

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

Université Ibn-Khaldoun de Tiaret



Faculté des Sciences appliquées
Département de Génie électrique et informatique industrielle

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Informatique industrielle

Présenté par :
ChaibHousseyn
Charef Mokhtar

Sujet du mémoire

Réalisation d'une poursuite solaire

Soutenu publiquement le 21 juin 2015 devant le jury composé de :

Mr.Belarbi Mustapha

President

Mr.SbaaMorsli

Examineur

Mr.NasriDjillali

Encadreur

Promotion 2014/2015

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères envers Monsieur Nasir Djillali mon enseignant, pour leur encadrement, leur disponibilité, leur compréhension et leur aide précieuse.

Nos remerciements aussi à Monsieur BouhawseMustapha et Monsieur Chehat Taharet Monsieur AyboutKada pour s'a disponibilité et son aide dans l'élaboration du projet.

Nous adressons aussi notre reconnaissance à tous ceux qui nous ont apporté leur aide précieuse.

Nous remercions le président et membres du jury pour bien vouloir évaluer notre travail.

Hocine et Mokhtar



Sommaire

Sommaire

| | |
|------------------------------|-----------|
| Sommaire | II |
| Liste de figures | V |
| Introduction générale | 1 |

Chapitre I :Généralité sur les générateurs photovoltaïques

| | |
|---|-----------|
| I.1 introduction | 3 |
| I.2 L'effet photovoltaïque | 3 |
| I.3 La cellule photovoltaïque | 4 |
| I.3.1Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque | 5 |
| I.4 Les différents types de panneaux photovoltaïques | 6 |
| I.4.1 Les panneaux PV avec des cellules monocristallines | 6 |
| I.4.2 Les panneaux PV avec des cellules poly-cristallines | 7 |
| I.4.3 Le module photovoltaïque amorphe | 8 |
| I.5 Paramètres d'une cellule photovoltaïque | 9 |
| I.5.1 courant de court-circuit (I_{cc}) | 9 |
| I.5.2 Tension de circuit-ouvert (V_{co}) | 9 |
| I.5.3 Rendement énergétique | 10 |
| I.5.4 Facteur de forme | 10 |
| I.6 Générateur photovoltaïque et ses performances | 10 |
| I.6.1 Caractéristique Courant-Tension | 11 |
| I.6.2Influence de l'éclairement et la température sur les courbes | 12 |
| I.6.3 Influence de l'association série des cellules PV | 14 |
| I.6.4 Influence de l'association parallèle des cellules PV | 15 |
| I.6.5 Influence de l'association mixte (Série + Parallèle) des cellules PV | 16 |
| I.7 Conclusion | 17 |

Chapitre II : Système poursuite solaire

| | |
|-------------------------|-----------|
| I.1 introduction | 18 |
|-------------------------|-----------|

SOMMAIRE

| | | |
|-----------------|---|-----------|
| II.2 | Système pour suiveur solaire | 18 |
| II.3 | Système pour suiveur solaire par programme | 18 |
| II.3.1 | Position du soleil par rapport à un observateur | 18 |
| II.3.1.1 | Angle de zénith (θ_Z) | 19 |
| II.3.1.2 | Angle d'azimut (γ) | 19 |
| II.3.1.3 | Angle extérieur d'azimut (γ_S) | 19 |
| II.3.1.4 | Angle d'incidence (θ) | 20 |
| II.3.2 | Orientation de la surface | 20 |
| II.3.2.1 | Rotation suivant un axe | 20 |
| II.3.2.2 | Axe vertical et inclinaison fixe de la surface | 20 |
| II.3.2.3 | Axe horizontal, surface parallèle à l'axe | 21 |
| II.3.2.4 | Rotation suivant deux axes | 22 |
| II.3.3 | Différents types de montures | 22 |
| II.3.3.1 | Monture al azimutale | 22 |
| II.3.3.2 | Monture équatoriale | 23 |
| II.3.4 | Composante du système de poursuite | 24 |
| II.3.4.1 | Partie commande | 24 |
| II.3.4.2 | Partie Electronique | 24 |
| II.4 | Système pour suiveur solaire par des capteurs | 25 |
| II.4.1 | Présentation du système | 26 |
| II.4.2 | Principe de fonction du système | 26 |
| II.5 | Les Avantages et Les inconvénients des systèmes de suivi solaire | 27 |
| II.5.1 | Les Avantages | 27 |
| II.5.2 | Les inconvénients | 28 |
| II.6 | Conclusion | 29 |

Chapitre III : réalisation et simulation du système poursuite solaire

| | | |
|--------------|--------------------------------|-----------|
| III.1 | Introduction | 30 |
| III.2 | Présentation du système | 30 |

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| III.2.1 Partie commande | 30 |
| III.2.2 Partie Mécanique | 30 |
| III.3 Circuit de commande | 31 |
| III.3.1 Capteur LDR | 31 |
| III.3.1.1 Définition | 31 |
| III.3.1.2 Principe de fonctionnement | 31 |
| III.3.2Le microcontrôleur | 32 |
| III.3.2.1 Les caractéristiques de pic 16f877 | 32 |
| III.3.2.2 Principales caractéristiques du PIC 16F877 | 32 |
| III.3.2.2.1 Mémoires du PIC | 33 |
| III.3.2.2.2Architecture Externe | 33 |
| III.3.2.3 Brochage du PIC 16F877 | 34 |
| III.3.3 Circuit L293 | 34 |
| III.4Partie mécanique | 35 |
| III.5Ecriture du programme | 36 |
| III.6Simulation et routage | 38 |
| III.6.1Présentation de l'ISIS | 38 |
| III.6.2Fonctionnement de la carte de simulation | 39 |
| III.7Réalisation du système | 40 |
| III.8 L'organigramme principal | 42 |
| III.9 L'organigramme des orientations | 43 |
| III.10 Conclusion | 43 |
| Conclusion générale | 44 |
| Bibliographie | 45 |
| Résumé | |

LISTE DE FIGURES

LISTE DE FIGURES

| | |
|--|-----------|
| Figure (I-1) Représentation schématique d'une cellule solaire | 5 |
| Figure (I-2) Schéma équivalent électrique de la cellule PV | 6 |
| Figure (I-3) Panneaux PV (cellule monocristalline) | 7 |
| Figure (I-4) Panneaux PV) cellule poly cristalline) | 8 |
| Figure (I-5) Module photovoltaïque amorphe | 8 |
| Figure (I-6) Caractéristique $I = f(V)$ d'un module photovoltaïque | 11 |
| Figure (I-7) L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I = f(V)$ | 12 |
| Figure (I-8) L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $P = f(V)$ | 13 |
| Figure (I-9) L'influence de la température sur la caractéristique $I = f(V)$ | 13 |
| Figure (I-10) L'influence de la température sur la caractéristique $P = f(V)$ | 14 |
| Figure (I-11) Association de N modules solaires en série | 15 |
| Figure (I-12) Caractéristique de nombre des modules en série | 15 |
| Figure (I-13) Association de N_p modules solaires en parallèle | 16 |
| Figure (I-14) Caractéristique de nombre des modules en parallèles | 16 |
| Figure (I-15) Association mixte $N_s \times N_p$ modules solaires | 17 |
| Figure (I-16) Caractéristique de nombre des modules en série et parallèle | 17 |
| Figure (II.1) Position du soleil par rapport à une surface inclinée | 20 |
| Figure (II.2) Orientation d'une surface (axe vertical) | 21 |
| Figure (II.3) Orientation d'une surface (axe horizontal) | 22 |
| Figure (II.4) Monture al azimutale | 23 |
| Figure (II.5) Monture équatoriale | 24 |

LISTE DE FIGURES

| | |
|---|-----------|
| Figure (II.6) Représentation du système de poursuite | 25 |
| Figure (II.7) Système de poursuite | 25 |
| Figure (II.8) Système de poursuite solaire | 26 |
| Figure (II.9) Système de poursuite par capteurs | 26 |
| Figure (II.10) Capteurs du lumières du soleil | 27 |
| Figure(III.1) Présentation du système | 30 |
| Figure(III.2) Capteur LDR | 31 |
| Figure(III.3) Brochage du PIC 16F877 | 34 |
| Figure(III.4) Brochage de l293 | 35 |
| Figure(III.5) Schéma du L293 | 35 |
| Figure(III.6) Présentation de la structure mécanique | 36 |
| Figure(III.7) Programme per pic c | 37 |
| Figure(III.8) Configuration du schéma de simulation par ISIS | 38 |
| Figure (III.10) Schéma de routage (partie commande) | 39 |
| Figure (III.11) Schéma de routage (partie puissance) | 39 |
| Figure (III.9) Schéma de routage (LDR) | 40 |
| Figure(III.10) Réalisation du système | 40 |
| Figure (III.14) Réalisation du carte (partie puissance) | 41 |
| Figure (III.13) Réalisation du carte (partie commande) | 41 |
| Figure (III.15) Réalisation du carte (LDR) | 42 |
| Figure (III.16) L'organigramme principal | 42 |
| Figure (III.17) L'organigramme des orientations | 43 |

Introduction générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les énergies renouvelables sont des énergies qui se renouvèlent assez rapidement pour être considérées comme inépuisable à l'échelle humaine du temps. Face aux prévisions d'épuisement inévitable des ressources mondiales en énergie fossile (pétrole, gaz, charbon...), en énergie d'origine thermonucléaire (uranium, plutonium...), face aux multiples crises pétrolières, économiques, aux changements climatiques dus à l'effet de serre, la science s'est tout naturellement intéressée aux ressources dites " renouvelables " et notamment vers la plus ancienne, le soleil, qui déverse chaque jour l'équivalent de 100 000 milliards de TEP (tonnes équivalent pétrole). Cette valeur est à comparer aux 9,58 milliards de TEP que représente la consommation annuelle mondiale en énergie primaire (1998).

Considéré dans l'Antiquité comme un dieu, le soleil est aujourd'hui réduit au statut d'énergie, une énergie qu'il nous faut la capter, la transformer, la stocker.... Capturer cette énergie et la transformer directement en électricité par effet photovoltaïque, provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium ou ceux qui sont recouvert d'une mince couche métallique. Ces matériaux photosensibles ont la propriété de libérer leurs électrons sous l'influence d'une énergie extérieure. C'est l'effet photovoltaïque. L'énergie est apportée par les photons, (composants de la lumière) qui heurtent les électrons et les libèrent, induisant un courant électrique. Ce courant continu de micro puissance calculé en watt crête (Wc) peut être transformé en courant alternatif.

Dans ce contexte, notre motivation dans ce travail développé en chapitres est d'optimiser l'énergie fournie par les panneaux photovoltaïques dans le but de maximiser la quantité d'éclairement absorbé par les panneaux photovoltaïques en suivant le mouvement du soleil pendant la journée.

Notre rapport est organisé de la manière suivante :

- Dans le premier chapitre, on fait une généralité sur les générateurs photovoltaïques. On présente le principe de l'effet photovoltaïque, la cellule PV et ses paramètres. Ensuite on fait un rappel sur les générateurs PV et leurs performances.
- Le second chapitre porte sur la conception et le dimensionnement du panneau photovoltaïque mobile.

INTRODUCTION GENERALE

- Le troisième chapitre présente la réalisation et simulation du système suiveur solaire.

Chapitre I : Généralité sur les générateurs photovoltaïques

Chapitre I :

Généralité sur les générateurs photovoltaïques

I.1 Introduction :

Le soleil est une source énergétique quasiment illimitée, il pourrait couvrir plusieurs milliers de fois notre consommation globale d'énergie. C'est pourquoi, l'homme cherche depuis longtemps à mettre à profit cette énergie importante et diffusée sur l'ensemble de la planète, il est arrivé à réaliser ce but par le moyen dit cellule photovoltaïque.

Cette énergie solaire est disponible en abondance sur toute la surface terrestre, et malgré une atténuation importante lorsqu'elle traverse l'atmosphère, la quantité qui reste est encore assez importante quand elle arrive au sol. On peut ainsi compter sur 10 000 w/m² crête dans les zones tempérées et jusqu'à 14 000 W/m² lorsque l'atmosphère est faiblement polluée.

Pour comprendre le fonctionnement de cette énergie et en optimiser son utilisation, nous effectuons dans ce chapitre un bref rappel sur le principe de l'effet photovoltaïque, la cellule photovoltaïque et ses performances ainsi le générateur solaire photovoltaïque et leurs performances.

I.2 L'effet photovoltaïque :

Le terme « photovoltaïque » vient du Grec et qui signifie Lumière, il est composé de deux parties : « photos » (lumière) et du nom de famille du physicien italien (Alessandro Volta) qui inventa la pile électrique en 1800 et donna son nom à l'unité de mesure de la tension électrique, le volt.

Lorsqu'un matériau semi-conducteur est exposé à la lumière du soleil, les atomes exposés au rayonnement sont "bombardés" par les photons constituant la lumière; sous l'action de ce bombardement, les électrons des couches électroniques supérieures (appelés électrons des couches de valence) ont tendance à être "arrachés":

Si l'électron revient à son état initial, l'agitation de l'électron se traduit par un échauffement du matériau. L'énergie cinétique du photon est transformée en énergie thermique.

Par contre, dans les cellules photovoltaïques, une partie des électrons ne revient pas à son état initial. Les électrons "arrachés" créent une tension électrique continue faible. Une partie de l'énergie cinétique des photons est ainsi directement transformée en énergie électrique: c'est l'effet photovoltaïque.

L'effet photovoltaïque constitue la conversion directe de l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique au moyen de cellules généralement à base de silicium. Pour obtenir une puissance suffisante, les cellules sont reliées entre elles et constituent le module solaire.

L'effet photovoltaïque, c'est-à-dire la production d'électricité directement de la lumière, fut observée la première fois, en 1839, par le physicien français Edmond Becquerel. Toutefois, ce n'est qu'au cours des années 1950 que les chercheurs des laboratoires Bell, aux Etats-Unis, parvinrent à fabriquer la première cellule photovoltaïque, l'élément primaire d'un système photovoltaïque.

I.3 La cellule photovoltaïque :

Le fonctionnement de la photopile est basé sur les propriétés électroniques acquises par le silicium quand des atomes étrangers en petit nombre (des impuretés) sont substitués dans un réseau cristallin. Cette action est appelée dopage. Si l'atome d'impureté contient plus d'électrons que le silicium, le matériau contiendra des électrons libres en excès : il sera dit de type N (exemple: silicium dopé au phosphore). Si au contraire, l'atome d'impureté contient moins d'électrons que le silicium, le matériau sera déficitaire en électrons: il sera dit de type P (exemple: silicium dopé au bore).

