

I-2-1 Le principe de production :

Toutes les centrales électriques produisent de l'électricité grâce à des systèmes couplés turbine et alternateur. L'énergie utilisée dans les centrales électriques est destinée à la mise en mouvement des turbines. à la sortie de la centrale, une tension efficace de l'ordre de 220 KV et de fréquence 50 Hz est produite.

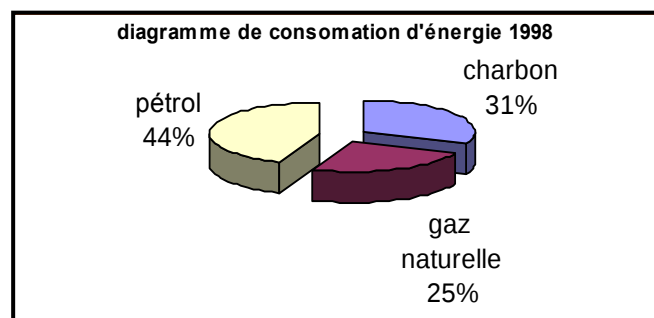
I-2-2 Les différents types d'énergie:

On distingue les énergies *non renouvelables* et les énergies *renouvelables* :
Les premières sont le pétrole, le gaz, le charbon et l'uranium (avec les technologies actuelles).

Les secondes couvrent l'hydraulique, la biomasse et les déchets, l'éolien, le solaire, le géothermique, les marées et les courants (marins ou des rivières). Toutes ces énergies ne sont pas utilisées de la même façon.

I-2-2-1 Énergies non renouvelables :

Le pétrole ou le gaz naturel ne sont pas des énergies renouvelables car il faudrait des millions d'années pour reformer la quantité d'énergie fossile que l'on consomme actuellement. De même, l'énergie nucléaire n'est pas une énergie renouvelable car la réserve d'uranium disponible sur Terre est limitée.



figureI.1:consommation d'énergie[1]

L'énergie non renouvelable présente certains inconvénients:

L'énergie non renouvelable est une énergie non propre avec déchets, et provoquent la pollution de l'environnement.

Leurs coûts de fonctionnement sont très grands vu les entretiens réduits, ils nécessitent le combustible, transport, personnel hautement spécialisé.

I-2-2-2 Énergies renouvelables:

Une énergie renouvelable est une source d'énergie qui se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle de l'homme. Les énergies renouvelables sont des phénomènes naturels réguliers. principalement le Soleil (rayonnement), mais aussi la Lune (marée) et la Terre (énergie géothermique).

Le caractère renouvelable d'une énergie dépend non seulement de la vitesse à laquelle la source se régénère, mais aussi de la vitesse à laquelle elle est consommée. toutes les énergies renouvelables ne sont pas nécessairement propres : par exemple, certains fluides frigorigènes

utilisés dans les circuits des pompes à chaleur géothermiques sont des gaz qui, en cas de fuite, contribuent à l'effet de serre, et peuvent aussi détruire la couche d'ozone.[2]

a) Énergie Éolienne:

L'énergie éolienne est l'énergie du vent et plus spécifiquement, l'énergie tirée du vent au moyen d'un dispositif aérogénérateur comme une éolienne ou un moulin à vent.

Elle peut être utilisée de deux manières : de manière directe et indirecte.

- Conservation de l'énergie mécanique : le vent est utilisé pour faire avancer un véhicule (navire à voile ou char à voile), pour pomper de l'eau (moulins de Majorque, éoliennes de pompage pour abreuver le bétail) ou pour faire tourner la meule d'un moulin(*figureI.2*).
- Transformation en énergie électrique : l'éolienne (*figureI.3*) est accouplée à un générateur électrique pour fabriquer un courant continu ou alternatif, le générateur est relié à un réseau électrique ou bien il fonctionne de manière autonome avec un générateur d'appoint (par exemple un groupe électrogène) et/ou un parc de batteries ou un autre dispositif de stockage d'énergie.



figureI.3: éolienne



figureI.2: moulins à vent

b) Énergie hydraulique:

De nombreuses civilisations se sont servies de la force de l'eau, qui représentait une des sources d'énergie les plus importantes avant l'ère de l'électricité. Un exemple connu est celui des moulins à eau (*figureI.4*), placés le long des rivières. Aujourd'hui, bien que de nombreux sites aient été parfaitement équipés, cela ne suffit plus à compenser l'augmentation vertigineuse de la consommation. De nos jours l'énergie hydraulique est

utilisée au niveau des barrages (*figureI.5*) et sert principalement à la production d'électricité.



figureI.4: moulins à eau



figureI.5: un barrag

c) Énergie de la biomasse:

La biomasse est la 2ème énergie renouvelable dans le monde. Elle permet de produire de l'électricité, de la chaleur via la combustion de déchets et de résidus de matières organiques végétales ou animales.

Le terme de biomasse recouvre un champ très large de matières : bois(*figureI.6*), déchets des industries de transformation du bois, déchets agricoles (pailles, lisiers, etc.), fraction fermentescible des déchets ménagers et des industries agro-alimentaires, biogaz de décharge ou produits de méthanisation (lisiers, boues d'épuration, décharges, ...).

L'avenir du bois-énergie passe aussi par la réalisation de réseaux de chaleur. Alimentés par des chaudières, ils distribuent de l'eau chaude pour les logements individuels et collectifs, les mairies, les écoles, les piscines, etc...



Figure I.6 :le bois

d) Énergie géothermique:

Le principe consiste à extraire l'énergie géothermique contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou pour la transformer en électricité. La plus grande partie de la chaleur de la Terre est produite par la radioactivité naturelle des roches qui constituent la croûte terrestre : c'est l'énergie nucléaire produite par la désintégration de l'uranium, du thorium et du potassium.

Par rapport à d'autres énergies renouvelables, la géothermie présente l'avantage de ne pas dépendre des conditions atmosphériques (soleil, vent). Les gisements géothermiques ont une durée de vie de plusieurs dizaines d'années.



Figure 1.7: Champ d'essais géothermiques

e) Énergie solaire:Électricité ou chaleur :

L'énergie solaire photovoltaïque convertit directement le rayonnement lumineux (solaire ou autre) en électricité. Elle utilise pour ce faire des modules photovoltaïques composés de cellules solaires ou de photopiles qui réalisent cette transformation d'énergie.

Elle est radicalement différente de l'énergie solaire thermique qui, quant à elle, produit de la *chaleur* à partir de rayonnement solaire infrarouge afin de chauffer de l'eau ou de l'air. On utilise dans ce cas de capteur thermique qui relèvent d'une toute autre technologie. Dans le langage courant, ce sont des «chauffe-eau solaire» ou des « capteurs à air chaud».

Cet aspect de l'énergie solaire ne pas traité dans cet ouvrage. On évitera dans le terme « capteur solaire » car une maintient l'ambiguïté entre les deux techniques [3].

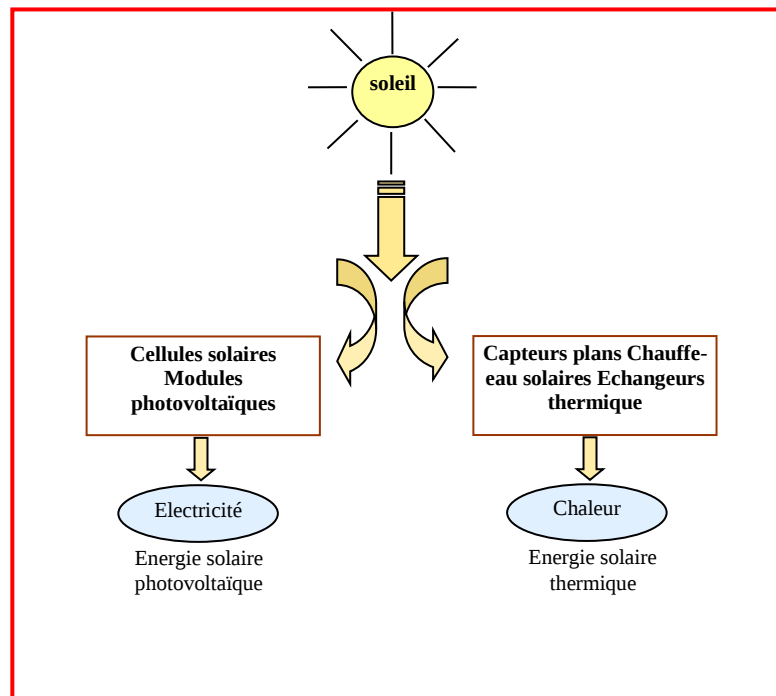


Figure I.8: les deux types d'énergie solaire.

Nous nous basons dans notre travail sur l'énergie solaire .

I-3 ÉLECTRICITÉ PHOTOVOLTAÏQUE:

I-3-1 Histoire:

L' hélioélectricité, qui traite de la transformation directe de l'énergie solaire en énergie électrique, est apparue en 1930 avec les cellules à oxyde cuivreux puis au sélénium, mais ce n'est qu'à partir de 1954, avec la réalisation des premières cellules photoélectriques au silicium dans les laboratoires de la compagnie Bell Téléphone, que l'on entrevoit la possibilité de fournir de l'énergie. Très rapidement utilisées pour l'alimentation des véhicules spatiaux, leur développement et de rapides progrès ont été motivés par la conquête de l'espace. Mais, pour des raisons à la fois techniques et économiques, cette nouvelle source d'énergie électrique a tardé à s'imposer en dehors du domaine spatial.

Cependant, au cours des années 80, la technologie photovoltaïque terrestre a progressé régulièrement par la mise en place de plusieurs centrales de quelques mégawatts, et même est devenue familière des consommateurs à travers de nombreux produits de faible puissance y faisant appel : montres, calculatrices, balises radio et météorologiques, pompes et réfrigérateurs solaires[4].

I-3-2 Le soleil et le rayonnement:

I-3-2-1 Le soleil:

Le soleil produit une énorme quantité d'énergie, qui quitte sa surface sous forme de rayonnement électromagnétique d'un spectre allant de 0,2 μm (ultra-violet) à 4 μm (infra-rouge). Cette énergie représente une source majeure d'énergie dans le futur. Malgré la distance considérable de la terre du soleil (150×10^6 km), la couche terrestre reçoit une quantité d'énergie de 180×10^6 GW [5].

I-3-2-2 Le rayonnement:

Le soleil rayonne sur la Terre une puissance de 16.1015 kWh par an, dans toutes les longueurs d'onde du spectre de la lumière visible. L'énergie lumineuse issue du Soleil est à la base de la majeure partie des formes d'énergie disponibles : énergies chimique, thermique, hydraulique, électrique. Par exemple, les combustibles fossiles, tels que le charbon, le gaz naturel et le pétrole, ont été formés à la suite d'un stockage d'énergie solaire par des organismes, sur une longue période. En fait, l'énergie nucléaire est la seule à ne pas provenir de l'énergie solaire.

Cette dernière est indispensable pour maintenir sur Terre les conditions lumineuses et thermiques nécessaires à la vie. Par exemple, la photosynthèse utilise cette énergie pour fournir aux plantes chlorophylliennes de la matière organique. Soixante pour cent de l'énergie solaire qui atteint la Terre est réfléchi par l'atmosphère ; 11% est réfléchi par le sol et la végétation ; 16% entretient, par évaporation, le cycle de l'eau, qui produit la pluie, les eaux de montagne et de rivière [1].

I-3-2-3 Modèle simplifié de l'éclairement:

Une approche simplifiée a été élaborée selon, et qui servira comme une première approximation pour la quantification de l'éclairement incident. Ce modèle quantifie le flux

lumineux pour une journée claire, et qui fait simuler la forme en cloche de l'éclairement à une fonction <<Sinus>> du temps solaire vrai.

Pour notre application, le modèle précité est adopté.