La fabrication des cellules s'effectue à partir de lingots de silicium. Ces lingots sont découpés en fines couches de type P ou N en y diffusant du brome ou du phosphore.

Une cellule solaire est alors obtenue en constituant une jonction de deux zones de type opposé (jonction PN).

Au voisinage de la jonction apparaît un champ électrique qui maintient la séparation des charges positives et négatives. Des contacts métalliques en formes de grille, contacts avant et arrière, sont déposés (Figure (I.1)).

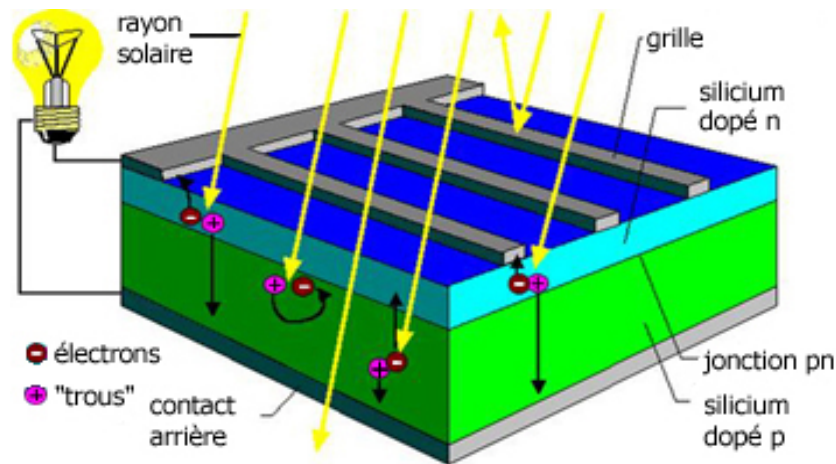


Figure (I.1): Représentation schématique d'une cellule solaire

Une cellule photovoltaïque donc est un dispositif qui permet de transformer l'énergie solaire en énergie électrique. Cette transformation est basée sur les trois mécanismes suivants : Absorption des photons (dont l'énergie est supérieure au gap) par le matériau constituant le dispositif ; Conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création des paires électrons/trous dans le matériau semi-conducteur ; Collecte des particules générées dans le dispositif.

Le matériau constituant la cellule photovoltaïque doit donc posséder deux niveaux d'énergie et être assez conducteur pour permettre l'écoulement du courant: d'où l'intérêt des semi-conducteurs pour l'industrie photovoltaïque.

Afin de collecter les particules générées, un champ électrique permettant de dissocier les paires électrons / trous créés est nécessaire. Pour cela on utilise le plus souvent une jonction P-N.

I.3.1Caractéristiques électriques d'une cellule photovoltaïque

La figure (I.2) présente le schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque sous éclairage. Il correspond à un générateur de courant I_{ph} monté en parallèle avec une diode. Deux résistances parasites sont introduites dans ce schéma.

Ces résistances ont une certaine influence sur la caractéristique $I = f(V)$ de la cellule :

- La résistance série (R_s) est la résistance interne de la cellule ; elle dépend principalement de la résistance du semi-conducteur utilisé, de la résistance de contact des grilles collectrices et de la résistivité de ces grilles;

- La résistance shunt (R_{sh}) est due à un courant de fuite au niveau de la jonction; elle dépend de la façon dont celle-ci a été réalisée.

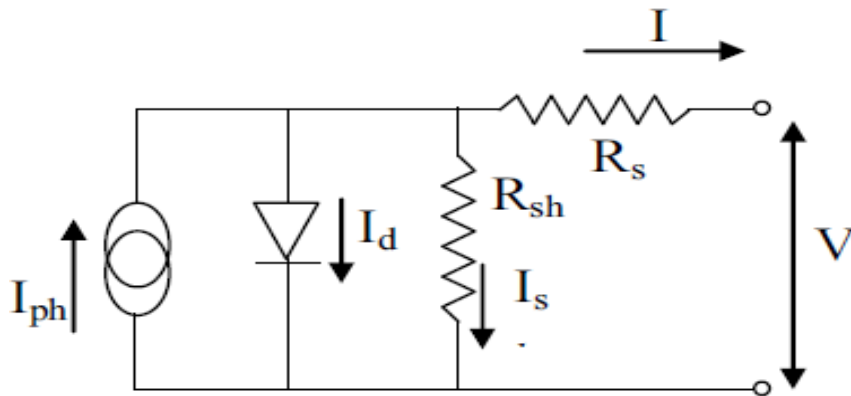


Figure (I.2) : Schéma équivalent électrique de la cellule PV

Le modèle mathématique pour la caractéristique courant-tension d'une cellule PV est donné par :

$$I_{PV} = I_{ph} - I_{sat} \left[\exp \left(\frac{e (V_{PV} + (I_{PV} * R_{ser}))}{nKT} \right) - 1 \right] - \frac{V_{PV} + (I_{PV} * R_{ser})}{R_{shu}} \quad (I.1)$$

Où I_{sat} est le courant de saturation, K est la constante de Boltzmann ($1,381 \cdot 10^{-23}$ J/K), T est la température effective des cellules en Kelvin(K), e est la charge de l'électron ($e=1,6 \cdot 10^{-19}$ C), n est le facteur d'idéalité de la jonction ($1 < n < 3$), I_{pv} est le courant fourni par la cellule lorsqu'elle fonctionne en générateur, V_{pv} est la tension aux bornes de cette même cellule, I_{ph} est le photo-courant de la cellule dépendant de l'éclairement et de la température ou bien courant de (court-circuit), R_{shu} est la résistance shunt caractérisant les courants de fuite de la jonction, R_{ser} est la résistance série représentant les diverses résistances de contacts et de connexions .

I.4 Les différents types de panneaux photovoltaïques

I.4.1 Les panneaux PV avec des cellules monocristallines

Les panneaux PV avec des cellules monocristallines sont des photopiles de la première Génération, elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en un seul cristal.

Son procédé de fabrication est long et exigeant en énergie; plus onéreux, il est cependant Plus efficace que le silicium poly-cristallin. Du silicium à l'état brut est fondu pour créer un barreau.

Lorsque le refroidissement du silicium est lent et maîtrisé, on obtient un monocristal.

Un Wafer (tranche de silicium) est alors découpé dans le barreau de silicium.

Après divers traitements (traitement de surface à l'acide, dopage et création de la jonction p-n dépôt de Couche anti reflet, pose des collecteurs), le wafer devient une cellule.

Les cellules sont rondes ou presque carrées et vues de près, elles ont une couleur uniforme.

Elles ont un rendement de 12 à 18%, mais la méthode de production est laborieuse.



Figure (I-3) : Panneaux PV (cellule monocristalline)

I.4.2 Les panneaux PV avec des cellules poly-cristallines

Les panneaux PV avec des cellules poly cristallines sont élaborés à partir d'un bloc de silicium cristallisé en forme de cristaux multiples. Vus de près, on peut voir les orientations différentes des cristaux (tonalités différentes). Elles ont un rendement de 11 à 15%, mais leur coût de production est moins élevé que les cellules monocristallines.

Ces cellules, grâce à leur potentiel de gain de productivité, se sont aujourd'hui

Imposées. L'avantage de ces cellules par rapport au silicium monocristallin est qu'elles produisent peu de déchets de coupe et qu'elles nécessitent 2 à 3 fois moins

d'énergie pour leur fabrication. Le wafer est scié dans un barreau de silicium dont le refroidissement forcé a créé une structure Poly-cristalline.



Figure (I-4) : Panneaux PV) cellule poly cristalline)

I.4.3 Les modules photovoltaïques amorphes :

Les modules photovoltaïques amorphes ont un coût de production bien plus bas, Mais malheureusement leur rendement n'est que 6 à 8% actuellement. Cette technologie permet d'utiliser des couches très minces de silicium qui sont appliquées sur du verre, du plastique souple ou du métal, par un procédé de vaporisation sous vide.

Le rendement de ces panneaux est moins bon que celui des technologies poly cristallines ou monocristallines.

Cependant, le silicium amorphe permet de produire des panneaux de grande surface à bas coût en utilisant peu de matière première.



Figure (I-5) : Module photovoltaïque amorphe

I.5 Paramètres d'une cellule photovoltaïque

Ces paramètres peuvent être déterminés à partir des courbes courant-tension, ou de l'équation caractéristique.

Les plus usuels sont les suivantes:

I.5.1 Courant de court-circuit (I_{cc}) :

C'est le courant pour lequel la tension aux bornes de la cellule ou du générateur PV est nulle. Dans le cas idéal (R_{ser} nulle et R_{shu} infinie), ce courant se confond avec le photo-courant I_{ph} dans le cas contraire, en annulant la tension V dans l'équation (I.1), on obtient:

$$I_{cc} = I_{ph} - I_{sat} \left[\exp\left(\frac{e(I_{cc} * R_{ser})}{nKT}\right) - 1 \right] - \frac{(I_{cc} * R_{ser})}{R_{shu}} \quad (1.1)$$

Pour la plupart des cellules (dont la résistance série est faible), on peut négliger le terme $I_{sat} \left[\exp\left(\frac{e(I_{PV} * R_{ser})}{nKT}\right) - 1 \right]$ devant I_{ph}. L'expression approchée du courant de court-circuit est alors:

$$I_{cc} \cong \frac{I_{ph}}{\left(1 + \frac{R_{ser}}{R_{shu}}\right)} \quad (1.2)$$

Quantitativement, il a la plus grande valeur du courant généré par la cellule (pratiquement ICC = I_{ph}).

I.5.2 Tension de circuit-ouvert (V_{co}) :

C'est la tension V_{co} pour laquelle le courant débité par le générateur photovoltaïque est nul (c'est la tension maximale d'une photopile ou d'un générateur photovoltaïque).

$$0 = I_{cc} - I_{sat} \left[\exp\left(\frac{eV_{PV}}{nKT}\right) - 1 \right] - \frac{V_{PV}}{R_{shu}} \quad (1.3)$$

Dans le cas idéal, sa valeur est légèrement inférieure à :

$$V_{CO} = V_T \left[\frac{I_{ph}}{I_{sat}} + 1 \right] \quad (1.4)$$

I.5.3 Rendement énergétique :

C'est le rapport entre la puissance électrique maximale fournie par la cellule P_{max} (I_{opt}, V_{opt}) et la puissance solaire incidente. Il est donné par :

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{inc}} = \frac{I_{opt} V_{opt}}{P_{inc}} \quad (1.5)$$

Avec P_{inc} est égale au produit de l'éclairement et de la surface totale des photopiles. Ce paramètre reflète la qualité de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique.

I.5.4 Facteur de forme

On appelle facteur de forme FF, dit aussi facteur de courbe ou facteur de remplissage (fill factor), le rapport entre la puissance maximum fournie par la cellule P_{max} (I_{opt}, V_{opt}) et le produit du courant de court-circuit I_{cc} par la tension de circuit-ouvert V_{co} (c'est-à-dire la puissance maximale d'une cellule idéale). Le facteur de forme indique la qualité de la cellule ; plus il s'approche de l'unité plus la cellule est performante, Il est de l'ordre de 0.7 pour les cellules performantes ; et diminue avec la température. Il traduit l'influence des pertes par les deux résistances parasites R_{ser} et R_{shu} . Il est défini par :

$$FF = \frac{P_{max}}{I_{cc} V_{co}} = \frac{I_{opt} V_{opt}}{I_{cc} V_{co}} \quad (1.6)$$

I.6 Générateur photovoltaïque et ses performances :

Le générateur photovoltaïque est un ensemble d'équipements mis en place pour exploiter l'énergie photovoltaïque afin de satisfaire les besoins en charge. En fonction de la puissance désirée, les modules peuvent être assemblés en panneaux pour constituer un "champ photovoltaïque". Relié au récepteur sans autre élément, le panneau solaire fonctionne "au fil du soleil", c'est-à-dire que la puissance électrique fournie au récepteur est fonction de la puissance d'ensoleillement.

Elle est donc à son maximum lorsque le soleil est au zénith et nulle à la nuit.

Mais, très souvent, les besoins en électricité ne correspondent pas aux heures d'ensoleillement et nécessitent une intensité régulière (éclairage ou alimentation de réfrigérateurs, par exemple). On équipe alors le système de batteries d'accumulateurs qui permettent de stocker l'électricité et de la restituer en temps voulu.

Pour un certain nombre d'applications, le courant continu produit, par le générateur photovoltaïque, est convertit à l'aide d'un onduleur en courant alternatif.

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

Un générateur photovoltaïque est constitué d'un ou plusieurs modules PV en série et / ou en parallèle pour obtenir une puissance, un I_{cc} et un V_{co} désirés [4].

I.6.1 Caractéristique Courant-Tension

La figure (I.6) représente la courbe $I = f(V)$ d'un module photovoltaïque typique dans des conditions constantes d'irradiation et de température.

L'irradiation standard adoptée pour mesurer la réponse des modules photovoltaïques est une intensité rayonnante de 1000 W/m^2 et une température de 25°C .

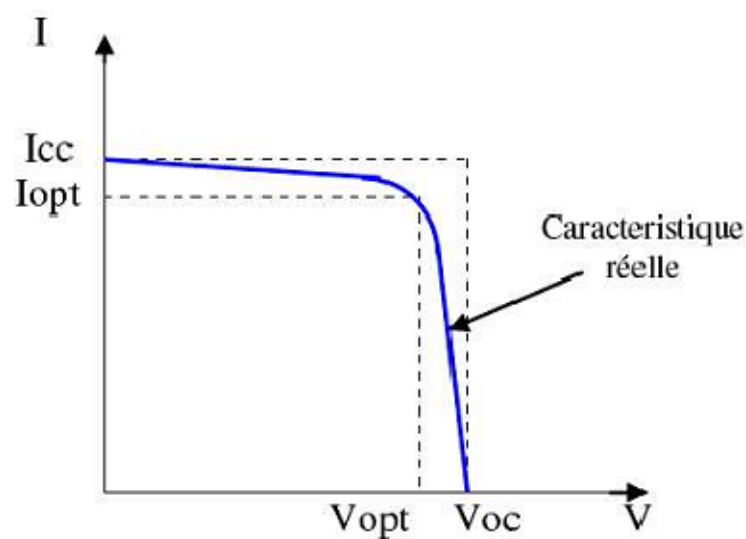


Figure (I.6) : Caractéristique $I = f(V)$ d'un module photovoltaïque.

Il est difficile de donner un caractère source de courant ou de tension à un module photovoltaïque sur toute l'étendue de la caractéristique courant-tension. Par conséquent, le module photovoltaïque est considéré comme une source de puissance avec un point P_m où la puissance se trouve être maximale. Il est donc intéressant de se placer sur ce point pour tirer le maximum d'énergie et ainsi exploiter au mieux la puissance crête installée.

Il est important de noter que certains régulateurs solaires réalisent une adaptation d'impédance afin qu'à chaque instant on se trouve proche de ce point P_m .

I.6.2 Influence de l'éclairement et la température sur les courbes $I=f(V)$ et $P=f(V)$:

La figure (I.7) montre l'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I=f(V)$. A une température constante, on constate que le courant subit une variation importante, mais par contre la tension varie légèrement. Car le courant de court-circuit est une fonction linéaire de l'éclairement alors que la tension de circuit ouvert est une fonction logarithmique [2, 3, 5, 6].

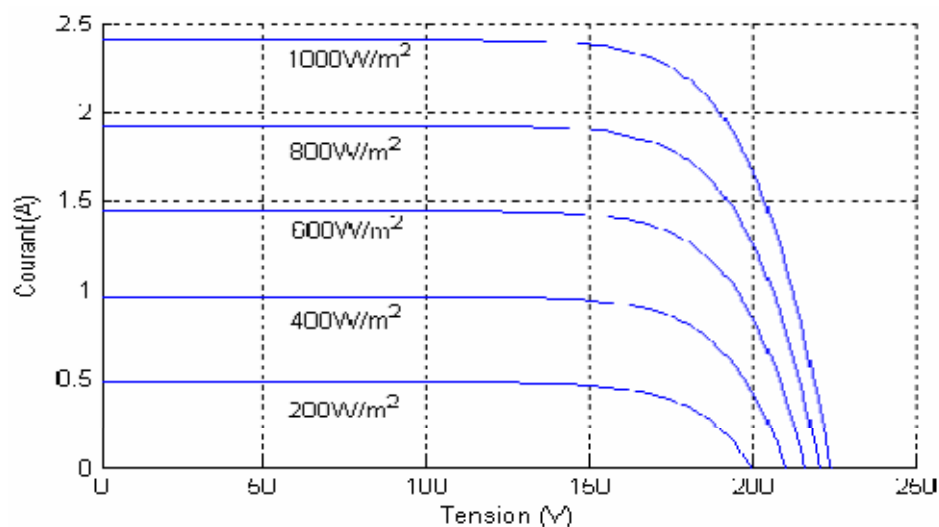


Figure (I.7) : L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I=f(V)$

La figure (I.8) illustre la variation de la puissance délivrée par le générateur en fonction de la tension pour différentes valeurs d'éclairement, ce qui nous permet de déduire l'influence de l'éclairement sur la caractéristique $P(V)$.

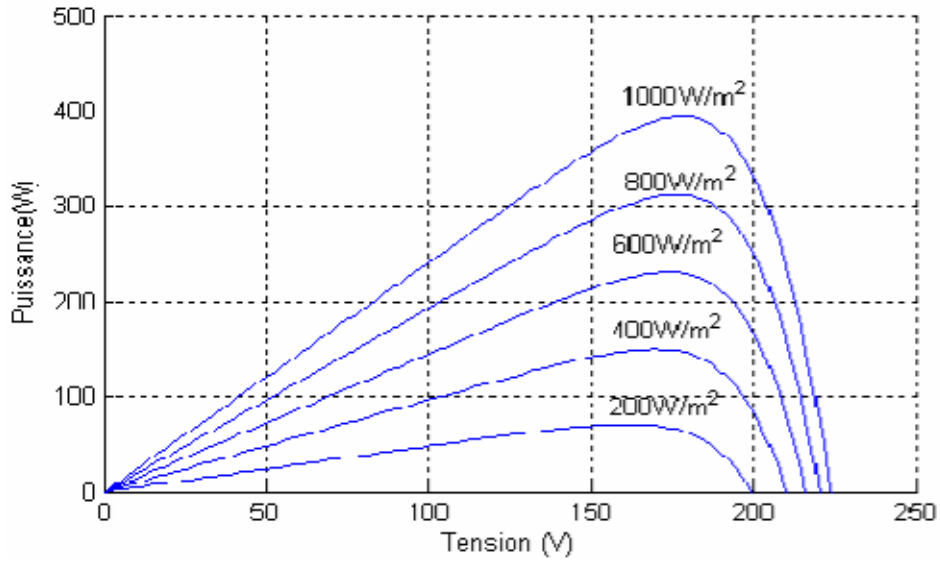


Figure (I.8) : L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $P=f(V)$

La figure (I.9) montre l'influence de la température sur la caractéristique $I=f(V)$. Il est essentiel de comprendre l'effet de changement de la température d'une cellule solaire sur la caractéristique $I=f(V)$.

Le courant dépend de la température puisque le courant augmente légèrement à mesure que la température augmente, mais la température influe négativement sur la tension de circuit ouvert. Quand la température augmente la tension de circuit ouvert diminue. Par conséquent la puissance maximale du générateur subit une diminution .

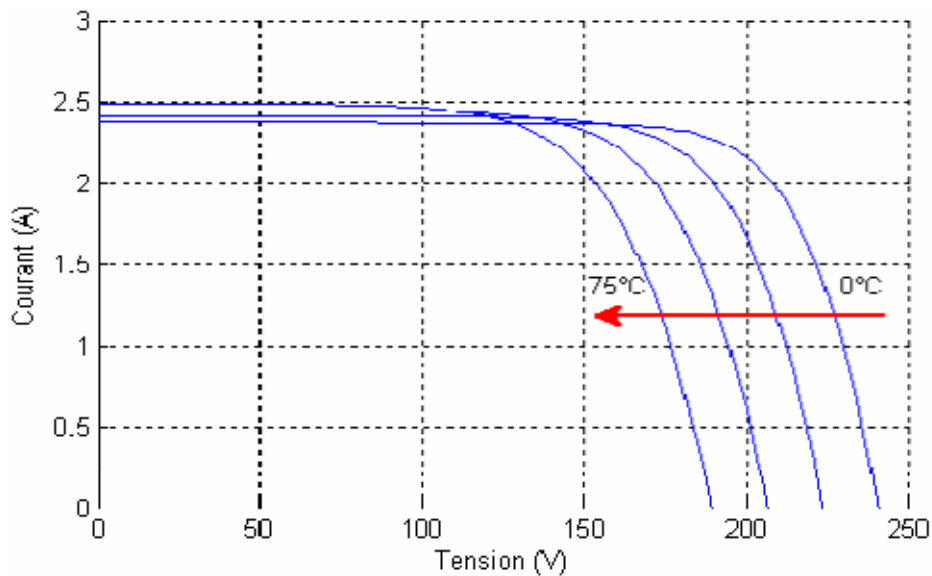


Figure (I.9) : L'influence de la température sur la caractéristique $I=f(V)$

La figure (I.10) illustre la variation de la puissance délivrée par le générateur en fonction de la tension pour différentes valeurs de la température, ce qui nous permet de déduire l'influence de la température sur la caractéristique $P=f(V)$.

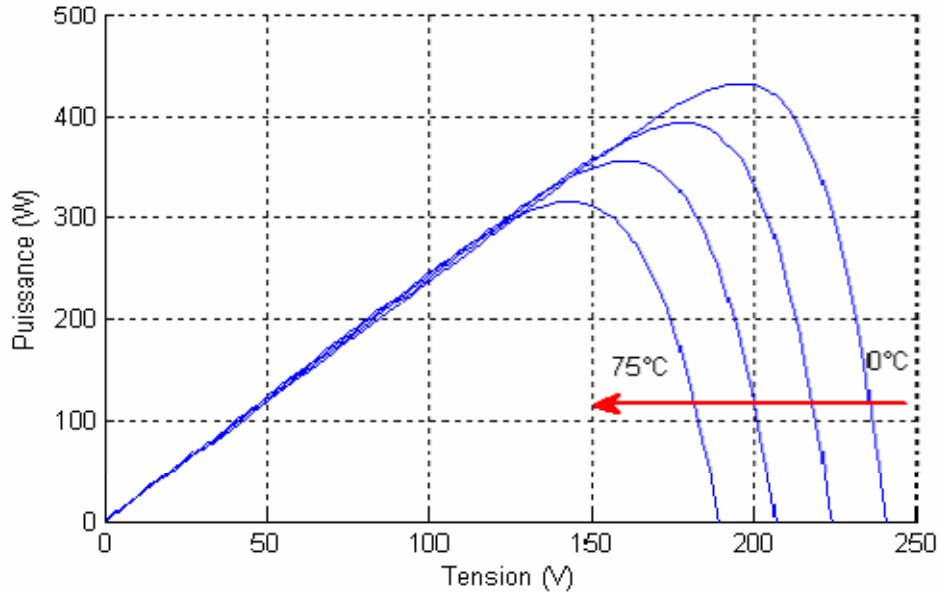


Figure (I.10) : L'influence de la température sur la caractéristique $P=f(V)$

I.6.3 Influence de l'association série des cellules PV

La cellule individuelle, unité de base d'un système photovoltaïque, ne produit qu'une très faible puissance électrique, typiquement de 0.5 W avec une tension de moins d'un volt.

Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module (ou panneau).

Un module de 36 cellules en série (Type GTO136 - 80/2) est suffisant pour obtenir une tension compatible avec la charge. Pour avoir plus de tension, il faut assembler N_s modules en série, par contre pour le courant généré, un nombre N_p de modules en parallèle permet d'en ajouter, les diodes de protection série et parallèles protègent le circuit contre le retour de courant.

L'association en série des cellules délivre une tension égale à la somme des tensions individuelles et un courant égal à celui d'une seule cellule.

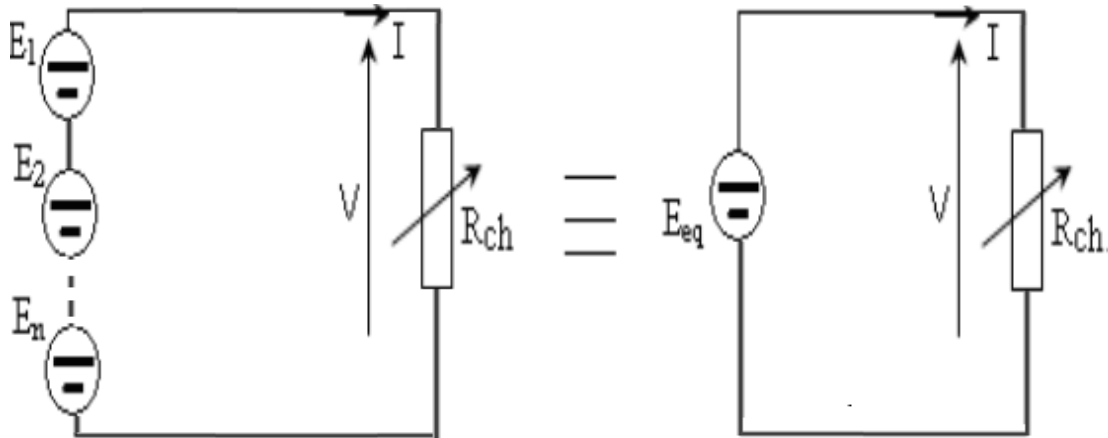


Figure (I.11) : Association de N modules solaires en série

La caractéristique d'un groupement de N_s modules solaires en série est représentée par la figure suivante :

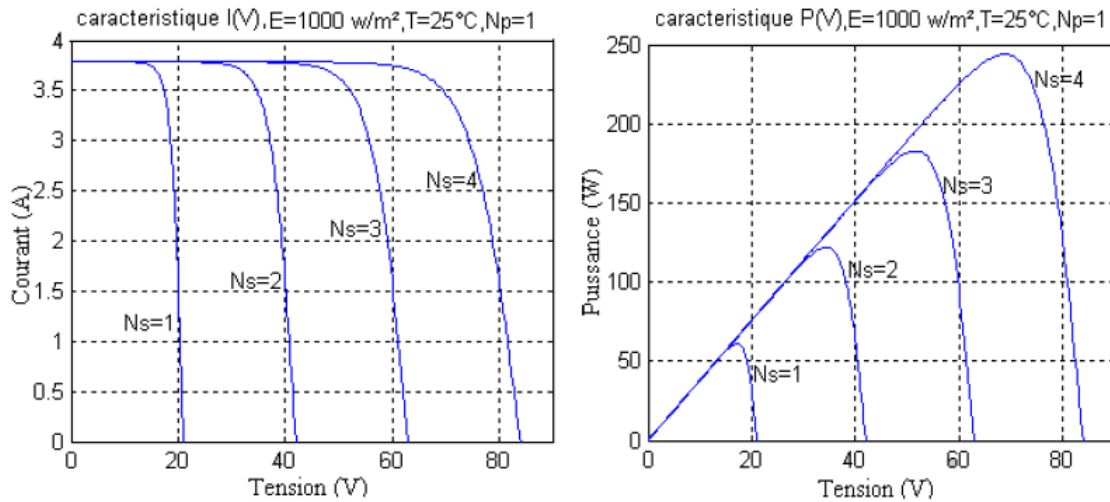


Figure (I.12) : Caractéristique de nombre des modules en série

I.6.4 Influence de l'association parallèle des cellules PV :

L'association en parallèle des photopiles délivre un courant égal à la somme des courants individuels et une tension égale à celui d'une seule cellule.