L'expression mathématique d'un tel modèle est la suivante [6] :

$$E = E_M \cdot \sin(h) \quad (\text{I.1})$$

Avec :

$$t = t_{sr} + h/15 \quad (\text{I.2})$$

Où :

E_M : valeur maximale de l'éclairement sur site (obtenue à midi $E_M = 1000 \text{ W/m}^2$).

t_{sr} : temps solaire correspondant au levé du soleil (en heures).

t et h désignent respectivement le temps solaire vrai et l'angle (en degrés), et qui sont définis comme suit :

a) Temps solaire vrai (TSV) :

Le temps solaire vrai à un lieu et à un instant donné est l' angle horaire du soleil en ce lieu et à cet instant. C' est une notion qui traduit à la fois le mouvement de rotation de la terre et de son mouvement de translation. Par définition, le temps solaire vrai (TSV) est évalué par : $TSV = 12 + h/15$ (I.3)

b) Angle horaire :

C'est l'angle que font sur le plan équatorial les projections de la direction du soleil et de la direction du sud pour un lieu donné .Il est lié directement au temps solaire vrai par la

$$\text{relation : } h = \frac{360^\circ}{24} (TSV - 12) \quad (\text{I.4})$$

La figure(I.9) montre l'éclairement solaire à partir d'un modèle quantifie le flux lumineux pour une journée claire, et simule la forme en cloche de l'éclairement à une fonction

$$\text{suivant[7] : } E = E_M \cdot \sin(15t - 90^\circ) \quad (\text{I.5})$$

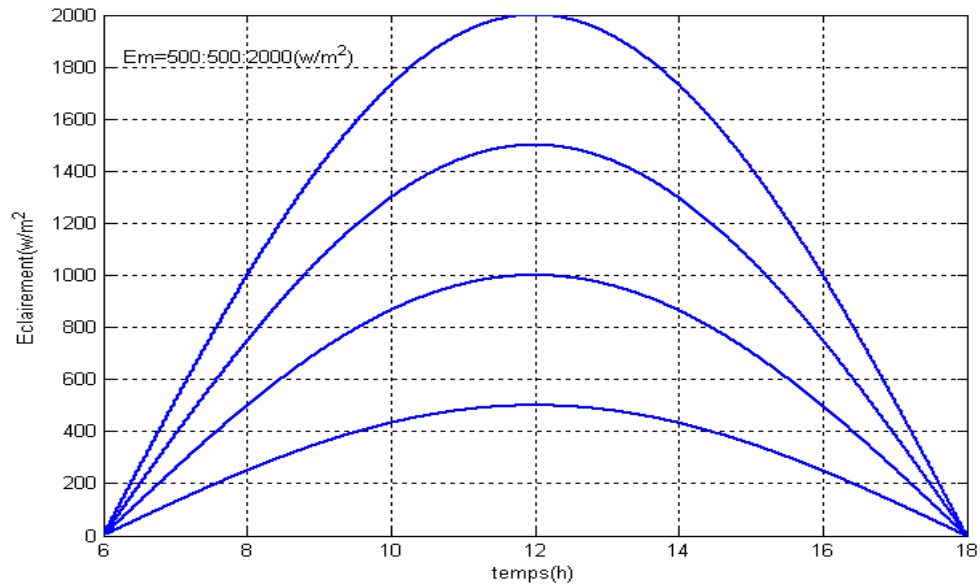


figure I.9 : modèle simplifié de l'éclaire

I-4 CONCLUSION :

Dans ce chapitre on a représenté les différents types d'énergie (les énergies *non renouvelables* et les énergies *renouvelables*) pour produire l'électricité, puis nous avons traité le principe de l'électricité Photovoltaïque (historique et le rayonnement).

Le prochain chapitre sera donné une étude détaillée sur la cellule PV et les caractéristiques de générateur PV

Chapitre II

La cellule photovoltaïque et les caractéristiques de générateur PV.

II-1 INTRODUCTION:

La production d'électricité par conversion de la lumière à l'aide de cellules photovoltaïques connaît un essor fulgurant à l'aube du 21ème siècle avec un taux de croissance record de plus de 40% en 2000. De nouvelles approches technologiques seront toujours nécessaires afin de réaliser des cellules à faible coût et à haut rendement de conversion énergétique afin de permettre au photovoltaïque de dépasser d'ici l'an 2010 le seuil de compétitivité par rapport aux autres sources de production d'électricité.

II-2 LES CELLULES SOLAIRES :

Une cellule solaire photovoltaïque est une plaquette de silicium (semi-conducteur), capable de convertir directement la lumière en électricité. Cet effet est appelé l'effet photovoltaïque. Le courant obtenu est un courant continu et la valeur de la tension obtenue est de l'ordre de 0,6 V.

II-3 LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

Une cellule photovoltaïque est assimilable à une diode photo-sensible, son fonctionnement est basé sur les propriétés des matériaux semi conducteurs. La cellule photovoltaïque permet la conversion directe de l'énergie lumineuse en énergie électrique. Son principe de fonctionnement repose sur l'effet photovoltaïque (Becquerelle 1889). Une cellule est constituée de deux couches minces d'un semi conducteur. Ces deux couches sont dopées différemment. Pour la couche N, c'est un apport d'électrons périphériques et pour la couche P c'est un déficit d'électrons. Les deux couches présentent ainsi une différence de potentiel.

L'énergie des photons lumineux captés par les électrons périphériques (couche N), leur permet de franchir la barrière de potentiel et d'engendrer un courant électrique continu. Pour effectuer la collecte de ce courant, des électrodes sont déposées par sérigraphie sur les deux couches de semi conducteur (figure II.1). L'électrode supérieure est une grille permettant le passage des rayons lumineux. Une couche antireflet est ensuite déposée sur cette électrode afin d'accroître la quantité de lumière absorbée [1, 2, 3]

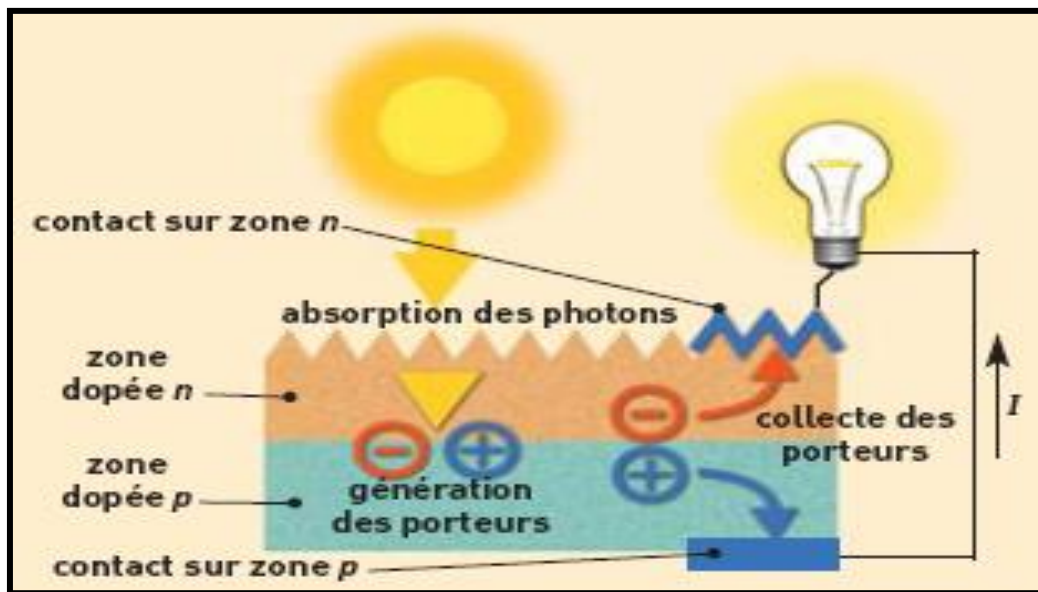


Figure II.1: Schéma d'une cellule élémentaire

II-4 LES DIFFÉRENTS TYPES DE CELLULES SOLAIRES:

Il existe différents types de cellules solaires (ou cellules photovoltaïques), et chaque type de cellules a un rendement et un coût qui lui est propre. Cependant, quel que soit leur type, leur rendement reste assez faible: de 8 à 23% de l'énergie qu'elles reçoivent.

Il existe trois principaux types de cellules à l'heure actuelle [13]:

- Les cellules monocristallines: Ce sont celles qui ont le meilleur rendement (12- 16% ; jusqu'à 23% en laboratoire), mais aussi celle qui ont le coût le plus élevé, du fait d'une fabrication compliquée.
- Les cellules polycristallines: Leur conception étant plus facile, leur coût de fabrication est moins important, cependant leur rendement est plus faible: 11% - 13% (18% en laboratoire).
- Les cellules amorphes: Elles ont un faible rendement (8% - 10% ; 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 tel que des calculatrices solaires ou encore des montres.

Ainsi notre recherche de la performance maximale, nous a amenés à nous procurer des cellules monocristallines, qui ont le meilleur rendement dans les conditions réelles d'utilisation.

La caractéristique principale de la cellule solaire est la caractéristique I - V qui montre comment une cellule solaire répondra à toutes les charges possibles sous un ensemble particulier des conditions d'ensoleillement et de température figure.II.2. Il y a trois points importants dans cette courbe:

- Le point de fonctionnement optimal auquel la cellule fournit sa puissance maximale (point 5).
- Le point où la tension est égale à zéro et le courant est en maximum (courant de court-circuit, point 4).
- Le point où le courant est égal à zéro et la tension est en maximum (tension de circuit ouvert, point 1).

Egalement la caractéristique I - V peut être divisée en trois gammes:

- Une gamme où la cellule est considérée comme une source de tension (1-2).
- Une gamme où la cellule est considérée comme une source de courant (3-4).
- Une gamme où ni la tension ni le courant ne sont constants (2-3).

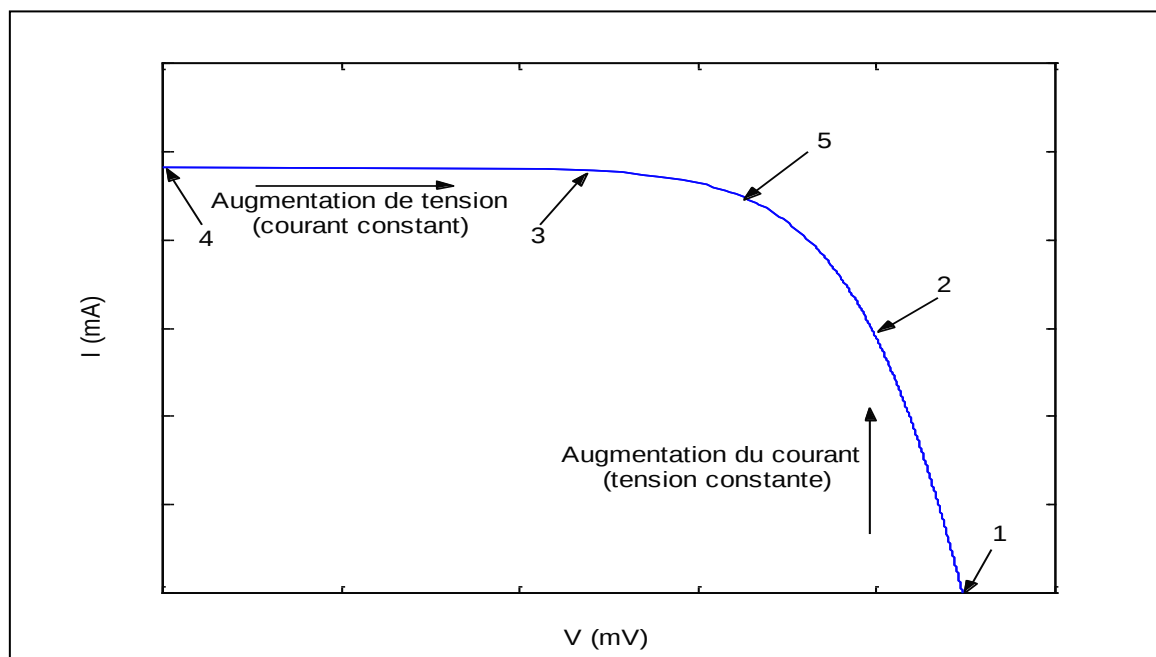


Figure II.2 : Caractéristique typique I - V d'une cellule solaire

II-5 LES MODULES (OU PANNEAUX):

La cellule individuelle, unité de base d'un system photovoltaïque, ne produit qu'une très faible puissance électrique, typiquement de 1 à 3 W avec une tension de moins d'un volt.

Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module (ou panneau). Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension. La puissance crête, obtenue sous un éclairage maximal sera proportionnelle à la surface du module. La rigidité de la face avant (vitre) et l'étanchéité sous vide offerte par la face arrière soudée sous vide confèrent à l'ensemble sa durabilité.

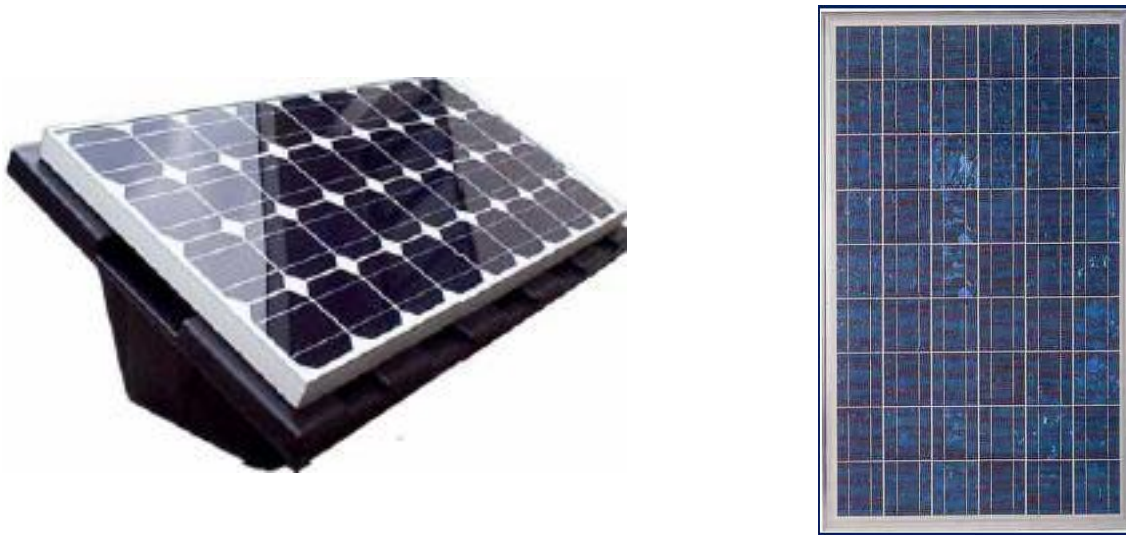


Figure. II.3 : Le Module photovoltaïque

II-6 SCHÉMA ÉQUIVALENT D'UNE CELLULE SOLAIRE:

Le schéma équivalent de la cellule photovoltaïque réelle tient compte d'effets résistifs parasites dus à la fabrication et représentés sur le schéma équivalent (figII.3).

Ce schéma équivalent est constitué d'une diode (D) caractérisant la jonction, une source de courant (G) caractérisant le photo-courant, une résistance série (R_s) représentant les pertes par effet Joule, et une résistance shunte (R_{sh}) caractérisant un courant de fuite entre la grille supérieure et le contact arrière qui est généralement très supérieure à (R_s) et peut donc être placée indifféremment entre A et B ou entre C et D dans le schéma équivalent [9].

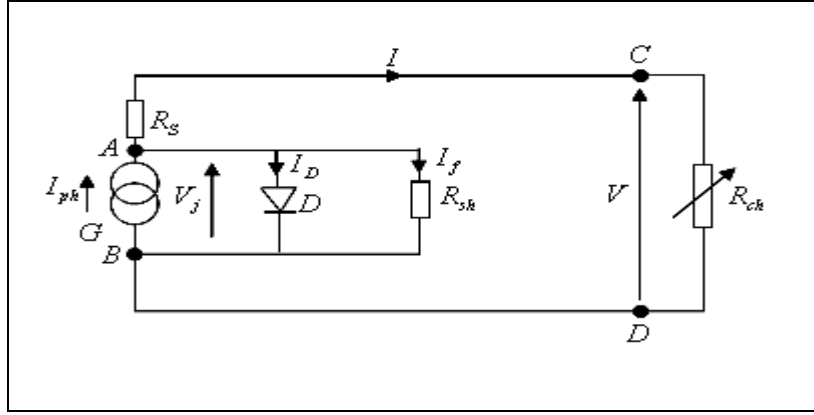


Figure II.4 : Schéma équivalent électrique d'une cellule PV

Dans notre travail, nous avons utilisé le modèle mathématique du module solaire à exponentiel simple, mais d'autres auteurs pour effectuer l'extraction des paramètres de cellule solaire tel que le courant photovoltaïque, la résistance série, la résistance parallèle, la tension thermique, et le courant de saturation ; ils ont basé ces calculs sur un modèle à double exponentiel qui est à la forme suivante [10,11] :

$$I = I_{ph} - I_{01} \left\{ \exp\left[\frac{(V + R_s I)}{\alpha \cdot V_{th}}\right] - 1 \right\} - I_{02} \left\{ \exp\left[\frac{(V + R_s I)}{\beta \cdot V_{th}}\right] - 1 \right\} - \frac{V + R_s I}{R_{sh}} \quad (\text{II.1})$$

On assume que les Coefficient des cellules sont $\alpha = 2$ et $\beta = 2$ selon [10].
En outre, les deux courants de saturation I_{01} et I_{02} ce sont exprimés par la formule suivant:

$$I_{01} = \frac{1}{2} \left[\frac{I_{sc}}{\exp\left(\frac{q \cdot Voc}{K \cdot T_c}\right) - 1} \right] \quad (\text{II.2})$$

$$I_{02} = \frac{1}{2} \left[\frac{I_{sc}}{\exp\left(\frac{q \cdot Voc}{2 \cdot K \cdot T_c}\right) - 1} \right] \quad (\text{II.3})$$

Plusieurs travaux de recherche ont montré que les deux modèles possèdent un domaine de validité ; le modèle en double exponentielle se prête mieux aux mesures de la caractéristique courant-tension pour des tensions élevées tandis que celui à une exponentielle est plus précis pour de basses et moyennes tensions. Ces deux modèles sont implicites et non-linéaires, alors la recherche ou la détermination d'une solution analytique serait une tâche délicate [11].

II-7 LE GÉNÉRATEUR PV ET SES PERFORMANCE:

Un générateur photovoltaïque ou module est constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques élémentaires montées en série et/ou parallèle afin d'obtenir des caractéristiques électriques désirées tels que la puissance, le courant de court-circuit ou la tension en circuit ouvert.

II-7-1 Caractéristique Courant-Tension:

La caractéristique courant-tension d'une photopile se met sous la forme mathématique :

$$I = I_{ph} - I_D - \frac{V + R_s I}{R_{sh}} \quad (\text{II.4})$$

Où le courant de diode (D) est donné par l'équation [9] :

$$I_D = I_0 \left(\exp\left[\frac{q(V + R_s I)}{akT}\right] - 1 \right) \quad (\text{II.5})$$

Où a est un facteur de dimension, k constant de Boltzmann ($k = 1.381 \cdot 10^{23} \text{ J/K}$) et q la charge de l'électron ($q = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).

En substituant l'expression du courant I_D dans l'équation (II.4), le courant I devient :

$$I = I_{ph} - I_0 \left(\exp\left[\frac{q(V + R_s I)}{akT}\right] - 1 \right) - \frac{V + R_s I}{R_{sh}} \quad I = I_{ph} - I_0 \left(\exp\left[\frac{q(V + R_s I)}{akT}\right] - 1 \right) - \frac{V + R_s I}{R_{sh}} \quad (\text{II.6})$$

Le courant de court circuit est pratiquement égal au photo-courant I_{ph} lui-même, d'après cette dernière équation, on peut déduire l'expression de la tension V :

$$V = -R_s I + \frac{akT}{q} \ln \left(\frac{I_{ph} - \left(\frac{R_s}{R_{sh}} + 1\right)I - \frac{V}{R_{sh}}}{I_0} + 1 \right) \quad (\text{II.7})$$

Si l'on suppose que R_{sh} est infinie et R_s nulle, l'équation précédente devient :

$$V = \frac{akT}{q} \ln \left(\frac{I_{ph} - I}{I_0} + 1 \right) \quad (\text{II.8})$$

Si la charge est infinie (circuit ouvert), la cellule présentera à ces bornes une tension V_{oc} , dont son expression est comme suit :

$$V_{oc} = \frac{akT}{q} \ln \left(\frac{I_{ph}}{I_0} + 1 \right) \quad (\text{II.9})$$

Comme l'ordre de grandeur de (I_{ph}/I_0) est d'environ $10^{10}:10^{14}$ [9], l'équation précédente devient :

$$V_{oc} = V_{th} \ln \left(\frac{I_{ph}}{I_0} \right) \quad (\text{II.10})$$

$$\text{Avec } V_{th} = \frac{akT}{q} \quad (\text{II.11})$$

Où V_{th} est la tension thermique.

La tension thermique V_{th} et le courant de saturation peuvent être données par [10]:

$$V_{th} = \frac{V_{op} + R_s I_{op} - V_{oc}}{\ln \left(1 - \frac{I_{op}}{I_{sc}} \right)} \quad (\text{II.12})$$

$$I_0 = (I_{sc} - I_{op}) \exp \left(-\frac{V_{op} + R_s I_{op}}{V_{th}} \right) \quad (\text{II.13})$$

Où

$I_{sc} = N_p \cdot I_{sc} \text{ 'module'}$: Le courant de court-circuit.

$I_{op} = N_p \cdot I_{op} \text{ 'module'}$: Le courant optimal.

$V_{oc} = N_s \cdot V_{oc} \text{ 'module'}$: La tension de circuit ouvert.

$V_{op} = N_s \cdot V_{op} \text{ 'module'}$: La tension optimale.

$R_s = \frac{N_s}{N_p} \cdot R_s \text{ 'module'}$: La résistance série.

N_s et N_p sont respectivement le nombre de modules en séries et en parallèles (dans notre module $N_s=10, N_p=2$). La courbe I - V est essentiellement affectée par la variation de deux entrées : l'éclairement et la température de Générateur PV. L'adaptation de l'équation (II.1) pour différents niveaux de l'éclairement et la température solaires peut être manipulée par les équations suivantes [10] :

$$\Delta T = T - T_{ref} \quad (\text{II.14})$$

$$\Delta I = \alpha \left(\frac{E}{E_{ref}} \right) \Delta T + \left(\frac{E}{E_{ref}} - 1 \right) I_{sc} \quad (\text{II.15})$$

$$\Delta V = -\beta \Delta T - R_s \Delta I \quad (\text{II.16})$$

$$V = V_{ref} + \Delta V \quad (\text{II.17})$$

$$I = I_{ref} + \Delta I \quad (II.18)$$

Ici le suffixe 'ref' se rapporte à des conditions évaluées données par $E_{ref} = 1000 \text{ W/m}^2$ et

$$T_{ref} = 25^\circ\text{C}.$$

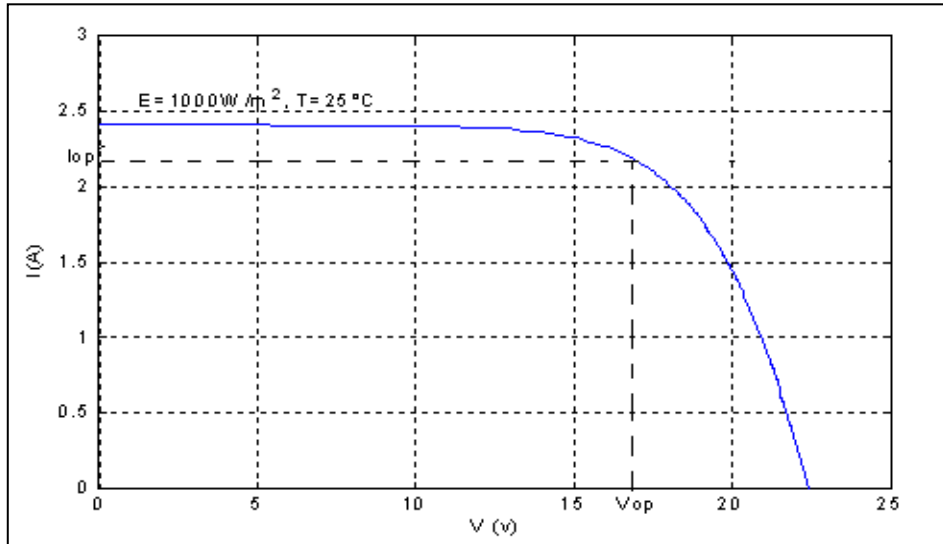


Figure II.5 : Caractéristique courant –tension d'un module solaire

II-7-2 Caractéristique Puissance-Tension:

La puissance maximale débitée par la cellule donnée par le produit entre la tension V_{op} et le courant comme représentée la formule $P_{max} = I_{op} V_{op}$.

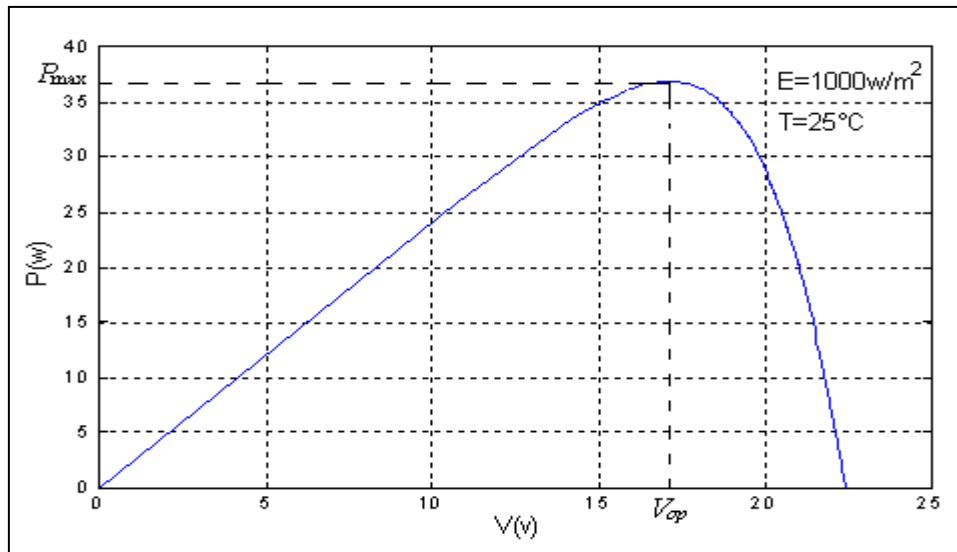


Figure II.6 Caractéristique puissance –tension d'un module solaire

II-7-3 Influence de l'Éclairement:

La figure II.6 présente un exemple des courbes pour différents niveaux de rayonnement :

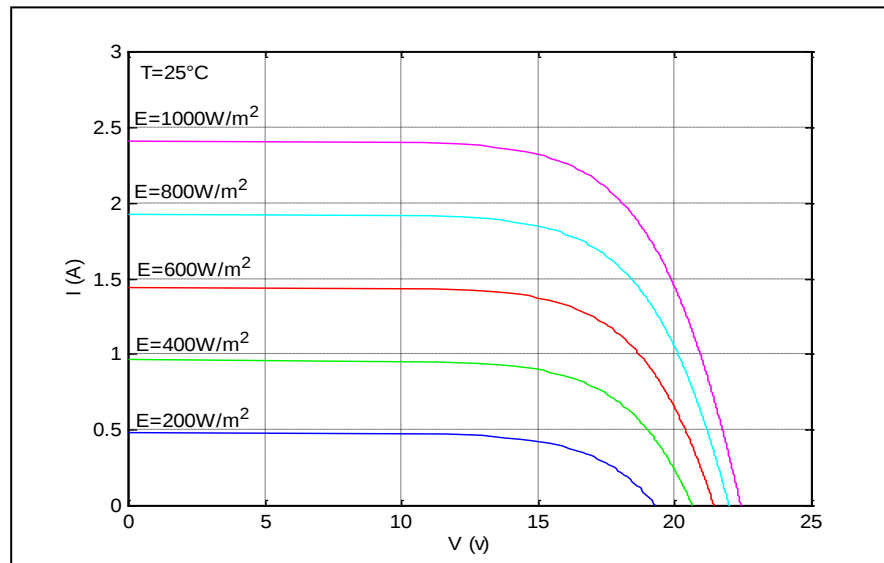


Figure II.7 : Influence de l'éclairement sur la caractéristique électrique $I - V$

On remarque que la valeur du courant de court-circuit est directement proportionnelle à l'intensité du rayonnement [5]. Par contre, la tension en circuit ouvert ne varie pas dans les mêmes proportions, elle reste quasiment identique même à faible éclairement.