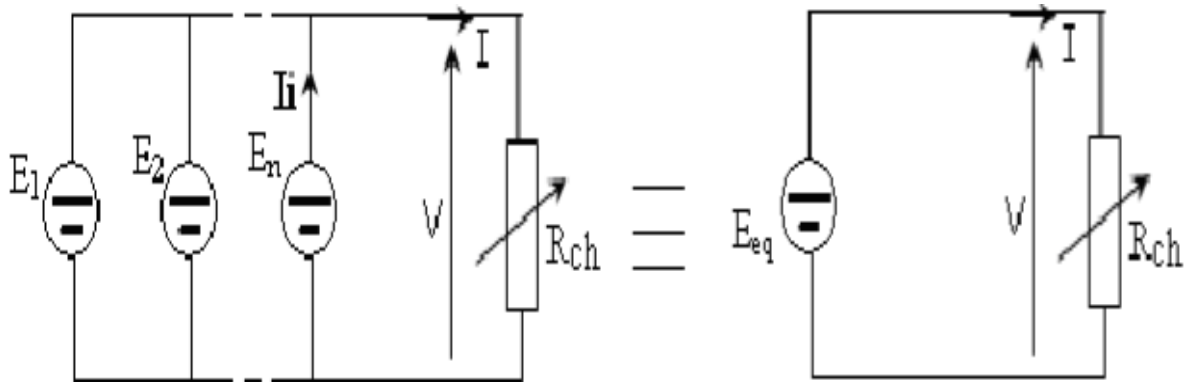


Figure (I.13) : Association de N_p modules solaires en parallèle.

La caractéristique d'un groupement de N_p modules solaires en parallèle est représentée par la figure suivante :

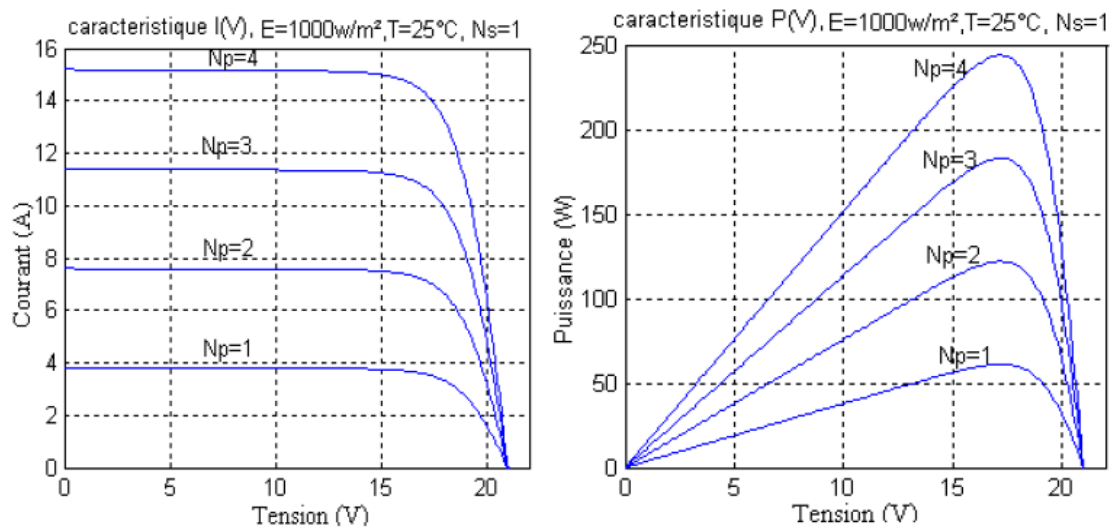


Figure (I.14) : Caractéristique de nombre des modules en parallèles

I.6.5 Influence de l'association mixte (Série + Parallèle) des cellules

PV:

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

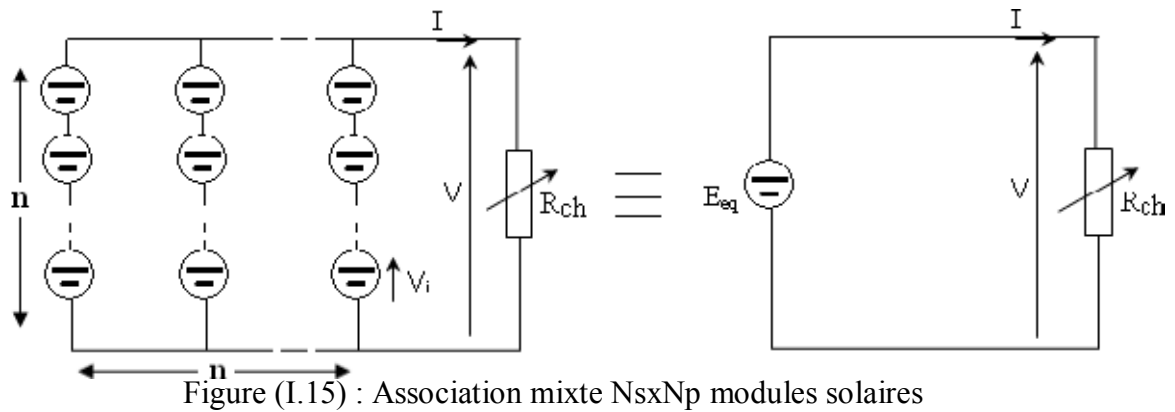


Figure (I.15) : Association mixte $N_s \times N_p$ modules solaires

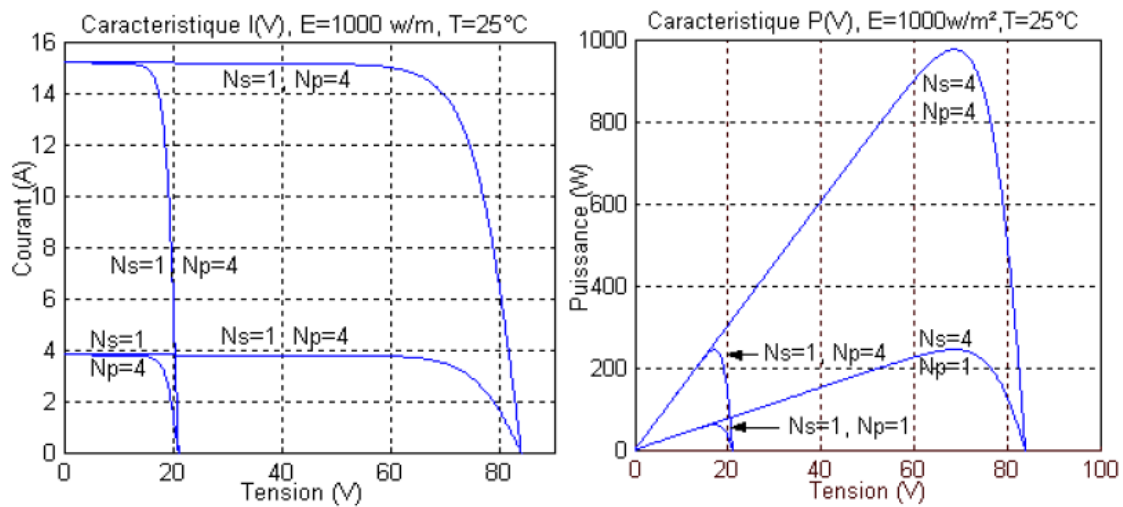


Figure (I.16) : Caractéristique de nombre des modules en série et parallèle

I.7 Conclusion:

Ce chapitre s'est consacré à présenter les différents composants d'un système photovoltaïque. On a étudié le principe de l'effet photovoltaïque, la cellule PV et ses paramètres. Ensuite on fait un rappel sur les systèmes PV et leurs performances.

Chapitre II : Système poursuite solaire

Chapitre II :Poursuite solaire

II.1 Introduction :

Un tracker solaire ou suiveur de Soleil est un système utilisant le principe de l'héliostat. C'est une structure portante qui permet d'orienter des panneaux solaires afin d'en augmenter la productivité.

II.2 Système pour suiveur solaire:

Parmi l'ensemble des technologies mobilisables pour répondre à cet enjeu, deux familles de solutions existent:

- les suiveurs programmés, nécessitant des calculs de prévision de la trajectoire solaire.
- les suiveurs à capteurs, nécessitant la détection en temps réel de la position solaire.

II.3 Système pour suiveur solaire par programme:

Son principe de fonctionnement est de s'orienter vers le Soleil tout au long de la journée, ce qui a pour effet d'augmenter la production d'énergie de manière substantielle. En effet, la position du soleil varie constamment, à la fois pendant la journée, mais aussi pendant les différentes périodes de l'année. Le tracker permet ainsi de placer au mieux le panneau par rapport au positionnement du Soleil (perpendiculaire au rayonnement si possible).

Suivre le soleil peut se faire sur deux axes : en azimut (d'est en ouest, à mesure de l'avancée de la journée) et en hauteur (selon la saison et l'avancée de la journée). L'idéal est d'utiliser un tracker à deux axes, mais il en existe aussi avec un seul (typiquement avec un suivi seulement en azimut, l'angle par rapport au sol étant fixé selon l'optimum local, qui dépend de la latitude).

II.3.1 Position du soleil par rapport à un observateur:

L'énergie solaire que reçoit une surface est régie uniquement par des lois astronomiques et géométriques. Ces dernières faisant intervenir la latitude du lieu, la déclinaison solaire, l'heure du jour et enfin l'orientation de la surface réceptrice.

La position du soleil dépend du temps solaire, du numéro du jour et de l'année, elle est exprimée par différents angles :

II.3.1.1 Angle de zénith (θ_Z) :

C'est l'angle entre la verticale d'une surface et un rayon du soleil, il est donné par l'équation suivante:

$$\theta_Z = \cos^{-1}(\sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \omega) \quad (\text{II} - 1)$$

δ : Déclinaison solaire.

φ : Latitude du lieu.

ω : Angle horaire.

II.3.1.2 Angle d'azimut (γ) :

C'est l'angle sur le plan horizontal mesuré à partir du sud avec la projection horizontale des rayons directs du soleil. Il est également donné comme angle entre le méridien local et la projection de la ligne de la vue du soleil dans le plan horizontal, défini par l'équation suivante:

$$\gamma_s = \sigma_{ew} \sigma_{ns} \gamma_X + \left(\frac{1 - \gamma_{ew} \gamma_{ns}}{2} \right) \sigma_w 180^\circ \quad (\text{II} - 2)$$

$$\gamma_{so} = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \omega \cos \delta}{\sin \theta_Z} \right) \quad (\text{II} - 3)$$

$$\sigma_{ew} = \begin{cases} 1 & \text{si } |\omega| \leq \omega_{ew} \\ -1 & \text{autrement} \end{cases} \quad (\text{II} - 4)$$

$$\sigma_{ns} = \begin{cases} 1 & \text{si } \varphi(\varphi - \delta) \geq 0 \\ -1 & \text{autrement} \end{cases} \quad (\text{II} - 5)$$

$$\sigma_w = \begin{cases} 1 & \text{si } \omega \geq 0 \\ -1 & \text{autrement} \end{cases} \quad (\text{II} - 6)$$

$$\omega_{ew} = \cos^{-1}(\cos \varphi \tan \delta) \quad (\text{II} - 7)$$

II.3.1.3 Angle extérieur d'azimut (γ_S) :

C'est l'angle mesuré à partir du sud sur le plan horizontal avec la projection horizontale de la normale sur la surface, il est également donné comme l'angle entre le méridien local et la projection horizontale de la normale avec la surface.

II.3.1.4 Angle d'incidence (θ) :

C'est l'angle entre le rayon solaire direct et la normale extérieure de la surface du plan, il est donné par l'équation suivante :

$$\theta = \cos^{-1}[\cos \theta_z + \sin \theta_z \sin \beta \cos(\gamma_s - \gamma)] \quad (\text{II-8})$$

β : Inclinaison de surface.

γ : Angle d'azimut.

γ_s : Angle extérieur d'azimut.

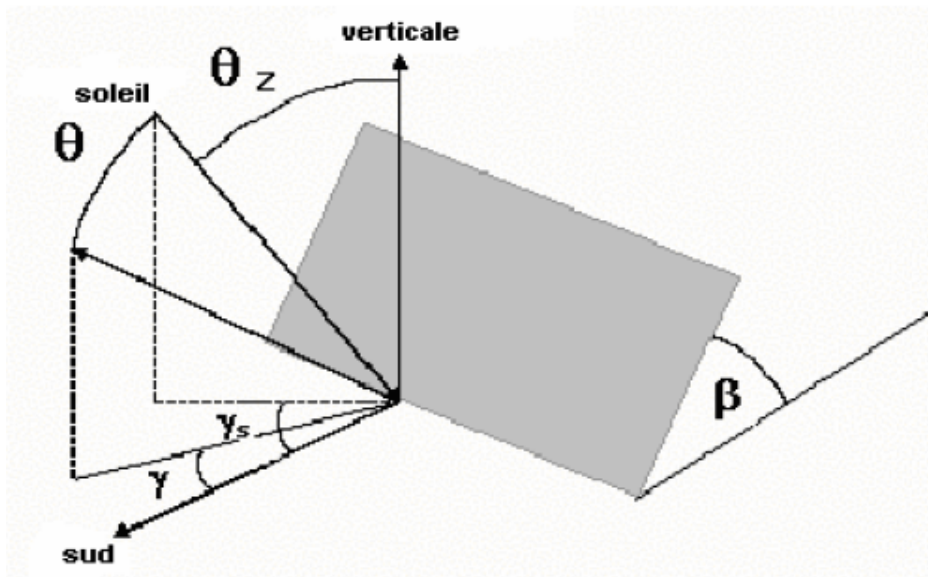


Figure (II.1) : Position du soleil par rapport à une surface inclinée

II.3.2 Orientation de la surface :

La position du soleil dans le ciel change tout au long du jour et de l'année. Pour une surface : suivre le mouvement apparent du soleil équivaut à orienter cette surface par la rotation de ses axes.