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

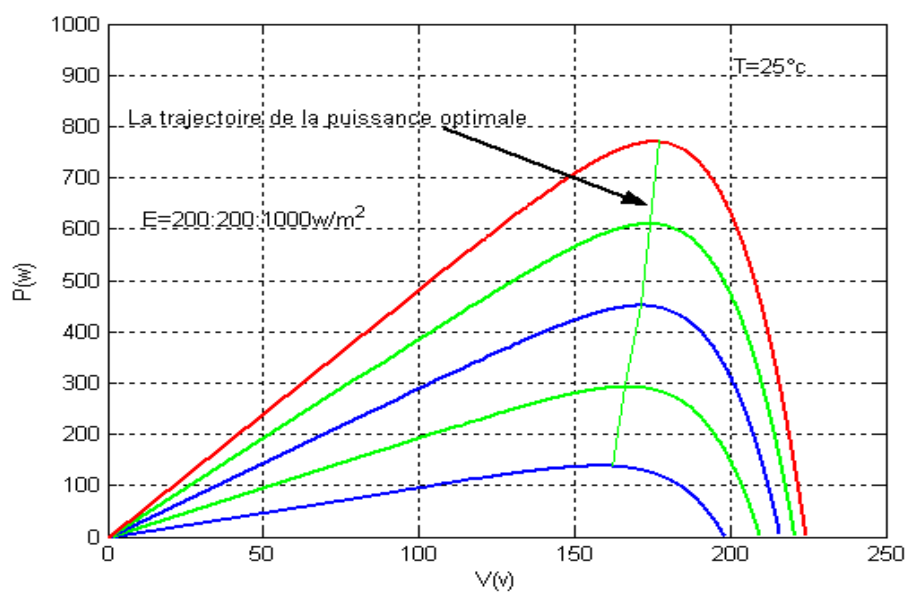


Figure II.8 : Influence de l'éclairement sur la caractéristique électrique $P - V$

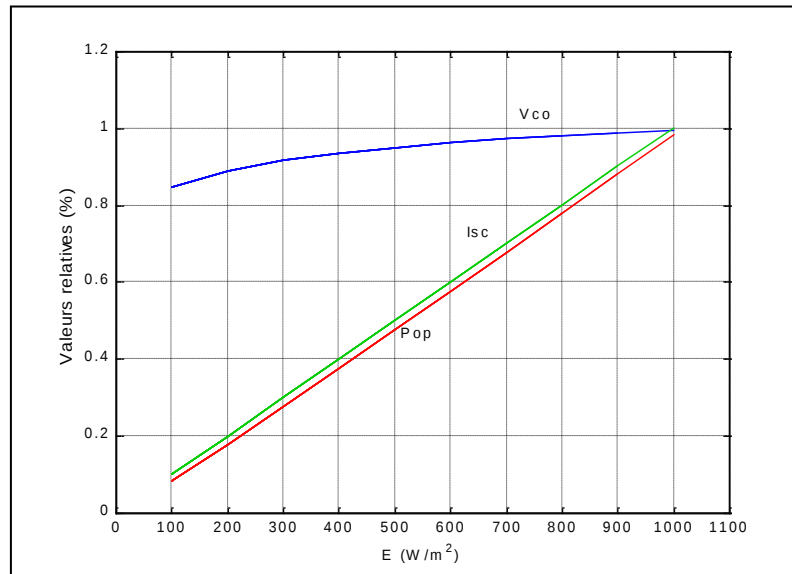


Figure II.9 : Influence de l'éclairement sur V_{co} , I_{sc} et P_{op}

II-7-4 Influence de la Température:

La figure II.9 présente des courbes courant tension pour différentes températures de fonctionnement de la cellule PV:

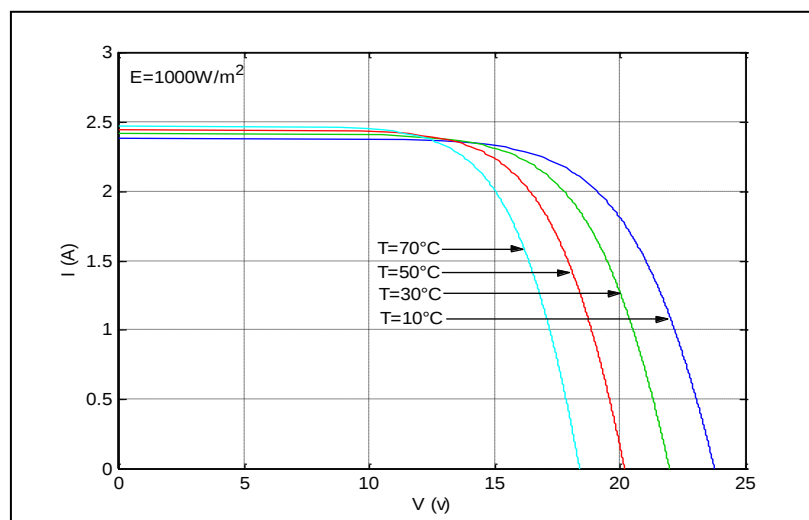


Figure II.10 : Influence de la température sur la caractéristique électrique I-V

On remarque que la température a une influence négligeable sur la valeur du courant de court-circuit. Par contre, la tension en circuit ouvert baisse assez fortement lorsque la température augmente, par conséquent la puissance extractible diminue [5]. Lors du dimensionnement d'une installation, la variation de la température du site sera impérativement à prendre en compte.

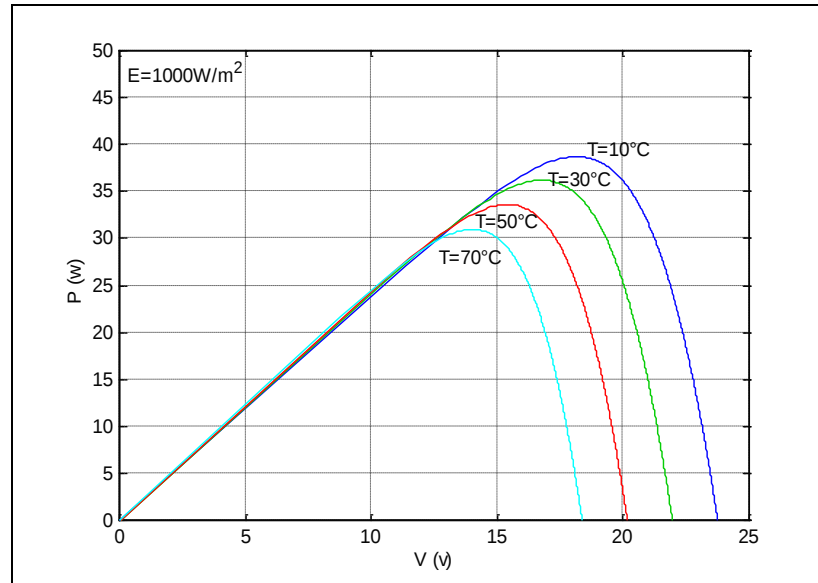


Figure II.11 : Influence de la température sur la caractéristique électrique P-V

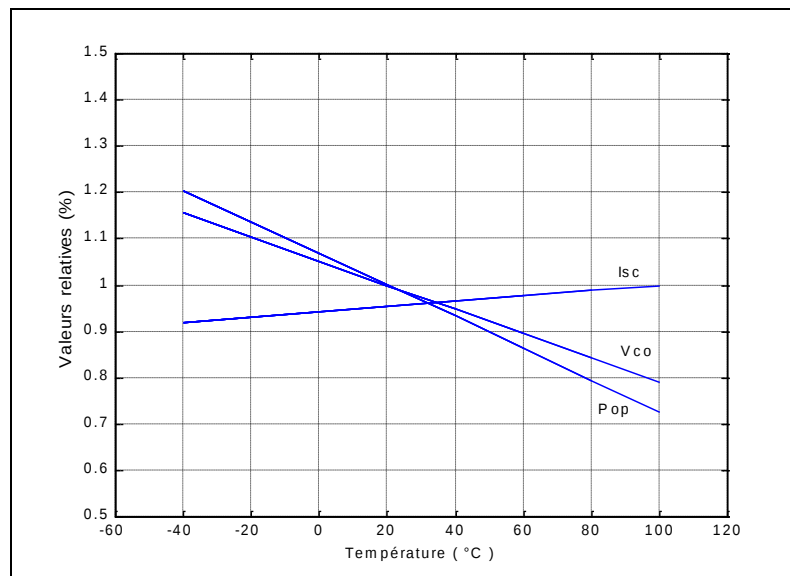


Figure II.12: Influence de la température sur I_{sc} , V_{co} , P_{op}

II-7-5 Influence de la résistance série et la résistance shunt:

La figure II.12 montre l'influence de la résistance série sur la courbe I - V de la cellule qui se traduit par une diminution de la pente de la courbe de puissance P - V dans la zone où la cellule fonctionne comme générateur de tension constante [12].

La résistance shunt est généralement très élevée, si elle est trop faible, elle aura un impact sur la tension de circuit ouvert de la cellule ; en outre, une cellule ne donnera plus de tension sous faible éclairement si la résistance shunt est trop faible [9].

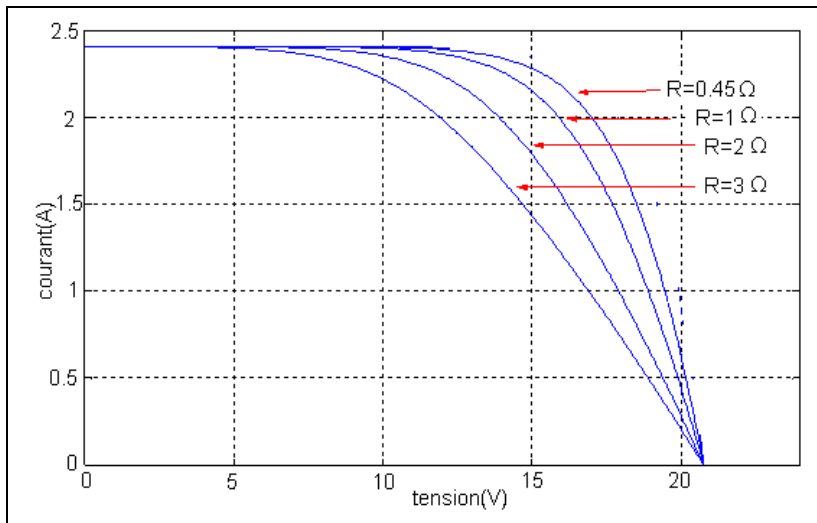


Figure II.13: Influence de la résistance série sur la caractéristique I-V

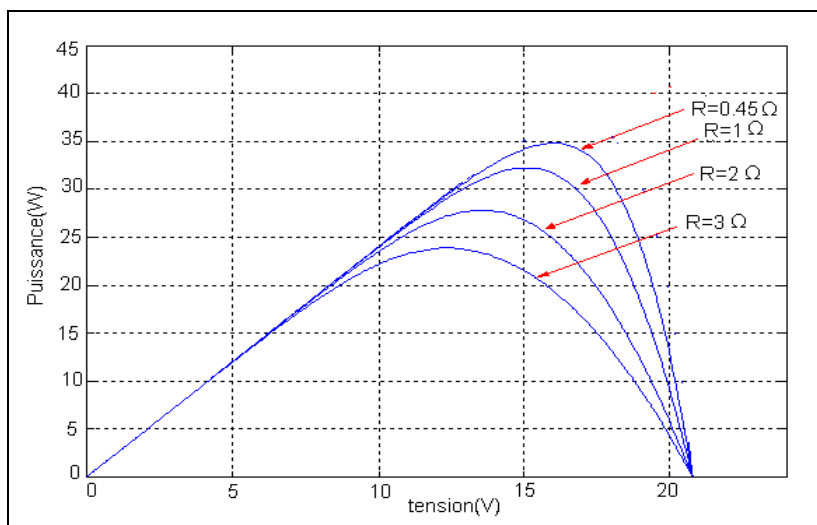


Figure II.14: Influence de la résistance série sur la caractéristique P-V

II-7-6 Rendement:

Le rendement d'un générateur PV est défini comme étant le rapport entre la puissance électrique fournie (puissance que l'on peut extraire au point optimum) à la puissance du rayonnement d'incident: [10, 11,12] :

$$\eta_{PV} = \frac{I.V}{E.A} \quad , \quad \text{Où } A : \text{surface effective de générateur en } m^2 . \quad (\text{II.19})$$

II-7-7 Facteur de forme:

On identifié le facteur de forme, par le rapport de la puissance maximum au produit de courant de court-circuit et de la tension du circuit ouvert [10, 11,12] :

$$FF = \frac{I_{op} V_{op}}{I_{sc} V_{oc}} \quad (II.20)$$

II-7-8 Association de Cellules Photovoltaïques en Série:

Dans un groupement en série, les cellules sont traversées par le même courant et la caractéristique résultante du groupement en série est obtenue par addition des tensions à courant donné.

La figure II.14 montre la caractéristique résultante (I_{sc}, V_{sc}) obtenue en associant en série (indice s) N_s cellules identiques (I_{cc}, V_{co}) [8]:

$$I_{sc} = I_{cc} \text{ et } V_{sc} = N_s \cdot V_{co}$$

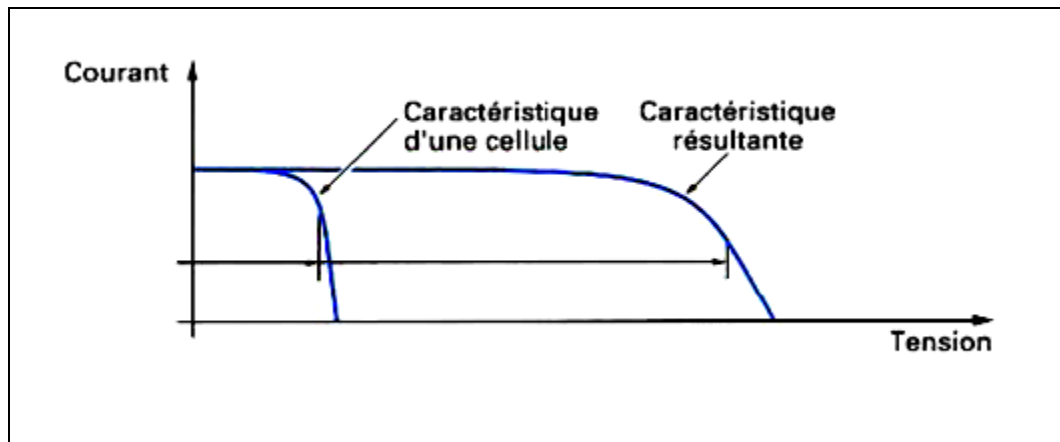


Figure II.15: Caractéristique résultante d'un groupement en série de N_s cellules identiques [8]

II-7-9 Association de Cellules Photovoltaïques en Parallèle:

Les propriétés du groupement en parallèle des cellules sont duales de celles du groupement en série. Ainsi, dans un groupement de cellules connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante du groupement est obtenue par addition des courants à tension donnée. La figure II15 montre la caractéristique résultante (I_{pcc}, V_{pco}) obtenue en associant en parallèle (indice p) N_p cellules identiques [8]:

$$I_{pcc} = N_p \cdot I_{cc} \text{ et } V_{pco} = V_{co}$$

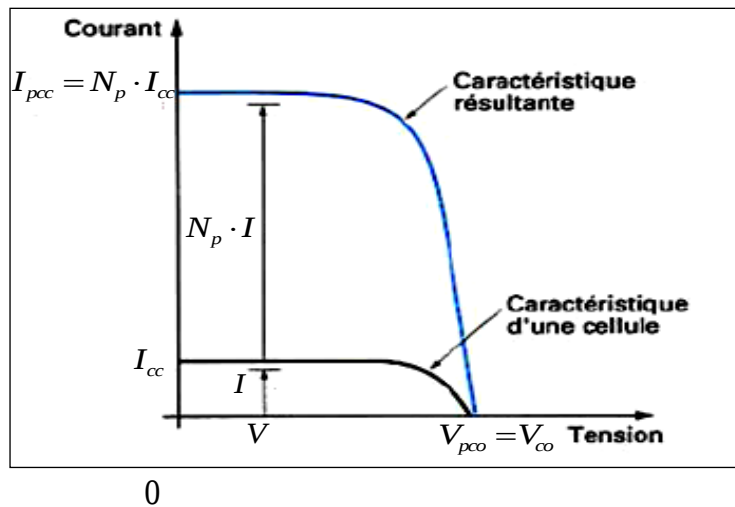


Figure II.16: Caractéristique résultante d'un groupement constitué de N_p cellules identiques en parallèle [8]

II-8 LES SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES:

On ne peut pas considérer les modules photovoltaïques comme simples générateurs d'énergie électrique en remplacement d'un réseau, mais associer étroitement ces modules à un système complet pour une application bien spécifique correspondant à un besoin défini.

Les systèmes photovoltaïques les plus couramment utilisés sont de deux types :

II-8-1 Les systèmes photovoltaïques avec stockage électrique :

(Batterie d'accumulateurs électrochimiques), ceux-ci alimentent des appareils d'utilisation

- soit directement en courant continu

-soit en courant alternatif par l'intermédiaire d'un convertisseur continu- alternatif (onduleur).

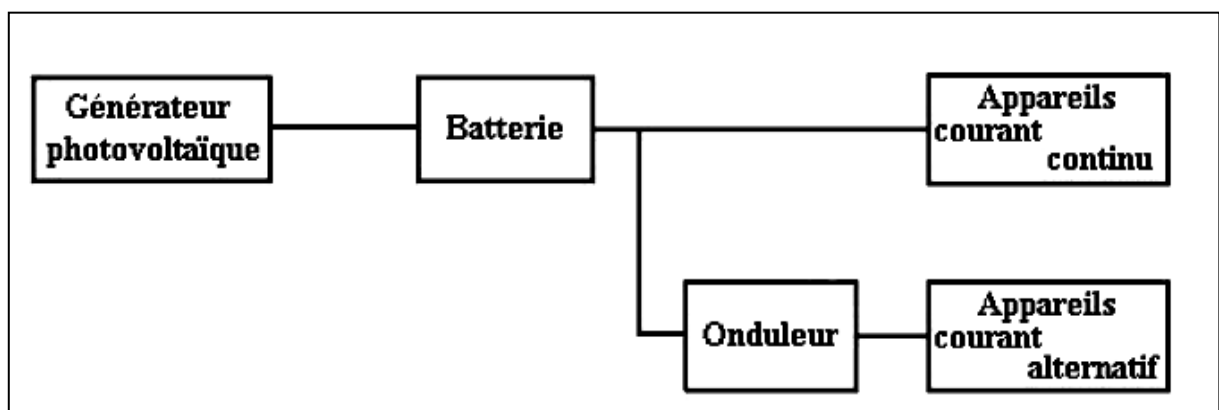


Figure II.18: Schéma synoptique d'un système photovoltaïque avec stockage

II-8-2 Les systèmes à couplage direct sans batterie :

(Fonctionnement dit aussi < au fil du soleil >).

Les appareils d'utilisation sont branchés soit directement sur le générateur solaire, soit, éventuellement, par l'intermédiaire d'un convertisseur continu-continu (adaptateur d'impédance).

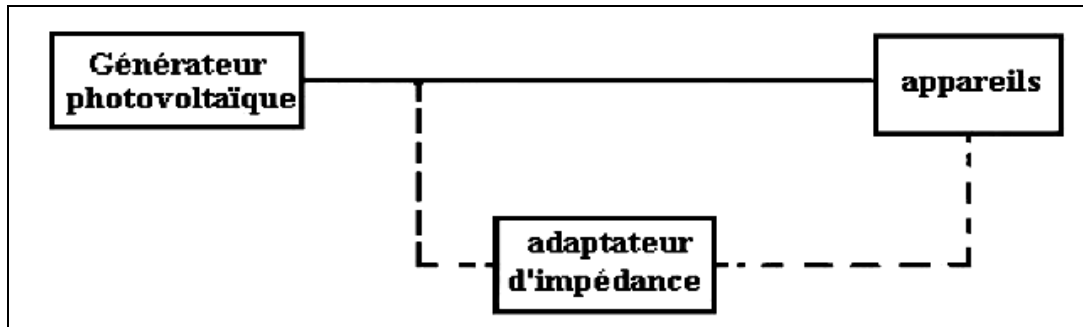


Figure II.19: Schéma synoptique d'un système photovoltaïque à couplage direct

Pour les systèmes sans batterie, il y a possibilité d'avoir recours à un stockage mais qui ne sera pas sous forme électrochimique.

Exemple :

- pompage $\Rightarrow$ stockage par réservoir d'eau.
- Réfrigération $\Rightarrow$ stockage de froid.

Le choix de tel ou tel système se fera en fonction de différents critères : simplicité, application, environnement, etc.

Toutefois l'étude de systèmes photovoltaïques se ramène à l'étude de l'adaptation de la charge constituée, soit d'une batterie, d'une charge quelconque par rapport à l'ensemble des modules solaires.

Comme il est vu précédemment, on recherchera à optimiser le système pour avoir le meilleur rendement d'adaptation du système (rapport de l'énergie électrique fournie à l'utilisation à l'énergie électrique qu'aurait pu fournir le générateur fonctionnant toujours à son point de puissance maximum).

Un système photovoltaïque est donc constitué du générateur, et des charges à alimenter. Ces charges sont de type courant continu ou courant alternatif.

Les diverses composantes d'un système photovoltaïque sont représentées symboliquement sur le schéma généralisé suivant (fig. II.19).

Cette représentation synoptique recouvre à peu près tous les cas de figure II.18, mais il est bien certain qu'un système photovoltaïque ne comporte en général qu'un certain nombre des éléments représentés ici.

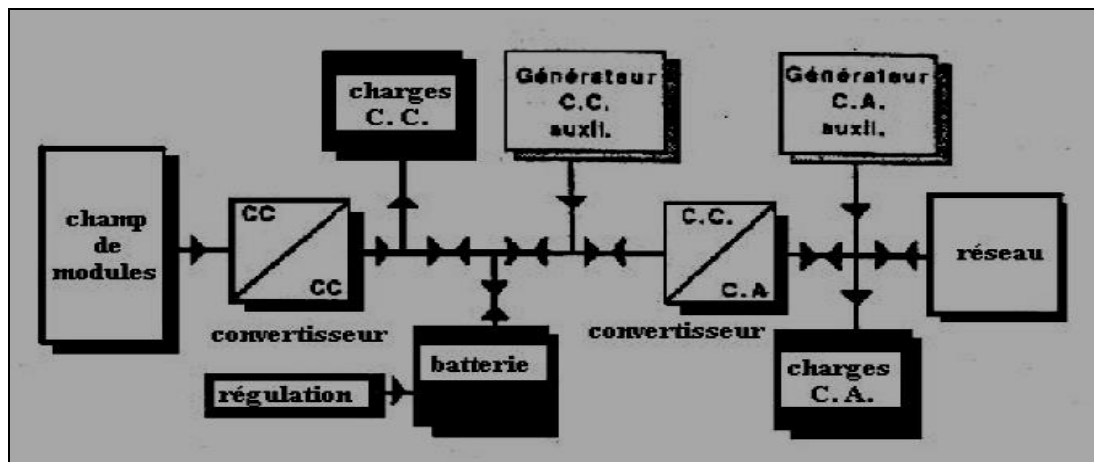


Figure II.20 Schéma synoptique d'un système photovoltaïque

II-9 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE L'ENERGIE PHOTOVOLTAÏQUE:

II-9-1 Avantages :

- D'abord une haute fiabilité. L'installation ne comporte pas de pièces mobiles qui la rend particulièrement appropriée aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les engins spatiaux.
- Ensuite le caractère modulaire des panneaux photovoltaïques permet un montage simple et adaptable à des besoins énergétiques divers. Les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications de puissances allant du milliwatt au MégaWatt.
- Le coût de fonctionnement est très faible vu les entretiens réduits et il ne nécessite ni combustible, ni son transport, ni personnel hautement spécialisé.
- 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.

II-9-2 Inconvénients :

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

- Le rendement réel de conversion d'un module est faible, de l'ordre de 10-15 % avec une limite théorique pour une cellule de 28%. Les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs par rapport aux générateurs diesel que pour des faibles demandes d'énergie en régions isolées.
- Lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le coût du générateur est accru.
- Le stockage de l'énergie électrique pose encore de nombreux problèmes.

II-10-CONCLUSION:

Dans ce chapitre on a représenté le principe de la cellule photovoltaïque et les caractéristiques de Générateur PV et ses Performances, les systèmes photovoltaïques, les avantages et les inconvénients, le chapitre suivant nous avons étudié la méthode pour l'optimisation de photovoltaïque MPPT et faire des tests réels.

Chapitre III

Testes et résultats de simulation pour a la poursuite du point de Puissance maximale

III.1 Introduction

Dans Ce chapitre présente l'optimisation des performances de contrôle d'un système photovoltaïque, par la méthode de la poursuite du point de puissance maximum (MPPT). Les résultats de simulation en temps réel obtenus sous différentes conditions de fonctionnement montrent une nette amélioration des performances de contrôle par MPPT du système photovoltaïque.

III.2 La Commande MPPT Perturbation Puis Observation :

III.2.1 Principe des commandes "Perturbation et Observation" (P&O) :

Le principe des commandes MPPT de type **P&O** consiste à perturber la tension V_{pv} d'une faible amplitude autour de sa valeur initiale et d'analyser le comportement de la variation de puissance P_{pv} qui en résulte. Ainsi, comme l'illustre la figure III.1, on peut déduire que si une incrémentation positive de la tension V_{pv} engendre un accroissement de la puissance P_{pv} , cela signifie que le point de fonctionnement se trouve à gauche du PPM. Si au contraire, la puissance décroît, cela implique que le système a dépassé le PPM. Un raisonnement similaire peut être effectué lorsque la tension décroît. A partir de ces diverses analyses sur les conséquences d'une variation de tension sur la caractéristique $P_{pv}(V_{pv})$, il est alors facile de situer le point de fonctionnement par rapport au PPM, et de faire converger ce dernier vers le maximum de puissance à travers un ordre de commande approprié.