II.3.2.1 Rotation suivant un axe :

Certains types de collecteur à concentration fonctionnent avec la rotation autour d'un seul axe, il existe deux modes :

II.3.2.2 Axe vertical et inclinaison fixe de la surface :

Ce mode utilise une surface orientable avec une pente extérieure fixe β et l'angle extérieur d'azimut variable γ , tournant autour d'un axe vertical comme montré sur la figure(II.17) Pour ce cas, le rayonnement solaire est maximum quand $\gamma = \gamma_s$

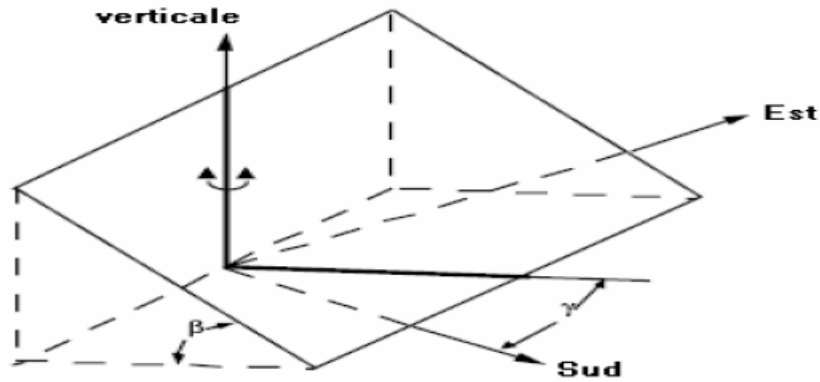


Figure (II.2) : Orientation d'une surface (axe vertical)

II.3.2.3 Axe horizontal, surface parallèle à l'axe :

Pour ce deuxième mode, la surface tourne autour d'un axe simple qui est toujours parallèle à la surface. Pour un axe horizontal, l'inclinaison extérieure de la surface est donnée par :

$$\beta = \tan^{-1}(\tan \theta_z \cos(\gamma - \gamma_z)) \quad (\text{II} - 9)$$

Où l'angle extérieur d'azimut est donné par :

$$\gamma = \gamma' + 90^\circ \text{ si } \gamma_s - \gamma' \geq 0 \quad (\text{II} - 10)$$

$$\gamma = \gamma' - 90^\circ \text{ si } \gamma_s - \gamma' < 0 \quad (\text{II} - 11)$$

Si la surface tournant autour d'un axe simple qui est toujours parallèle à la surface mais n'est pas vertical ou horizontal, l'angle extérieur d'azimut et la pente de la surface change avec le temps.

$$\gamma = \gamma' + \tan^{-1} \left[\frac{\sin \theta_z \sin(\gamma - \gamma')}{\cos \theta \sin \beta'} \right] \quad (\text{II} - 12)$$

$$\beta' = \tan^{-1} \left[\frac{\tan \beta'}{\cos(\gamma + \gamma')} \right] \quad (\text{II} - 13)$$

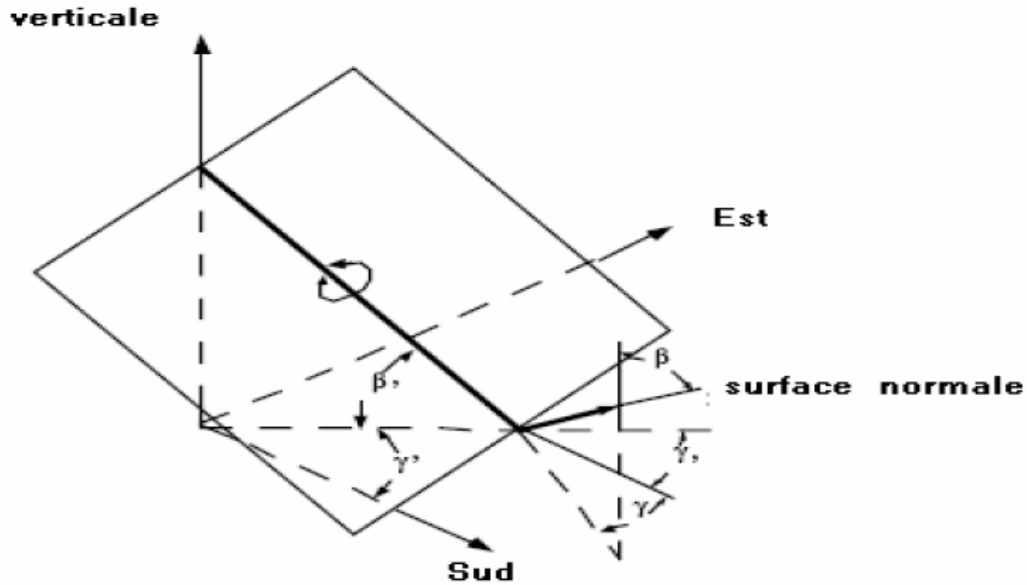


Figure (II.3) : Orientation d'une surface (axe horizontal)

II.3.2.4 Rotation suivant deux axes :

Le collecteur tournant autour de deux axes (bi-axiales), dans ce cas l'ouverture du collecteur sera toujours normale au soleil, par conséquent l'angle d'incidence est zéro tout le long de la journée ($\cos \theta = 1$).

Ceci est défini par :

$$\gamma = \gamma_s \quad (\text{II} - 14)$$

Et

$$\beta = \theta_z \quad (\text{II} - 15)$$

Cette rotation est toujours exigée pour des collecteurs qui suivent le déplacement du soleil à tout moment de la journée. Cela signifie que le collecteur devra être placé sur une monture permettant de suivre le mouvement du soleil.

II.3.3 Différents types de montures

II.3.3.1 Monture al azimutale :

La monture al azimutale est mobile autour de deux axes perpendiculaires, l'un vertical l'autre horizontal. Le panneau solaire tourne autour d'un axe horizontal porté par une monture qui elle-même tourne autour d'un axe vertical. Ce système est couramment utilisé pour les radars, les cinéthéodolites, les canons anti-aériens.

La rotation autour de l'axe horizontal assure la poursuite en hauteur (de haut en bas), en d'autres termes la normale du capteur solaire suit la hauteur angulaire du soleil.

Alors que l'autre axe assure le déplacement en azimut (de gauche vers la droite). Cette disposition très simple ne pose pas de problèmes mécaniques particuliers.

Les mouvements en hauteur et en azimut sont difficiles à coordonner et le coût du système est exorbitant à cause de l'apport de deux moteurs, donc d'une consommation en énergie beaucoup plus importante.

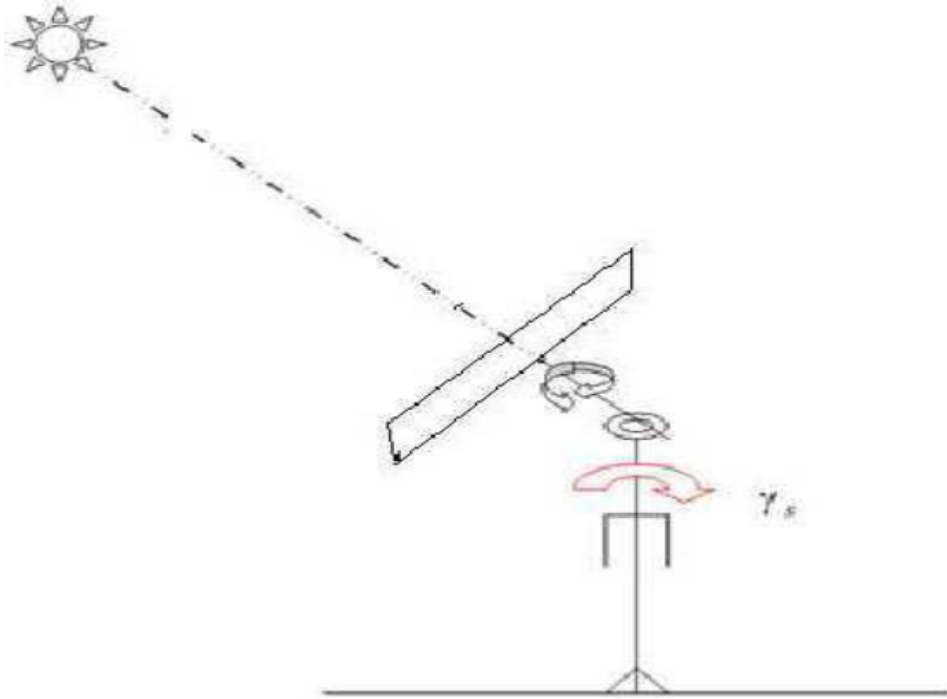


Figure (II.4) : Monture al azimutale

II.3.3.2 Monture équatoriale :

La monture équatoriale est la monture idéale pour assurer un suivi sidéral. Elle emploie une rotation autour d'un axe parallèle à l'axe polaire du globe terrestre (mouvement en angle horaire), et un axe orthogonal au précédent (mouvement en déclinaison).

Cette solution est plus délicate sur le plan mécanique, mais le mouvement autour de l'axe polaire est pratiquement uniforme au cours de la journée. Donc la poursuite du soleil est plus facile.

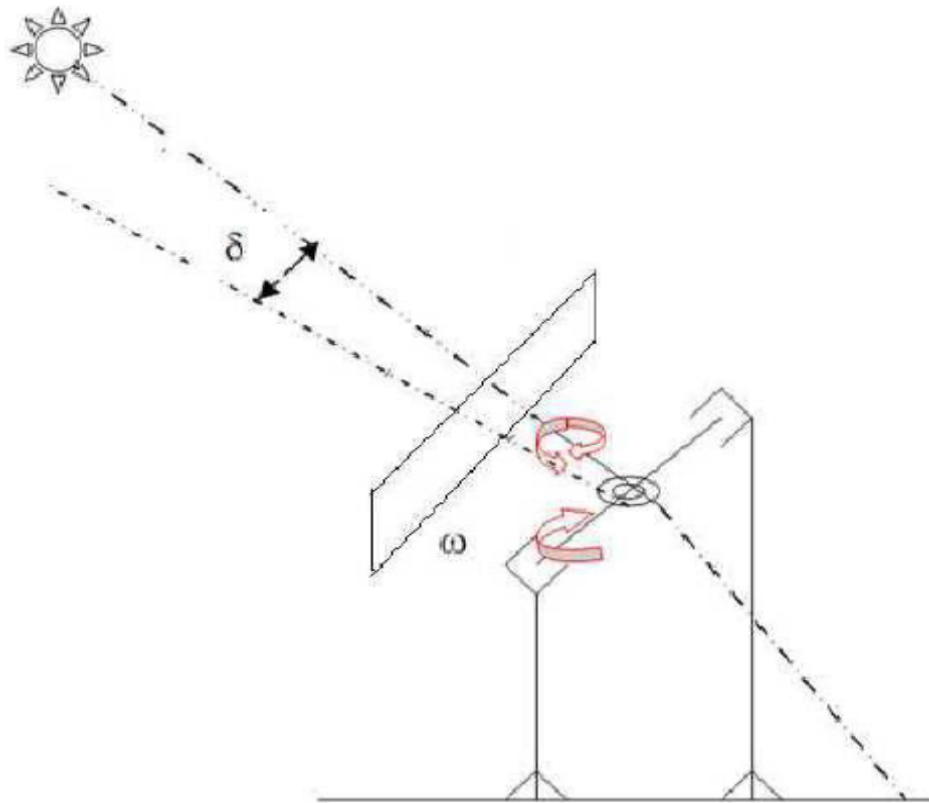


Figure (II-5) Monture équatoriale

II.3.4 Composante du système de poursuite

Le système de poursuite se compose essentiellement de deux parties :

II.3.4.1 Partie commande :

Cette partie s'appuie sur une commande par un micro-ordinateur. Le programme transmet périodiquement des signaux à partir de l'unité centrale vers le moteur électrique (vérin).

La durée du signal permet d'activer le moteur qui oriente le concentrateur d'un angle de rotation correspondant à cette durée pour le positionner en face du soleil.

II.3.4.2 Partie Electronique :

Cette partie électronique repose sur des systèmes qui permettent la réception des ordres envoyés par l'ordinateur, leur conversion en signaux électriques et leur transmission au système mécanique articulé, ainsi que l'activation du moteur (vérin). Cette opération assure que le rayonnement solaire soit toujours perpendiculaire au concentrateur.

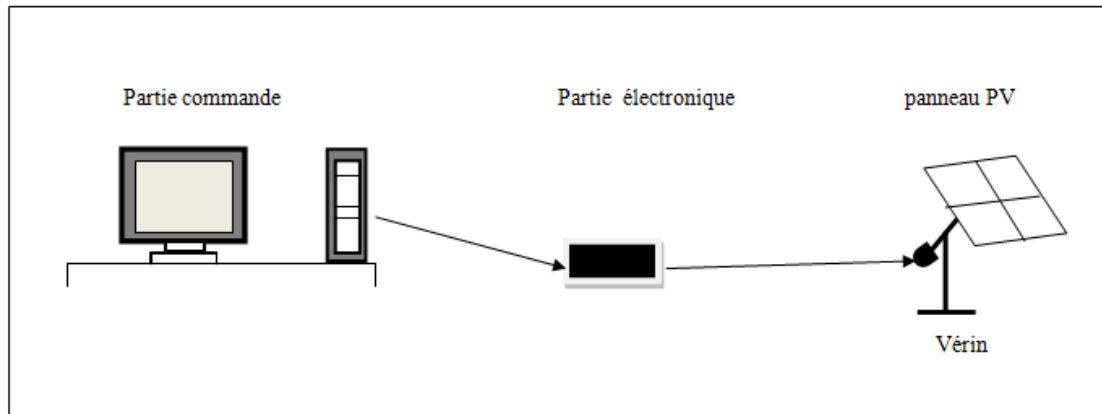


Figure (II.6) : Représentation du système de poursuite.

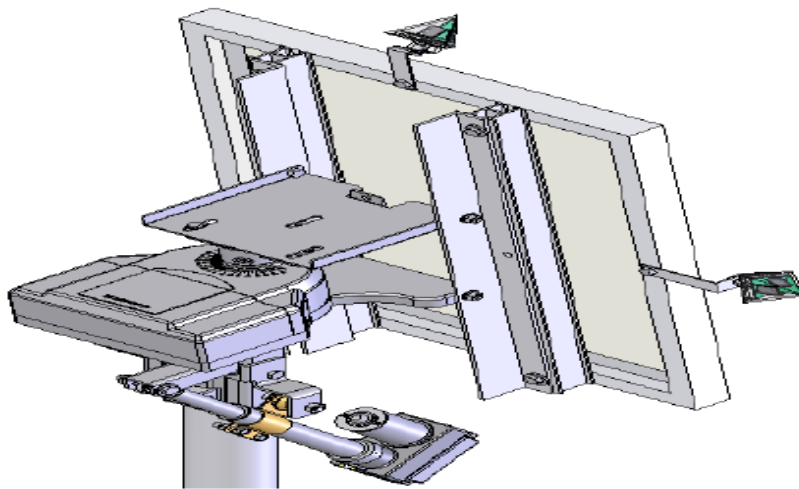


Figure (II-7) : Système de poursuite.

II.4 Système pour suiveur solaire par des capteurs:

Leur conception est simple avec une consommation énergétique réduite. Le fonctionnement est supervisé par une LDR (Light Dépendent Résistor).

Ce type basé sur une analyse comparative des tensions aux bornes de photorésistances, en l'occurrence des LDR (Light Dépendent Résistor), une commande via un microcontrôleur permettra d'actionner les moteurs qui effectueront la rotation nécessaire pour le maintien du panneau solaire perpendiculairement aux rayons lumineux.