En résumé, si suite à une perturbation de tension, la puissance PV augmente, la direction de perturbation est maintenue. Dans le cas contraire, elle est inversée pour reprendre la convergence vers le nouveau PPM. [11]

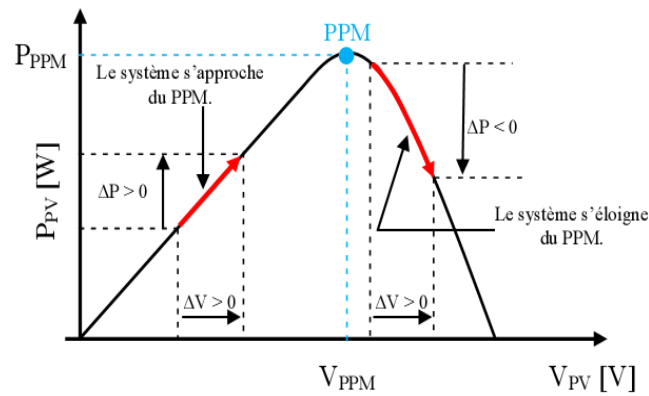


Figure III.1 Caractéristique $P_{pv}(V_{pv})$ d'un panneau solaire.

III.2.2 Structure de l'algorithme P&O :

La figure III.2 représente l'algorithme classique associé à une commande MPPT de type P&O, où l'évolution de la puissance est analysée après chaque perturbation de tension. Pour ce type de commande, deux capteurs (courant et tension du GPV) sont nécessaires pour déterminer la puissance du PV à chaque instant.

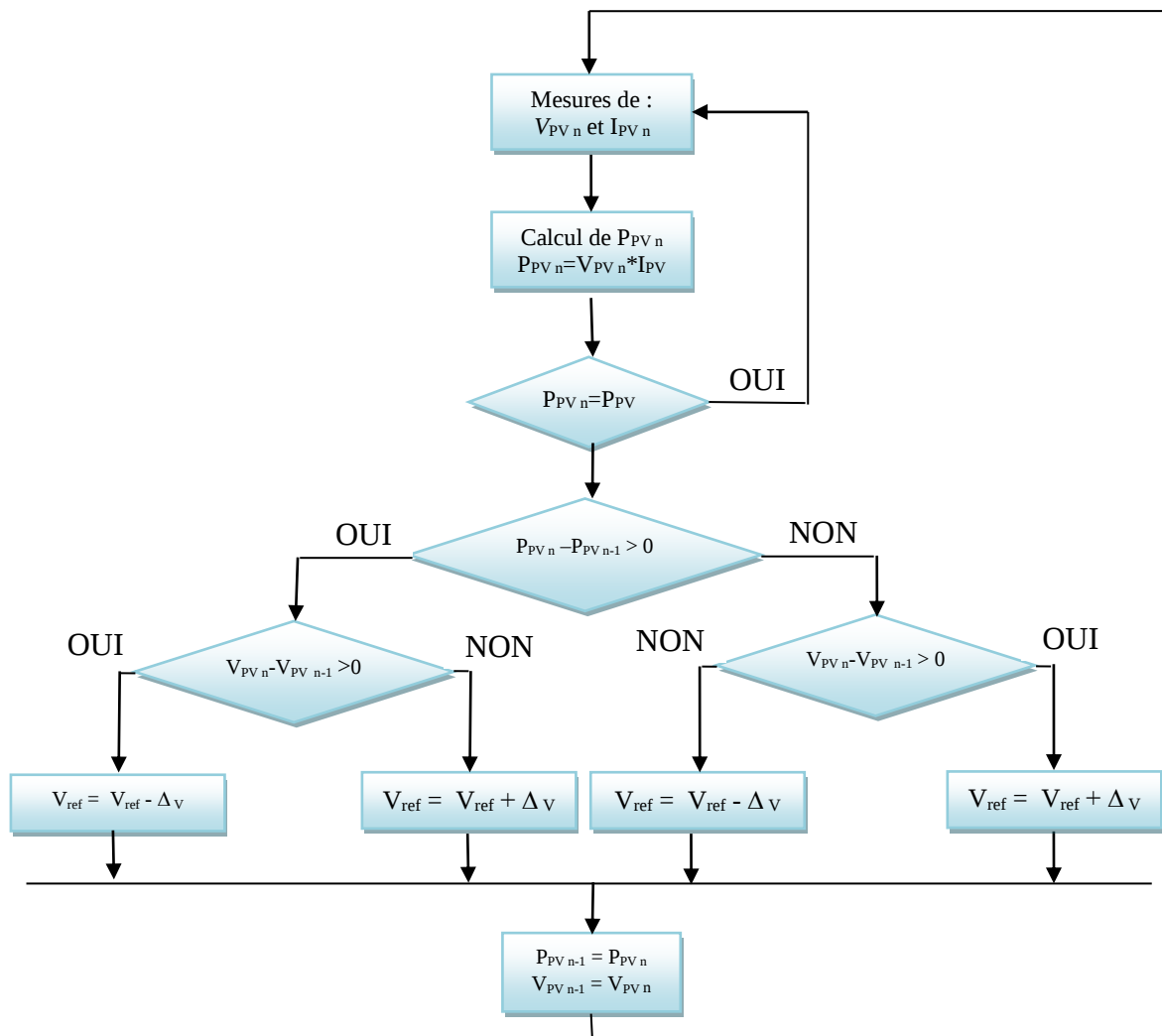


Figure III.2 Algorithme de la méthode P&O.

La méthode P&O est aujourd'hui largement utilisée de par sa facilité d'implémentation, cependant elle présente quelques problèmes liés aux oscillations autour du PPM qu'elle engendre en régime établi car la procédure de recherche du PPM doit être répétée périodiquement, obligeant le système à osciller en permanence autour du PPM, une fois ce dernier atteint. Ces oscillations peuvent être minimisées en réduisant la valeur de la variable de perturbation. Cependant, une faible valeur d'incrément ralenti la recherche du PPM, il faut donc trouver un compromis entre précision et rapidité. Ce qui rend cette commande difficile à optimiser.

En effet, si on analyse en détail ce mode de recherche, il présente des erreurs d'interprétation au niveau de la direction à suivre pour atteindre le PPM lorsque des variations brusques des conditions climatiques ou/et de charge apparaissent, comme cela est décrit sur la figure III.3.

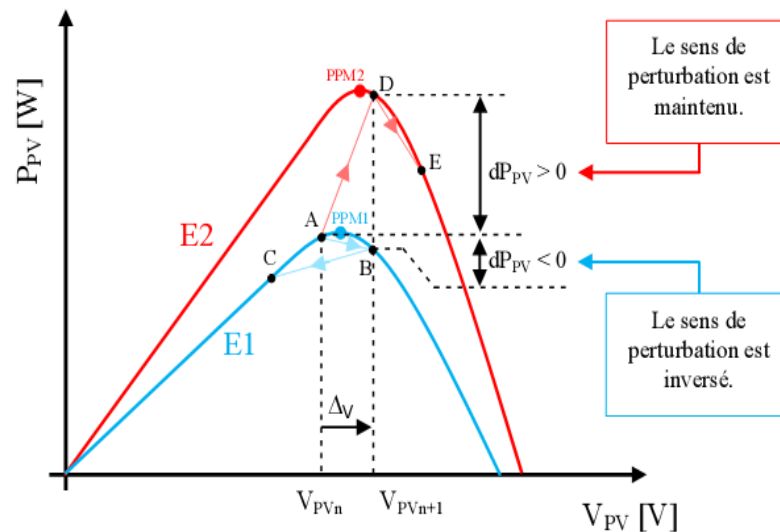


Figure III.3 Divergence de la commande P&O lors de variation d'irradiation.

Pour comprendre, prenons l'exemple d'un éclairement donné, noté E1, avec un point de fonctionnement se situant en A. suite à une perturbation de tension de valeur ΔV , ce dernier bascule en B, impliquant, dans un fonctionnement sans variation d'éclairement, une inversion

Du signe de la perturbation due à la détection d'une dérivée de la puissance négative entraînant en régime d'équilibre, des oscillations autour du PPM causées par la trajectoire du point de fonctionnement entre les points B et C. on peut noter que des pertes de transfert de la puissance seront plus ou moins importantes en fonction des positions respectives des points B et C par rapport à A. Lors d'un changement d'irradiation (évolution des caractéristiques $P(V)$ du module de E_1 à E_2), le point de fonctionnement se déplace alors de A vers D, qui est interprété dans ce cas-là, par une variation positive de la puissance. Le système n'ayant pas la possibilité de voir l'erreur de trajectoire lié au changement de caractéristique, le signe de la perturbation ne change pas et le

système s'éloigne momentanément du PPM en direction du point E. Au mieux, ceci occasionne une non- optimisation de la puissance momentanée. [8]

Cependant, dans le pire des cas, le système de recherche peut se perdre et se retrouver en butée, soit en circuit ouvert soit en court-circuit entraînant une perte définitive du PPM. Ceci entraînant, en cas de conditions météorologiques défavorables de fortes lacunes au niveau de la commande.

III.3 Application MPPT: Simulations en temps réel

D'abord, pour simuler le système, il est nécessaire d'utiliser les données d'ensoleillement et température d'une location spécifique durant 24 heures. Cette simulation permet de tester le modèle d'une manière suffisante. Pour cela, nous avons choisi les données à travers la région de Bechar, Algérie et les données météorologiques pour une journée type de chaque saison sont regroupées les tableaux suivants.

Les données géographiques de Bechar sont :- Latitude : 31,38N - Longitude : 2,15W. [14]

1^{er} test : (Saison Hiver -Janvier-)

Tableau III.1: Les données météorologiques pour un journée type de saison hiver (janvier).

Heure	G (W)	Tj (°C)
06:00	0	6
07:00	0	6
08:00	5.2	7
09:00	227.77	9
10:00	620.1	17
11:00	800.12	18
12:00	833.34	19.6
13:00	760.12	20.1
14:00	638.89	21
15:00	520.2	21.4
16:00	170.89	19.4
17:00	2.77	19.7
18:00	0	16.7
19:00	0	15
20:00	0	14
21:00	0	13

Les figures III.5 montrent respectivement l'évaluation de la tension, courant optimaux et la puissance effectués par la commande MPPT au cours d'un jour d'hiver (*Janvier*)..

Il est clair sur la figure III.5 et III.4 que la variation du courant optimal suit l'éclairement. Il augmente un peu en début de matinée. Par contre, en milieu de journée le point de fonctionnement du panneau PPM diminue.

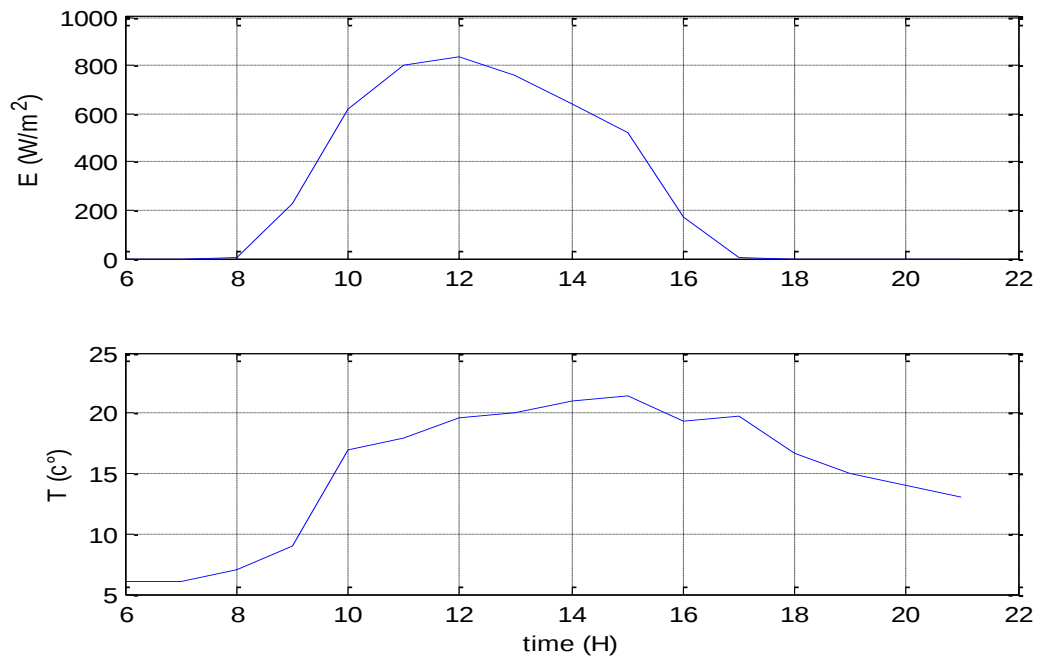


Figure III.4: Les conditions climatique d'un jour à partir de saison hiver (janvier).

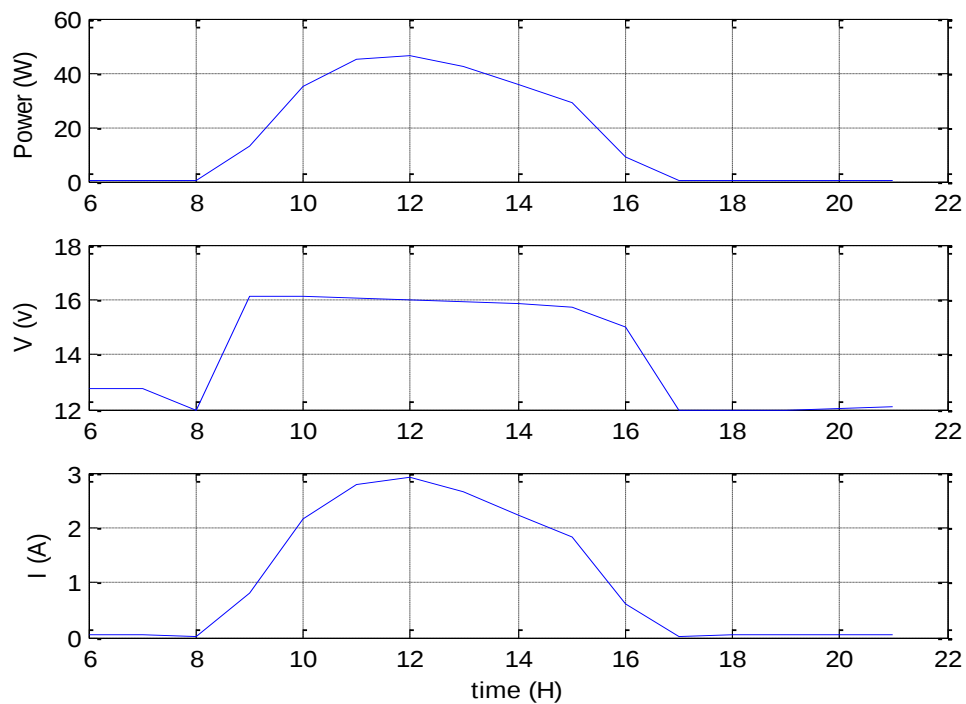


Figure III.5: Les grandeurs électrique (P, V, I) optimaux d'un jour à partir de saison hiver (janvier).

Tableau III.2 : les caractéristiques électrique en fonction du temps.

Heure	I(A)	V(v)	P(w)
06:00	0.0344	12.7600	0.4393
07:00	0.0344	12.7600	0.4393
08:00	0.0175	12.0000	0.2102
09:00	0.7999	16.1450	12.9150
10:00	2.1735	16.1350	35.0699
11:00	2.7974	16.0850	44.9964
12:00	2.9120	15.9600	46.4755
13:00	2.6583	15.9300	42.3475
14:00	2.2378	15.8400	35.4465
15:00	1.8238	15.7450	28.7151
16:00	0.5990	15.0200	8.9964
17:00	0.0046	12.0000	0.0546
18:00	0.0335	12.0000	0.4020
19:00	0.0340	12.0000	0.4086
20:00	0.0343	12.0150	0.4121
21:00	0.0343	12.1050	0.4155

2^{eme} test : (Saison Printemps - Mars-)

Tableau III.3 : Les données météorologiques pour un journée type de saison Printemps (Mars).

Heure	G (W)	Tj (°C)
06:00	5.54	13.2
07:00	7.22	13.4
08:00	120.85	13
09:00	236.11	12.8
10:00	540.84	13.9
11:00	850.29	14.9
12:00	927.78	16.8
13:00	925	18
14:00	820	19.8
15:00	672.22	21
16:00	510.22	21
17:00	230.8	21
18:00	150	21
19:00	1.2	16.8
20:00	0	16
21:00	0	16

Donc de même manière du simulation le technique précédemment, il est nécessaire d'utiliser les données d'ensoleillement et température d'une location spécifique durant 24 heures. Et pour choisi les même données à travers la région Béchar en Mars

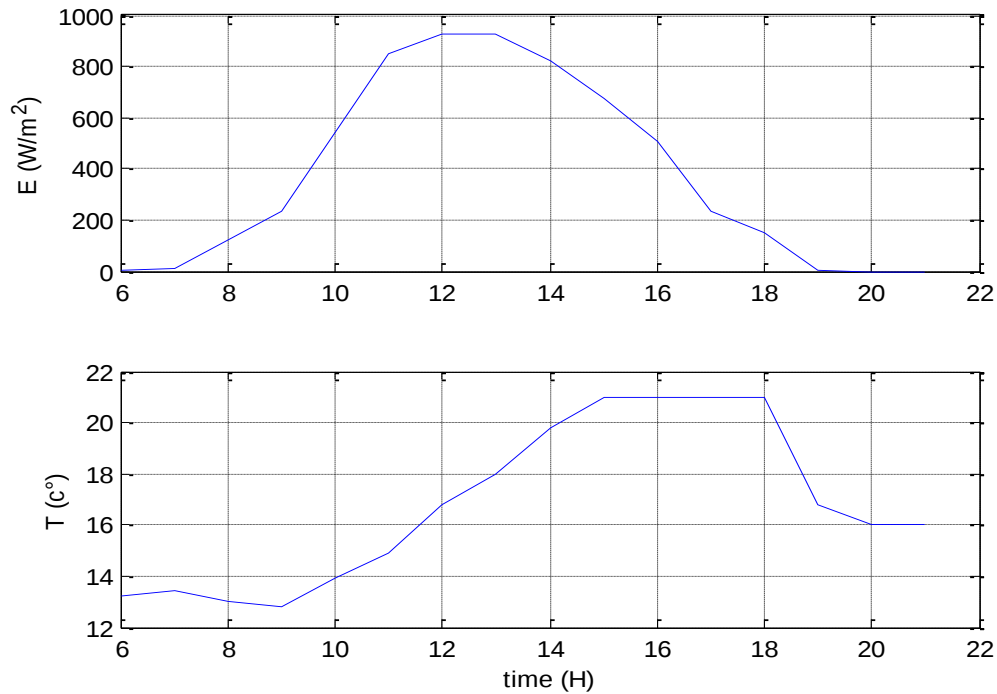


Figure III.6: Les condition climatique d'un jour à partir de saison Printemps (Mars).

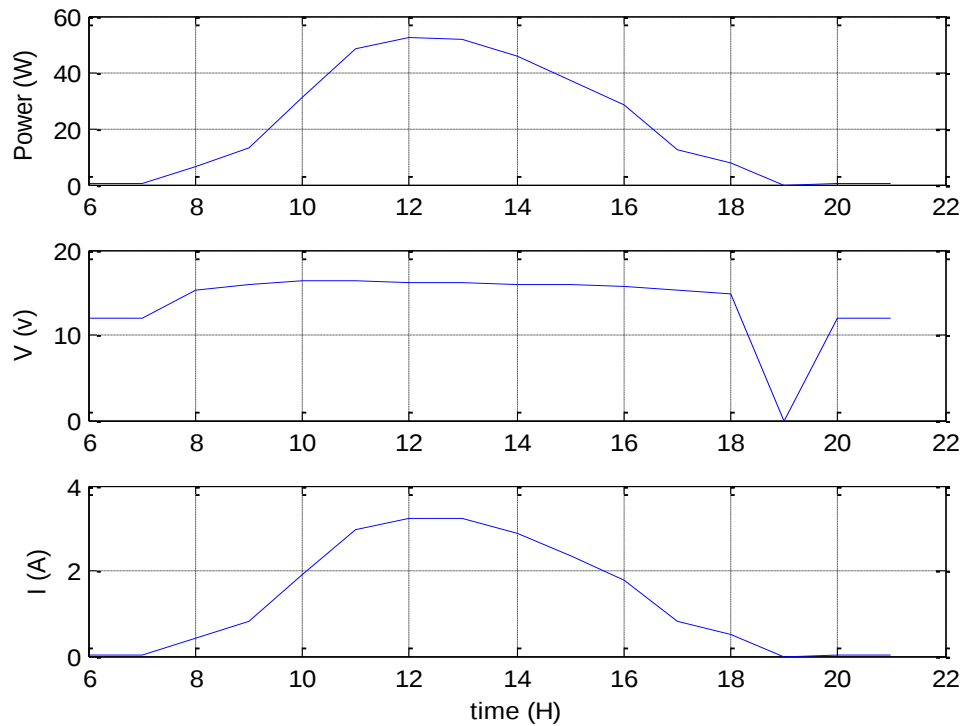


Figure III.7: Les grandeur électrique (P, V, I) optimaux d'un jour à partir de saison Printemps (Mars).

Tableau III. 4: les caractéristiques électrique en fonction du temps.

Heure	I(A)	V(v)	P(w)
06:00	0.0175	12.0000	0.2095
07:00	0.0238	12.0000	0.2861
08:00	0.4232	15.1800	6.4242
09:00	0.8290	15.8700	13.1570
10:00	1.8978	16.3300	30.9913
11:00	2.9723	16.3050	48.4632
12:00	3.2385	16.1450	52.2858
13:00	3.2280	16.0600	51.8410
14:00	2.8653	15.9500	45.7016
15:00	2.3536	15.8500	37.3042
16:00	1.7892	15.7650	28.2075
17:00	0.8095	15.1900	12.2968
18:00	0.5251	14.7550	7.7483
19:00	0	0	0
20:00	0.0337	12.0000	0.4048
21:00	0.0337	12.0000	0.4048

3^{eme} test : (Saison Eté - Juillet-) (une journée ensoleillée)

Tableau III.5: Données météorologiques pour un journée type de saison Eté (Juillet)

Heure	G (W)	Tj (°C)
06:00	8.33	27
07:00	180.2	28.8
08:00	520	30
09:00	650	33.1
10:00	760	33.8
11:00	850	34.2
12:00	975	34.6
13:00	970	35.9
14:00	950	36.5
15:00	800	37.5
16:00	680.89	38.2
17:00	510.48	37.9
18:00	227.77	37
19:00	100.8	35.5
20:00	16.2	35
21:00	0	34.4

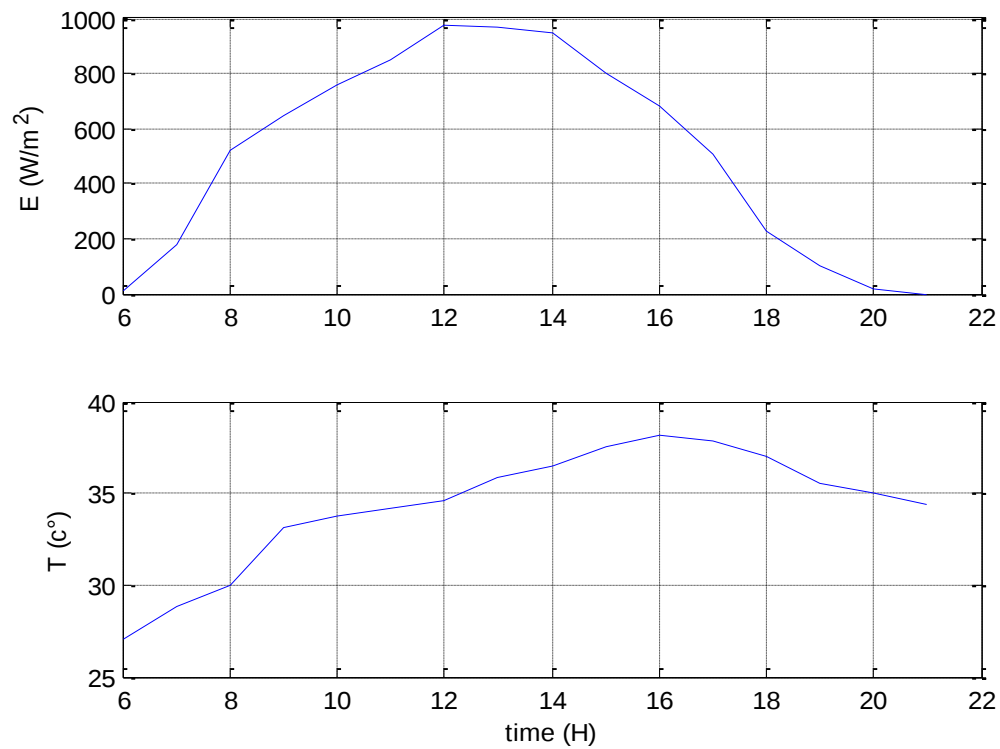


Figure III.8: Données d'ensoleillement et température d'un jour à partir de saison Eté (Juillet)

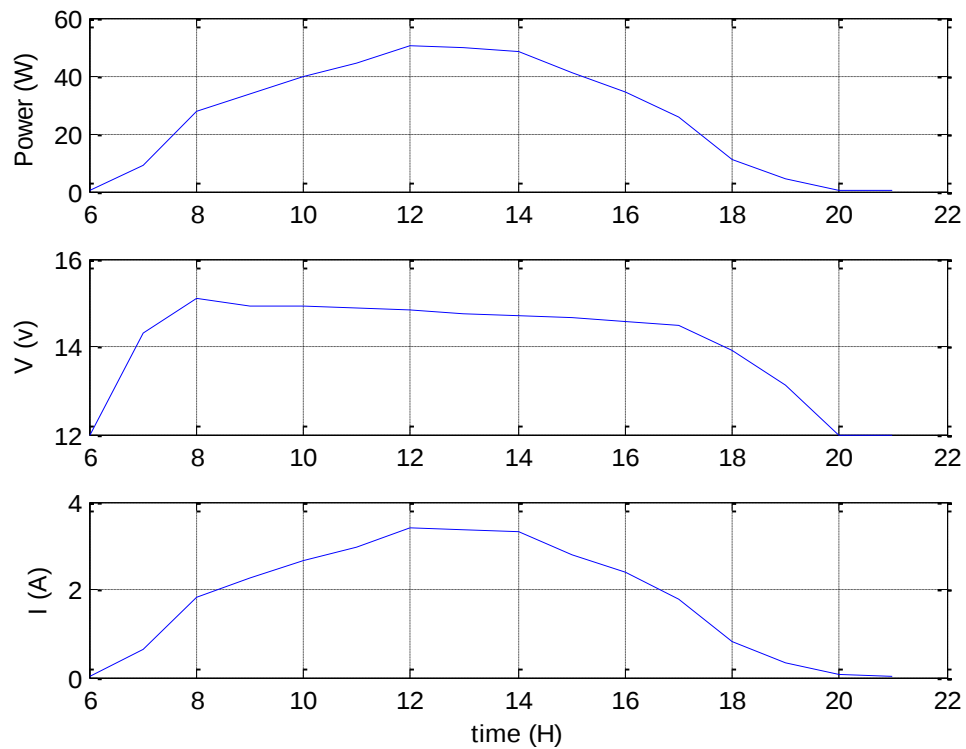


Figure 3.9: Les grandeur électrique (P, V, I) optimaux d'un jour à partir de saison Eté (Juillet)

Tableau III. 5: les caractéristiques électrique en fonction du temps.