II.4.1 Présentation du système:

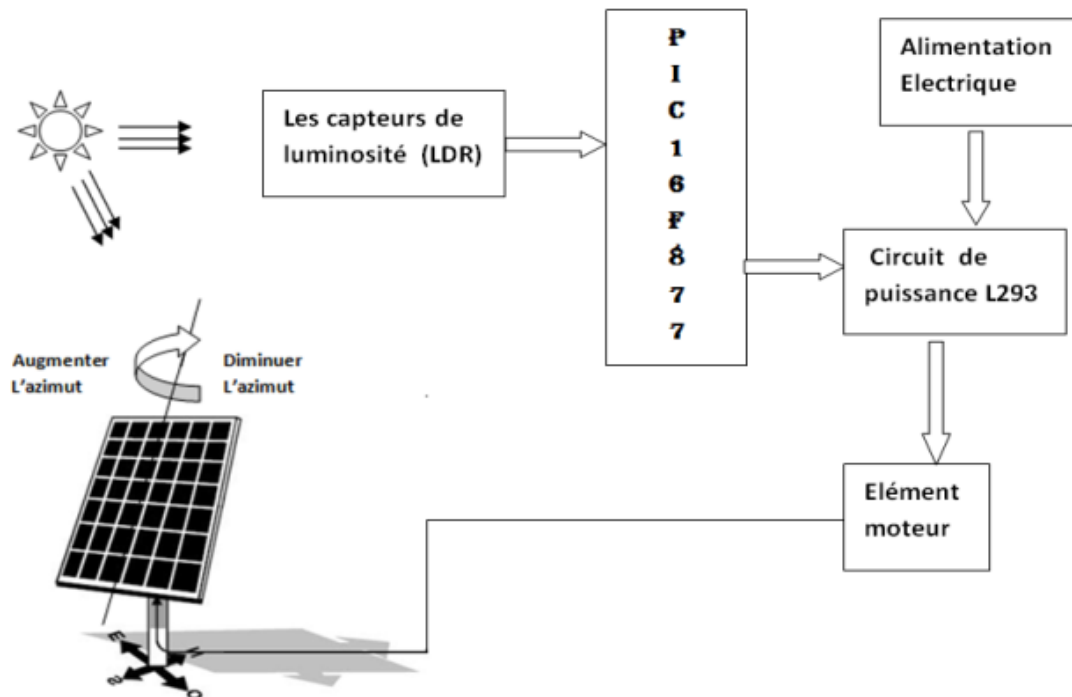


Figure (II-8) : Système de poursuite solaire

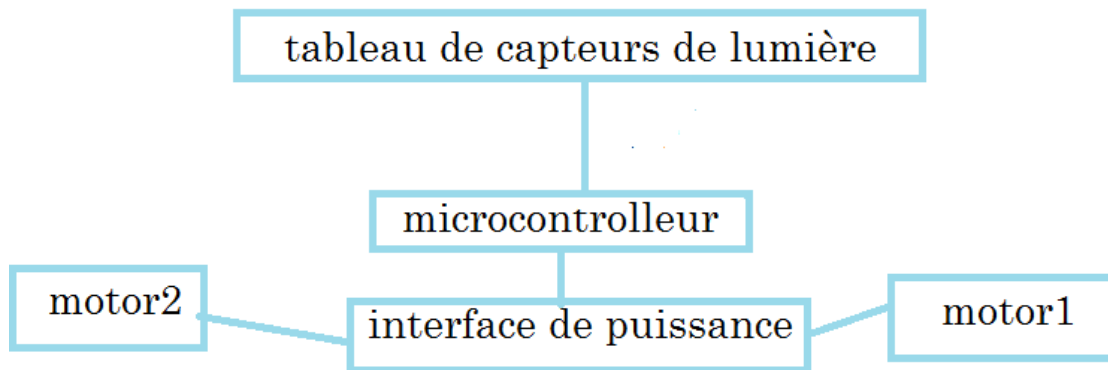


Figure (II-9) : Système de poursuite par capteurs

II.4.2 Principe de fonction du système:

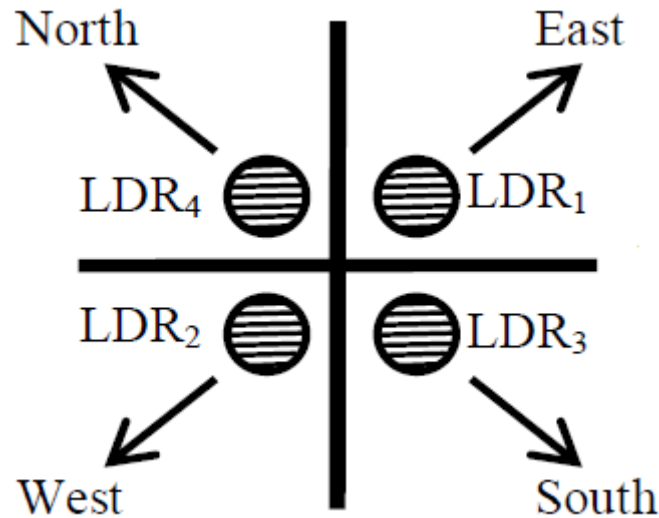


Figure (II-10) : capteurs du lumières du soleil

Les capteurs sont configurés d'une manière qui LDR1 et LDR2 sont utilisés pour suivre le soleil horizontalement attendant LDR3 et LDR4 permettre le suivi du soleil verticalement. Pour libérer le dispositif de commande de la lecture de chaque sortie de capteur, chaque paire de capteurs LDR1 LDR2 et LDR3 LDR4.

Ce type basé sur une analyse comparative des tensions aux bornes de photorésistances, en l'occurrence des LDR (Light Dépendent Résistor), une commande via un microcontrôleur permettra d'actionner les moteurs qui effectueront la rotation nécessaire pour le maintien du panneau solaire perpendiculairement aux rayons lumineux.

$$C_V = \frac{R_2}{R_1}(s_4 - s_3) + V_0 \quad (\text{II} - 16)$$

$$C_H = \frac{R_2}{R_1}(s_2 - s_1) + V_0$$

II.5 Les Avantages et Les inconvénients des systèmes de suivi solaire :

II.5.1 Les Avantages :

- Le Systèmes de suivi solaire sont utilisés pour orienter les panneaux photovoltaïques continuellement vers le soleil et peuvent aider à maximiser votre investissement dans votre système PV. Ils sont bénéfiques car la position du soleil

dans le ciel va changer progressivement au cours d'une journée et au fil des saisons tout au long de l'année.

- Les avantages à l'aide d'un système de suivi comme celui-ci dépendra principalement de son placement dans la détermination de la façon dont elle va augmenter l'efficacité des panneaux. Ils peuvent être utilisés plus efficacement dans certaines zones. Et horizons des endroits qui sont l'ombre libre de l'aube au crépuscule chaque jour. Tout au long de l'année, le tableau de suivi sera en mesure d'utiliser l'accès grand ouvert à gagner chaque électron disponible à partir du soleil.

- De cette façon, le produit d'énergie a un rendement optimal. Ceci est particulièrement important dans les mois d'été avec ses longues journées de soleil pour la capturer et quand, à de nombreuses latitudes du Nord, le soleil se lève dans le nord-est et se couche à l'ouest, pas d'énergie perdue.

- Pour ceux avec un espace limité, cela signifie qu'un petit tableau ne doit être installé, un énorme avantage pour les sites plus petits avec seulement une petite zone pour placer les équipements, ils seront en mesure de produire l'énergie maximale, mais il suffit d'utiliser l'un des petits systèmes solaires domestiques.

- Le rendement des panneaux photovoltaïques est accru de 30 à 40%
- La surface du parc solaire est réduite tout en gardant le même potentiel
- Le temps de retour sur investissement est réduit
- Amortissement du système en 4 ans (en moyenne)

II.5.2 Les inconvénients:

- Le PV maison kit système est une source fiable et simple de production d'énergie; les panneaux sont fixes et nécessitent peu d'entretien. En ajoutant un système de suivi solaire pour vos panneaux solaires, vous ajoutez des pièces mobiles et des appareils qui nécessitent un entretien régulier de votre système solaire et de la réparation ou le remplacement des pièces cassées. Vous pouvez placer manuellement votre capteur à l'énergie solaire au sud afin de s'assurer que vous allez continuer à capter autant l'énergie solaire que possible.

II.6 Conclusion :

Ce chapitre s'est consacré à présenter le système poursuite solaire par observateur et les différences des types de rotation et les montures et les avantages et les inconvénients d'une poursuite soleil.

**Chapitre III : réalisation et
simulation du système poursuite
solaire**

Chapitre III :

Réalisation et simulation du système

III.1 Introduction :

Nous avons abordé dans ce chapitre une étude bien détaillée sur le système poursuite solaire tout en concentrant sur les trois points principaux :

- Spécification de notre système (les composants, les caractéristiques...etc.).
- Simulation du système (logiciel).
- Réalisation du système.

III.2 Présentation du système :

Le système de poursuite se compose essentiellement de deux parties :

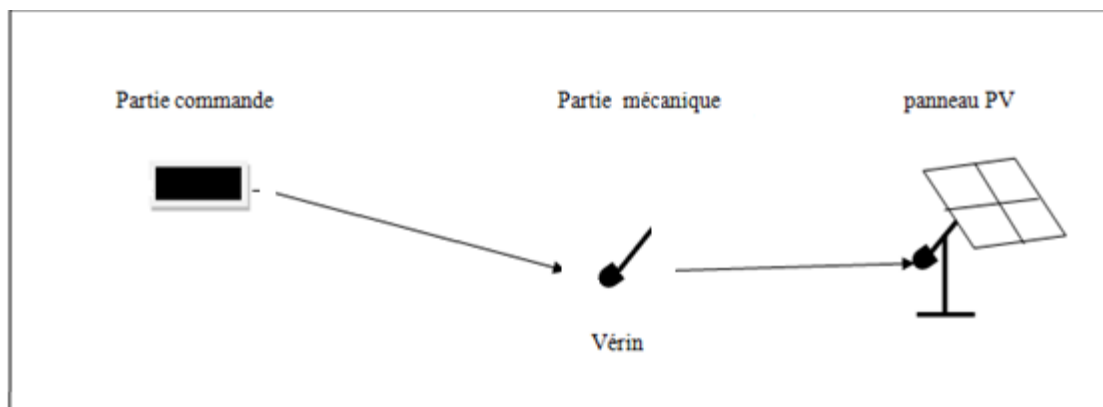
III.2.1 Partie commande :

Cette partie s'appuie sur une commande par un microcontrôleur. Le microcontrôleur traite et transmet périodiquement des signaux vers le moteur électrique (vérin).

La durée du signal permet d'activer le moteur qui oriente PV d'un angle de rotation correspondant à cette durée pour le positionner en face du soleil.

III.2.2 Partie Mécanique :

Cette partie mécanique recevez les signaux qui transmettent par le microcontrôleur pour l'activation du moteur (vérin). Cette opération assure que le rayonnement solaire soit toujours perpendiculaire au PV.



Figure(III.1) : présentation du système

III.3Circuit de commande :

III.3.1 Capteur LDR :

III.3.1.1Définition :

Une photo résistance est un composant dont la valeur en Ohms dépend de la lumière à laquelle il est exposé. On la désigne aussi par LDR (Light Dépendent Résistor ou résistance dépendant de la lumière).

La principale utilisation de la photo résistance est la mesure de l'intensité lumineuse (appareil photo, systèmes de détection, de comptage et d'alarme...). Elle est fortement concurrencée par la photodiode, on l'a choisi dans notre projet grâce à son temps de réponse qui est beaucoup plus court. Les matériaux utilisés sont généralement du sulfure ou du séléniure de cadmium qui se comporte comme des semi-conducteurs.

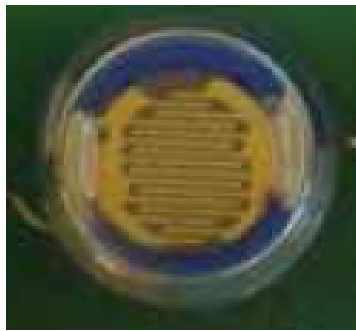


Figure (III.2): Capteur LDR

III.3.1.2 Principe de fonctionnement :

Un cristal de semi-conducteur à température basse contient peu d'électrons libres. La conductivité du cristal est très faible, proche de celle d'un isolant. Lorsque la température du cristal augmente, de plus en plus d'électrons qui étaient immobilisés dans les liaisons covalentes s'échappent et peuvent participer à la conduction.

A température constante si le même cristal semi-conducteur est soumis à une radiation lumineuse, l'énergie apportée par les photons peut suffire à libérer certains électrons utilisés dans les liaisons covalentes entre atomes du cristal. Plus le flux lumineux sera intense, plus le nombre d'électrons disponibles pour assurer la conduction sera grand, ainsi la résistance de la LDR est inversement proportionnelle à la lumière reçue. La sensibilité dépend de la fréquence de la radiation lumineuse.

III.3.2 Le microcontrôleur :

Les microcontrôleurs sont aujourd'hui implantés dans la plupart des applications grand public ou professionnelles, il en existe plusieurs familles.

La société Américaine Micro chip Technologie a mis au point dans les années 90 un microcontrôleur CMOS : le PIC (Peripheral Interface Contrôler). Ce composant encore très utilisé à l'heure actuelle, est un compromis entre simplicité d'emploi, rapidité et prix de revient.

Dans notre cas on a utilisé le microcontrôleur PIC 16F877, dont le numéro 16 signifie qu'il fait partie de la famille "MID-RANGE", est la famille de PIC qui travaille sur des mots de 14 bits.

La lettre F indique que la mémoire programme de ce PIC est de type "Flash".

Les trois derniers chiffres permettent d'identifier précisément le PIC, ici c'est un PIC de type 877.

La référence 16F877 peut avoir un suffixe du type "-XX" dans lequel XX représente la fréquence d'horloge maximal que le PIC peut recevoir.

III.3.2.1 Les caractéristiques de pic 16f877 :

Un PIC est un microcontrôleur, c'est à dire une unité de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des circuits internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants externes. Il est un composant électronique autonome composé par :

- D'un microprocesseur.
- D'une mémoire vive type mémoire RAM.
- D'une mémoire morte type mémoire Flash.
- D'interfaces d'entrées/sorties parallèles, séries.
- D'interfaces d'entrées/sorties analogiques.
- De Timers (registres compteurs de temps ou d'évènements).

III.3.2.2 Principales caractéristiques du PIC 16F877 :

Le PIC 16F877 est caractérisé par:

- Une fréquence de fonctionnement élevée jusqu'à 20MHz.
- Une mémoire vive de 368 octets.

Chapitre III :Réalisation et simulation du système

- Une mémoire morte EEPROM de 256 octets pour la sauvegarde des données.
- Une mémoire de type FLASH de 8 K mots (1mot = 14 bits)
- Chien de garde WDT.
- 33lignes d'entrées /sorties. Chaque sortie peut sortir un courant maximum de 25 mA.
- 3 Temporisateurs:
 - TIMER0: compteur 8 bits avec pré-diviseur.
 - TIMER1: compteur 16 bits avec pré-diviseur.
 - TIMER2: compteur 8 bits avec pré-diviseur.
- 2entrées de captures et de comparaison
- Un convertisseur Analogique Numérique 10 bits avec 8 entrées multiplexées.
- Une interface de communication série asynchrone et synchrone (USART/SCI).
- Une tension d'alimentation entre 2 et 5.5 V

III.3.2.2.1 Mémoires du PIC :

Mémoire FLASH :

C'est dans celle-ci qu'est stocké le programme du PIC.

Mémoire RAM:

Fait partie de la zone d'adressage des données.

Mémoire EEPROM:

L'EEPROM est une mémoire de stockage de données.

III.3.2.2.2 Architecture Externe:

- Le boîtier du PIC 16F877 décrit par la figure 1.4 comprend.
- 40 pins : 33 pins d'entrées/sorties,
4 pins pour l'alimentation,
2 pins pour l'oscillateur,
1 pin pour le reste (MCLR).
- La broche MCLR sert à initialiser le pic qui dispose de plusieurs sources de RESET.
- Les broches VDD (Broche 11 et 32) et VSS (Broche 12 et 31) servent à alimenter le PIC.
- On remarque qu'on a 2 connections «VDD» et 2 connections «VSS».

III.3.2.3 Brochage du PIC 16F877

Ce microcontrôleur se présente sous la forme d'un boîtier DIL 40 broches comme schématisé dans la figure.

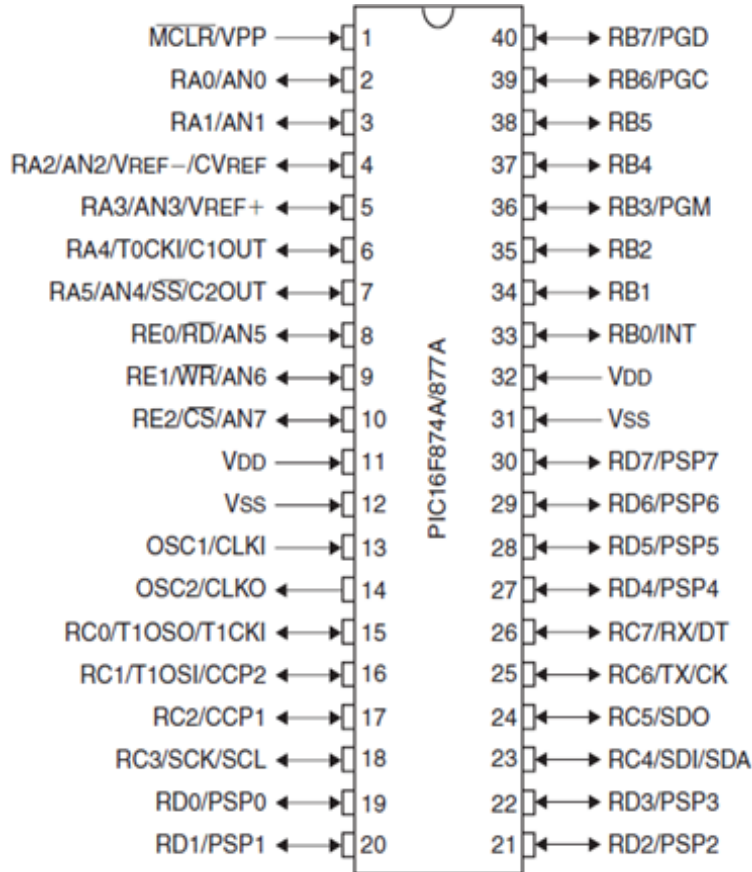
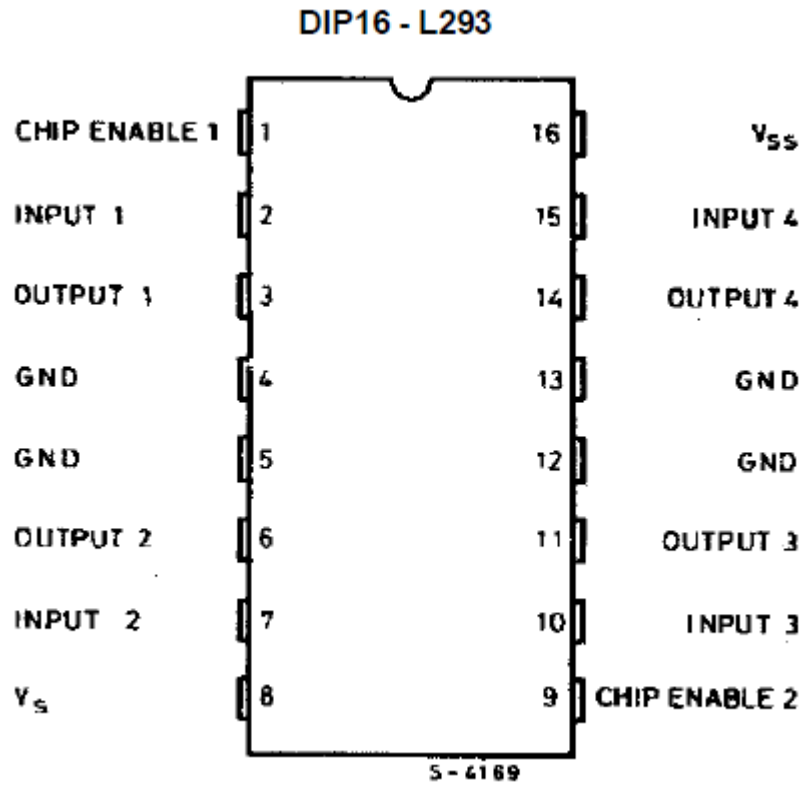


Figure (III.3): Brochage du PIC 16F877

III.3.3 Circuit L293 :

Le L293 sont pilotes push-pull quad capable de délivrer des courants de sortie de 1A par Channel. Chaque Channel est contrôlée par une compatible TTL entrée logique et chaque paire de conducteurs (un pont complet) est équipé d'une entrée d'inhibition qui désactive tous les quatre transistors. Une entrée d'alimentation séparé est prévu pour la logique de sorte qu'il peut être exécuté hors tension inférieure à un réduire la dissipation.

Le L293 sont emballés dans 16 DIP plastique respectivement; à la fois utiliser les quatre centres épingle à conduire la chaleur à la carte de circuit imprimé.



Figure(III.4) :Brochage de l293



Figure(III.5) :schéma du L293

III.4Partie mécanique :

La partie mécanique du système est adaptée pour le mode de poursuite solaire fonctionnant à mono-axe dirigés suivant un angle variable de:

- 0° à 200° sur l'horizontale



Figure(III.6) : Présentation de la structure mécanique

III.5Ecriture du programme :

La programmation des PIC avec des langages de hauts niveaux tels que BASIC, langage PIC C permet de s'affranchir de la gestion des pages mémoires.

La figure suivante présente une fenêtre du compilateur PIC C utilisé dans ce projet :


```
#include <16f877A.h>
#define adc =10
#define delay(clock=4000000)

float b1,b2;

void main()
{
output_high(pin_D2);

setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
setup_adc_ports(all_analog);

while(1)
{
if(input(pin_B2))
{
if(input(pin_B0))
{
output_high(pin_D0);
delay_ms(10);
output_low(pin_D1);
delay_ms(10);
}
else
{
output_low(pin_D0);
}
if(input(pin_B1))
{
output_high(pin_D1);
delay_ms(10);
output_low(pin_D0);
delay_ms(10);
}
else
{
output_low(pin_D1);
}
}
else
{
set_adc_channel(0);
b1=read_adc();
set_adc_channel(1);
b2=read_adc();
if (b1>b2)
{
output_high(PIN_D0);
output_low(PIN_D1);
}
if (b1<b2)
{
output_high(PIN_D1);
output_low(PIN_D0);
}
if (b1==b2)
{
output_low(PIN_D1);
output_low(PIN_D0);
}
}
}
}
```

Figure (III.7) : programme par pic c

III.6 Simulation et routage :

Arrivons à ce stade le besoin de simuler notre programme parait indispensable d'où l'utilisation du logiciel « ISIS »; permettant de mieux visualiser le bon déroulement du système ainsi que d'avoir une idée clair sur la partie matériel que ce soit références et même conception des circuits imprimés.

III.6.1 Présentation de l'ISIS :

L'intérêt de simuler un programme est bien sûr pédagogique car comme nous le verrons, nous allons pouvoir faire visualiser le fonctionnement du PIC avec tous les périphériques de la carte de commande. De plus, nous allons pouvoir vérifier le fonctionnement du programme avant de le transférer vers la mémoire de microcontrôleur. Cela nous permettra d'économiser du temps et également d'augmenter la durée de vie de notre PIC.

Pour le dessin du schéma électrique (figure III.8) on a utilisé le logiciel ISIS et à travers de ce logiciel on a fait le transfert de fichier *.hexadécimal dans le PIC.

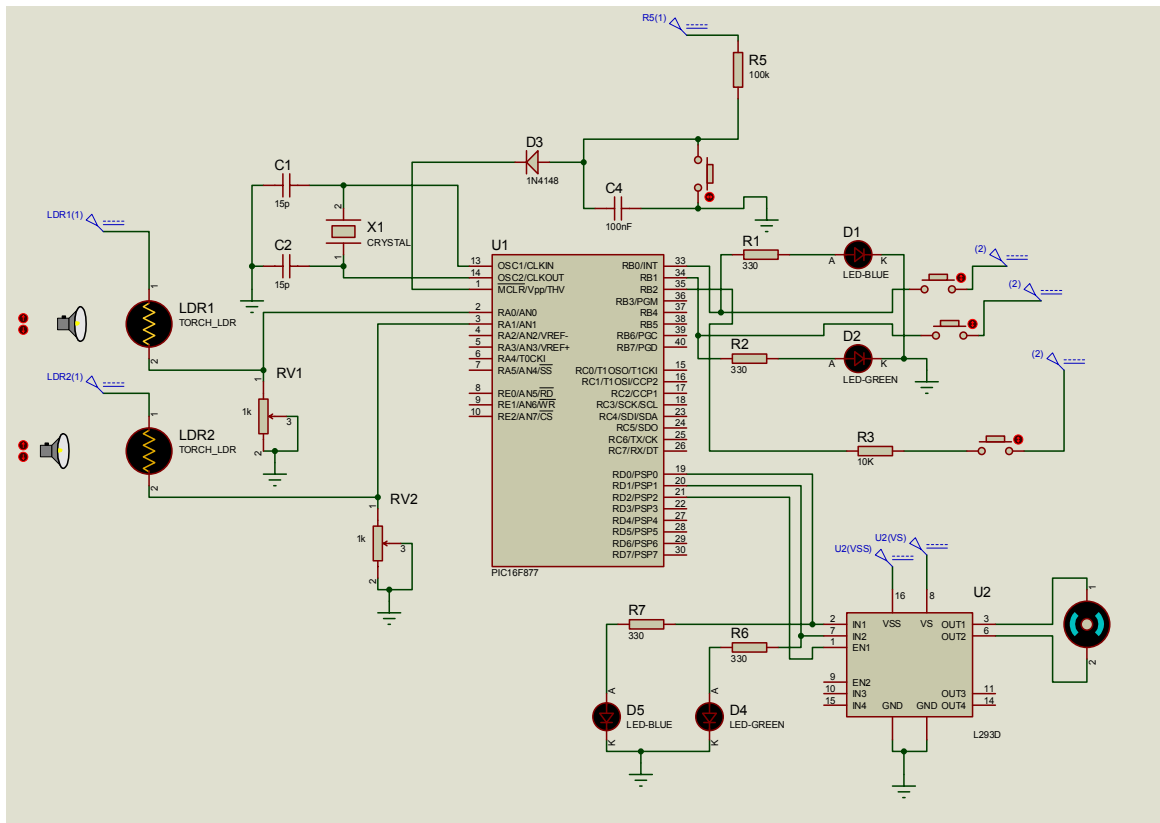


Figure (III.8): configuration du schéma de simulation par ISIS

III.6.2 Fonctionnement de la carte de simulation

La photo résistance envoie un signal électrique au port analogique RA0/AN0| RA1/AN1 du PIC. S'il y a différence entre les deux signaux de Ldr1 et Ldr2, le PIC envoie un signal à L293 à travers le port RD0|RD1. L293 envoie un courant au vérin, ce qui provoque la rotation du moteur. S'il n'y a pas différence entre les deux signaux de LDR1 et LDR2. Le PIC envoie un signal à L293 à travers le port RD0|RD1. L293 arrête l'envoi de courant au vérin, ce qui provoque l'arrêt de moteur.