Heure	I(A)	V(v)	P(w)
06:00	0.0220	12.0000	0.2635
07:00	0.6305	14.3150	9.0251
08:00	1.8205	15.0900	27.4710
09:00	2.2711	14.9400	33.9296
10:00	2.6503	14.9200	39.5423
11:00	2.9601	14.8900	44.0760
12:00	3.3863	14.8450	50.2696
13:00	3.3686	14.7500	49.6873
14:00	3.2990	14.7150	48.5454
15:00	2.7857	14.6500	40.8112
16:00	2.3747	14.5750	34.6120
17:00	1.7838	14.4850	25.8385
18:00	0.7959	13.9050	11.0665
19:00	0.3506	13.1000	4.5925
20:00	0.0453	12.0000	0.5436
21:00	0.0220	12.0000	0.2637

4^{eme} test : (Saison Automne -Octobre-)

Tableau III. 7: Données météorologiques pour un journée type de saison Automne (Octobre)

Heure	G (W)	Tj (°C)
06:00	0	17.4
07:00	6.9	19
08:00	89	21
09:00	294.4	24
10:00	510.22	26.7
11:00	830	27
12:00	900	28.3
13:00	880.27	30.2
14:00	830	30
15:00	627.78	29.6
16:00	481	28
17:00	230.65	27.8
18:00	97.223	27.8
19:00	20.01	26
20:00	1	25
21:00	0	23.4

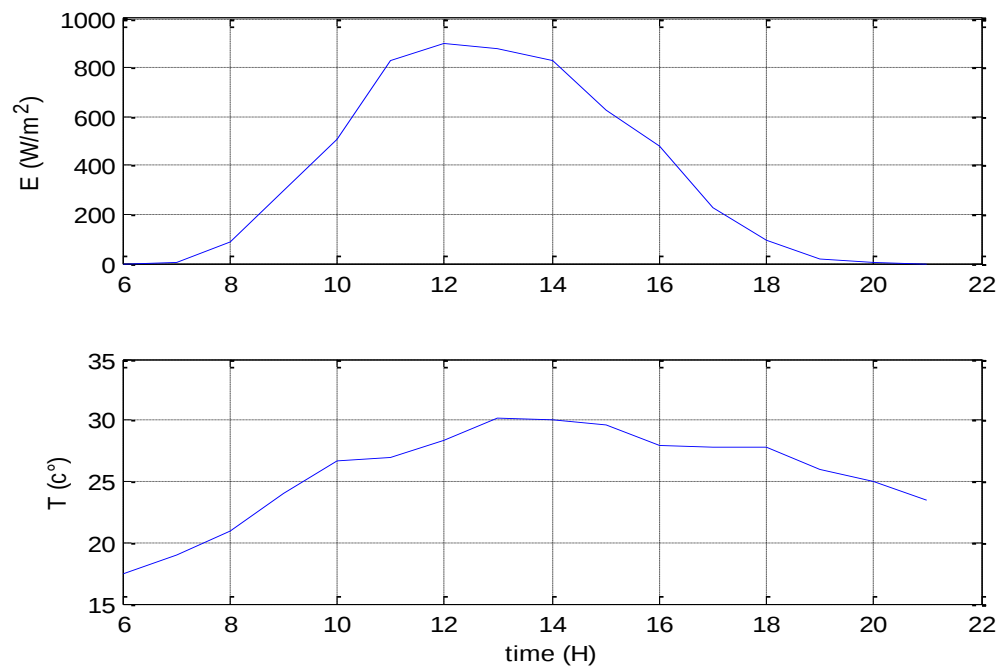


Figure III.10: Les condition climatique d'un journée automnale (Octobre)

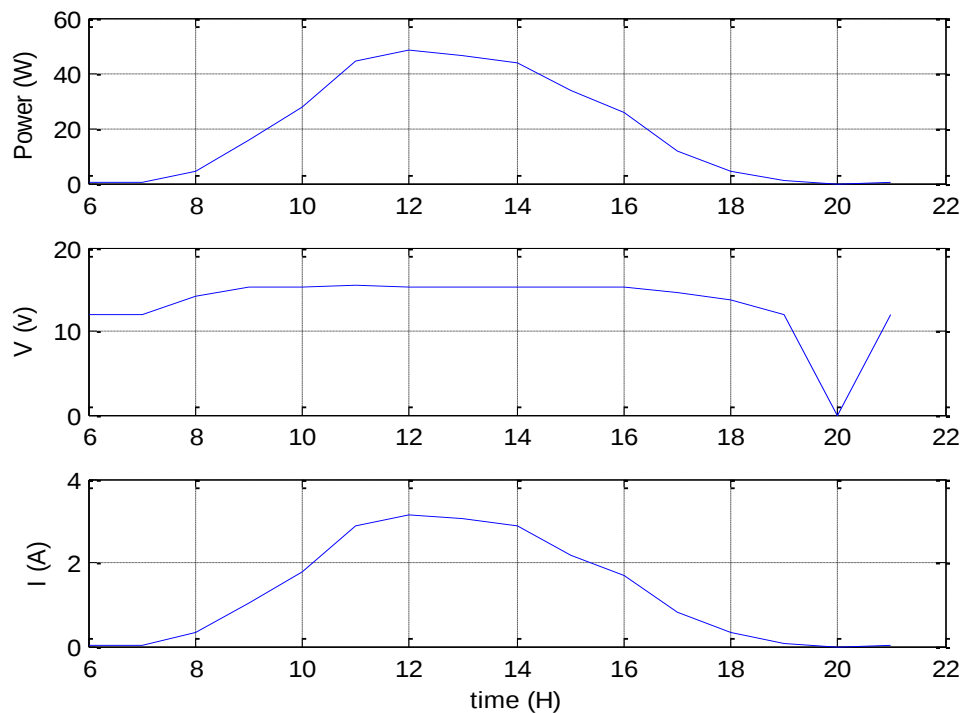


Figure 3.11: Les grandeur électrique (P, V, I) d'un journée automnale (Octobre)

Tableau III.8: les caractéristiques électriques d'une journée automnale

Heure	I(A)	V(v)	P(w)
06:00	0.0333	12.0000	0.3991
07:00	0.0207	12.0000	0.2488
08:00	0.3107	14.1550	4.3979
09:00	1.0325	15.1700	15.6636
10:00	1.7877	15.3300	27.4053
11:00	2.8958	15.4200	44.6540
12:00	3.1357	15.3150	48.0229
13:00	3.0666	15.1800	46.5512
14:00	2.8940	15.2000	43.9885
15:00	2.1959	15.1900	33.3559
16:00	1.6849	15.2050	25.6185
17:00	0.8080	14.6450	11.8337
18:00	0.3389	13.6950	4.6414
19:00	0.0677	12.0000	0.8121
20:00	0	0	0
21:00	0.0306	12.0000	0.3672

On remarque à partir des tests précédents qu'en début de matinée comme en soirée, le module PV fournit une puissance très faible comparable avec une journée ensoleillée où le système fonctionne mieux sous ses conditions. Toutefois, la diminution significative de l'énergie produite est peut-être liée aux autres facteurs (neige par exemple).

De toute évidence, le système fonctionne beaucoup mieux dans des conditions ensoleillées. Les données utilisées pour la journée nuageuse ont laissé tomber la puissance maximale de PV d'environ 80%, indiquant que le maximum de deux pouvoirs consécutifs de journées nuageuses peuvent être traités par le système. Toutefois, étant donné la diminution importante de l'énergie produite par le générateur photovoltaïque, il peut avoir été un autre facteur (la neige par exemple) qui n'aurait pas eu une telle question à une latitude plus basse. Par conséquent, je recommande que des simulations soient exécutées pour plusieurs scénarios de plus par jour nuageux. En outre, une simulation dans laquelle la journée nuageuse est suivie par une journée ensoleillée peut nous donner une idée de la rapidité avec laquelle le système serait en mesure de rebondir à condition normale.

III.4 Conclusion :

Pour avoir le meilleur transfert de puissance de le générateur photovoltaïque 'PV' nous avons utilisé le technique d'optimisation des performances d'un système photovoltaïque, par la méthode de la poursuite du point de puissance maximum (MPPT). Les résultats de simulation en temps réel obtenus sous différentes conditions de fonctionnement montrent une nette amélioration des performances de contrôle par MPPT du système photovoltaïque.

Différents résultats de sortie du générateur photovoltaïque pour différentes valeurs d'insolation et de température, ont été obtenus en utilisant le contrôleur MPPT de l'algorithme P&O peut s'avérer nécessaire dans le cas de brusques changements de des conditions climatiques.

CONCLUSION GÉNÉRALE

A la fin de ce modeste travail on peut dire que notre contribution a été axée sur l'énergie solaire qui en plus d'être renouvelable est aussi d'une flexibilité utile, cette énergie qui est fournie par des générateurs photovoltaïque caractérisés par un point où la puissance est maximale.

Ce point se déplace en fonction des conditions atmosphériques, un mécanisme de poursuite s'avère indispensable pour une efficacité meilleure du générateur.

A travers ce projet, l'algorithme MPPT technique P&O est proposée afin de maximiser le profit en termes d'énergie qui alimentant la charge ce qui signifie la minimisation des pertes d'énergie.

Pour avoir le meilleur transfert de puissance de le générateur photovoltaïque 'PV' nous avons utilisé le technique d'optimisation des performances d'un système photovoltaïque, par la méthode de la poursuite du point de puissance maximum (MPPT). Les résultats de simulation en temps réel obtenus sous différentes conditions de fonctionnement montrent une nette amélioration des performances de contrôle par MPPT du système photovoltaïque.

Différents résultats de sortie du générateur photovoltaïque pour différentes valeurs d'insolation et de température, ont été obtenus en utilisant le contrôleur MPPT de l'algorithme P&O peut s'avérer nécessaire dans le cas de brusques changements de des conditions climatiques.

Alors, on peut dire que les résultats obtenus a partir de notre application pratique de la programmation sont très satisfaisants.

Bibliographie

- [1] **Yannick Veschetti,**
" Modélisation, caractérisation et réalisation de nouvelles Structures
Photovoltaïque sur substrat de silicium mince". Thèse de Doctorat, Université
Louis pastor, Strasbourg 2005.

- [2] **Alain Bilbao Learreta,**
" Réalisation de commandes MPPT numériques", Diplôme ingénieur technique
Industriel toulouse2004.

- [3] **Rezzoug Mouhamed Ridha ,**
" Etude et conception d'un positionneur automatique de panneau solaire
Mémoire de Magister. Centre universitaire d'Oum El Bouaghi 2005.

- [4] **Corrine Alonso,**
" Contribution à l'optimisation, la gestion et le traitement De l'énergie".
Mémoire Université de Toulouse 2003.

- [5] **Mme Barkani Aicha,**
" Simulation d'un système photovoltaïque à thyristor Couplage à un moteur à
Courant continu", Mémoire de fin d'étude ingénieur. encadré par:
M^{me} F. Boulgamh, Centre universitaire d'Oum El Bouaghi 2001.

- [6] **Valérie Pommier, Marc Budinger, Gilles pérusot,**
" Les énergies renouvelables étude et optimisation du fonctionnement d'un
Système photovoltaïque" Toulouse 2005.

- [7] **A.Betka** "perspectives for the sake of photovoltaic puping development in
the south"Thèse de doctora , universite de Batna

- [8] **Alain Bilbao Ibarreta** "realization de commande MPPT numériques"
Thèse d'ingénieur toulouse (France) 2006
- [9] **L. Protin and S. Astier** " convertisseurs photovoltaïque " techniques
d'ingénieur D3360.1996
- [10] **Trishan Eram ,patrick L.Chapman** "comparison of photovoltaic
Array Maximum power point tracking techniques"University of Illinois
at Urbana-Champaign.
- [11] **Mann Kin (Eddie) Lee** " implementation of photovoltaic Maximum power
point tracking using a Micro controller " Bachelor of engineering,
Curtin University 2004
- [12] **[Http://fr.wikipedia.org/wiki/%c3%89nergie_renouvelable](http://fr.wikipedia.org/wiki/%c3%89nergie_renouvelable)**
- [13] **Yann Pankow** "Etude de l'intégration de la production décentralisée dans
un réseau Basse Tension.Application au générateur photovoltaïque" Thèse
de doctorat centre de Lille 2004
- [14] **M. Dahbi** « Etude et optimisation d'une installation Hybride PV-Eolienne
Autonome », mémoire de magister, option physique énergétique 2007.