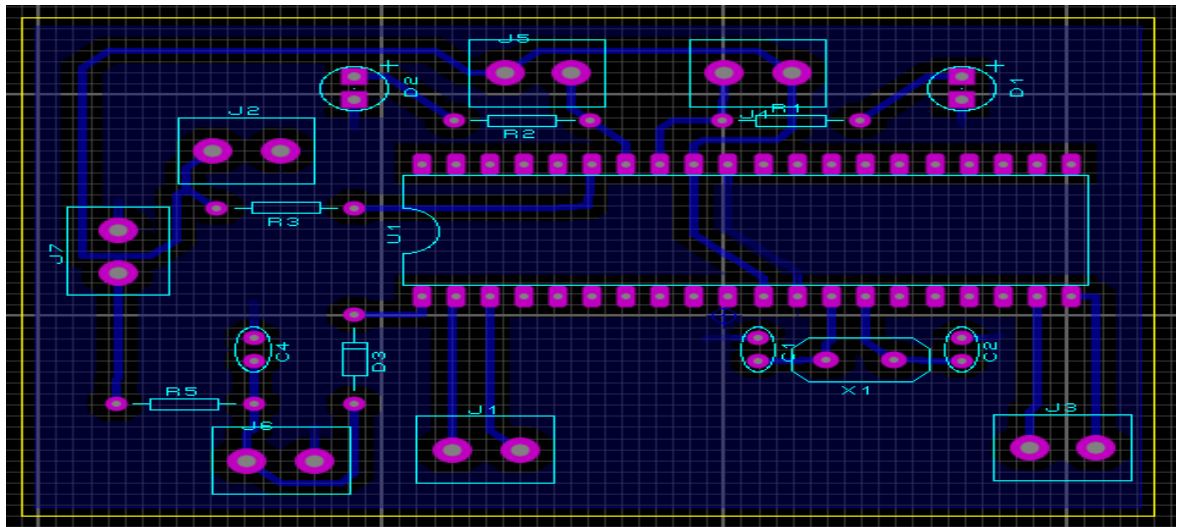


Figure (III.10): Schéma de routage (partie commande)

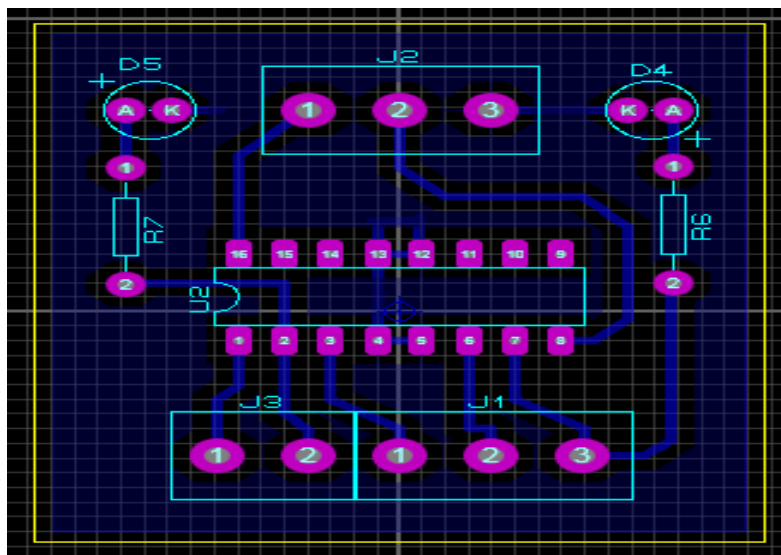


Figure (III.11): Schéma de routage (partie puissance)

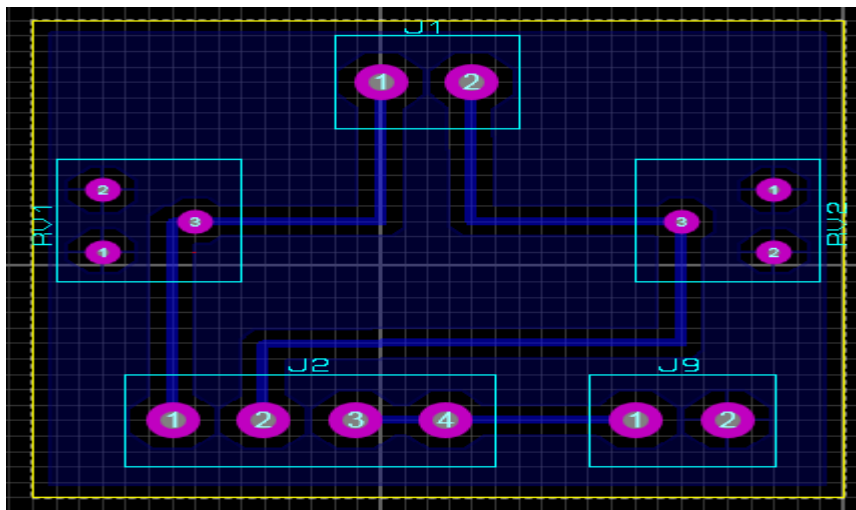


Figure (III.9): Schéma de routage (LDR)

III.7Réalisation du système :



Figure (III.12):Réalisation du système

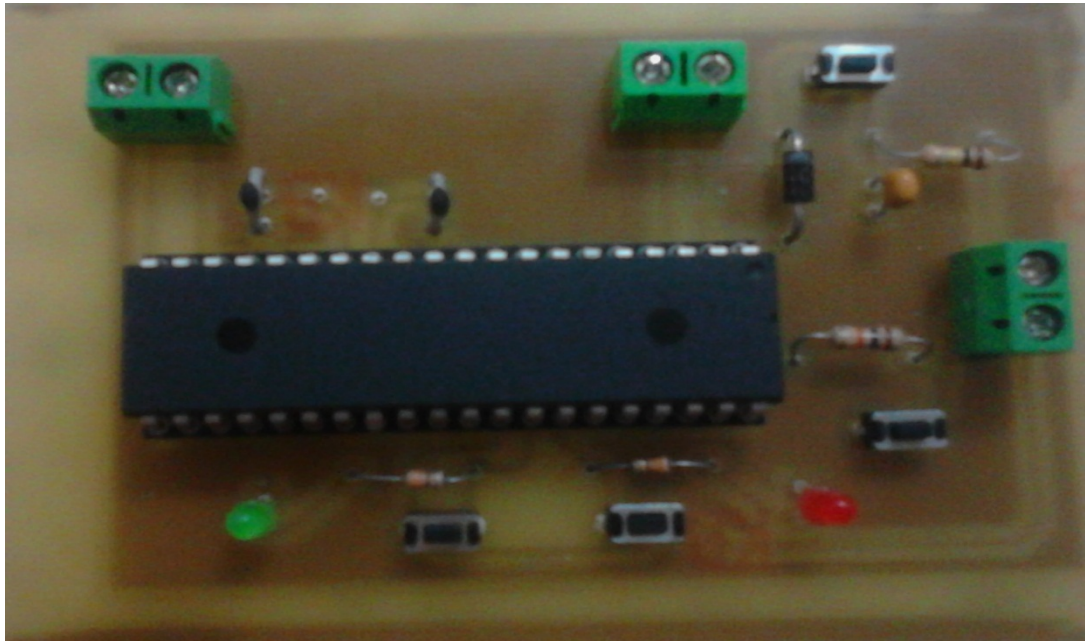


Figure (III.13):Réalisation de la carte (partie commande)

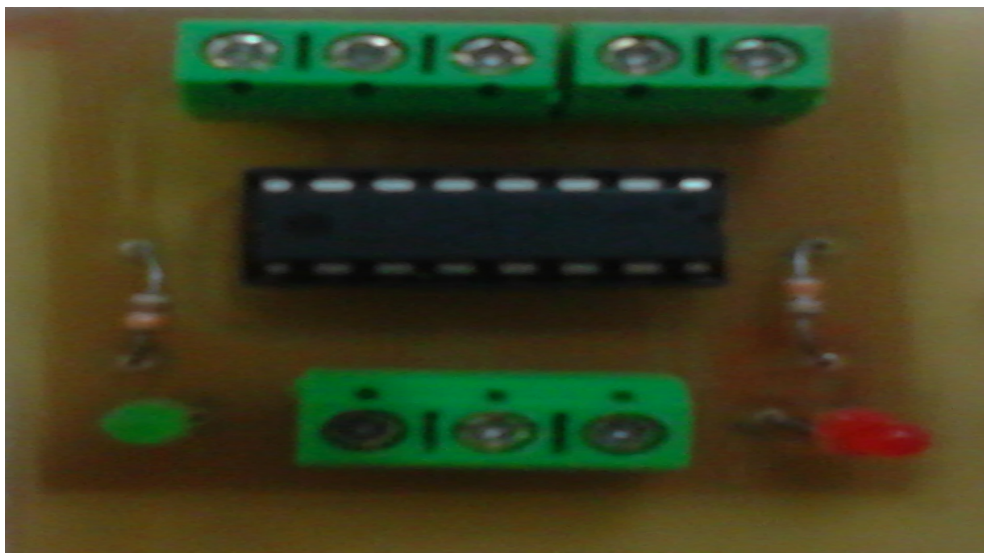


Figure (III.14):Réalisation de la carte (partie puissance)

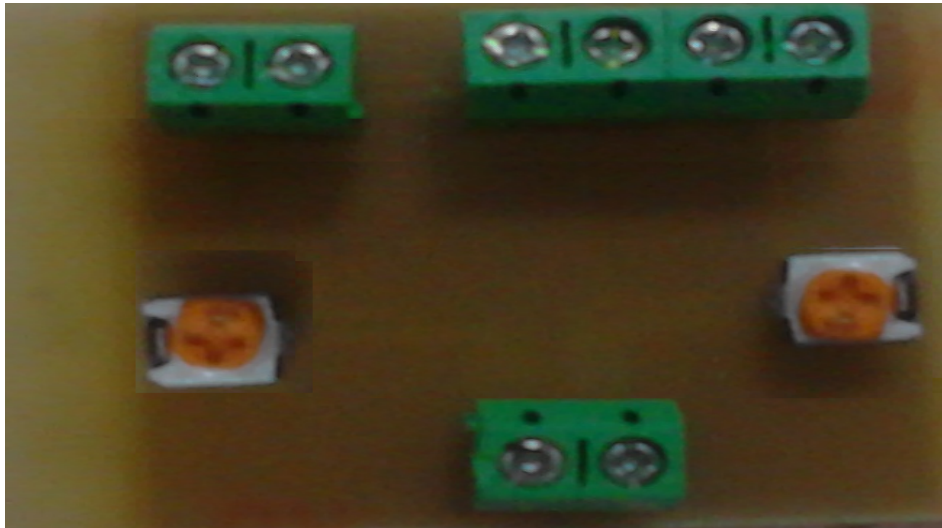


Figure (III.15):Réalisation de la carte (LDR)

III.8L'organigramme principal

L'organigramme principal du programme de poursuite solaire est présenté sur la figure (III.16) Les mouvements du système sont régis par programme de contrôle basé sur le teste de toutes les interruptions provenant des fins de course du système qui sont liées directement avec les broches RB4, RB5, du microcontrôleur.

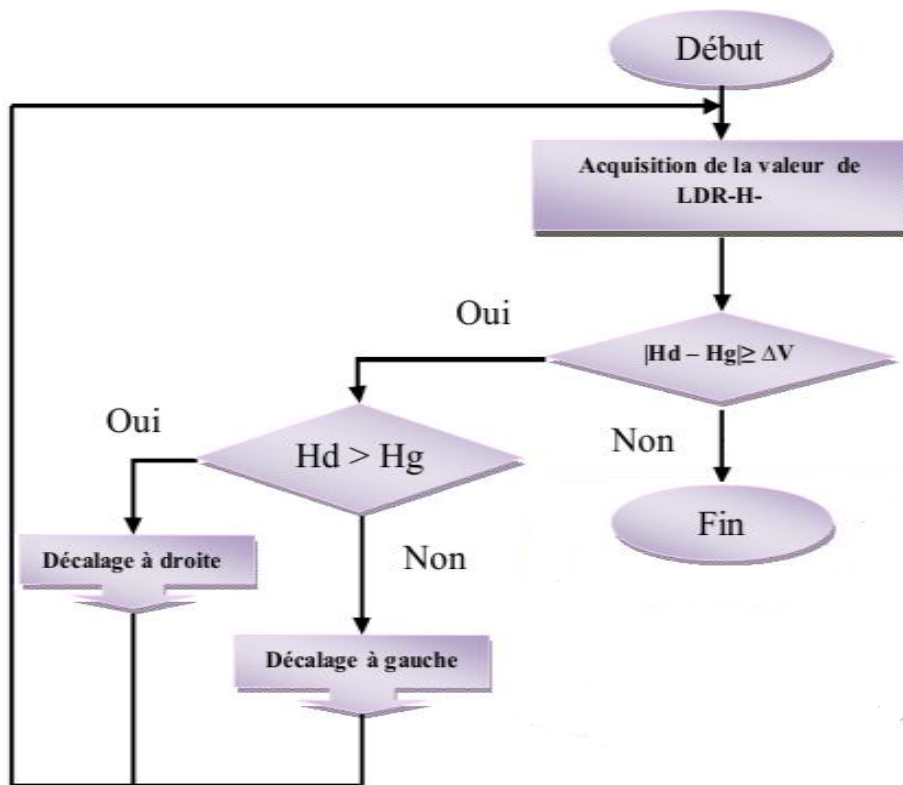


Figure (III.16):L'organigramme principal

III.9L'organigramme des orientations

La figure (III.17) présente l'organigramme des orientations du système vers les deux directions (à droite, à gauche).

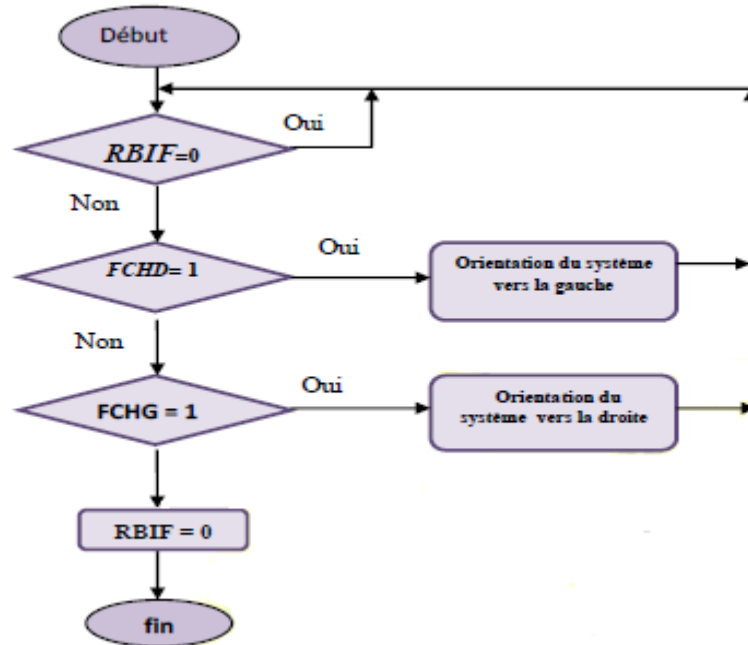


Figure (III.17):l'organigramme des orientations

III.10Conclusion

A la fin de ce chapitre, nous pourrions dire qu'on a pu développer les outils de programmation, simulation, réalisation, compilation du microcontrôleur ainsi que le routage des

Conclusion générale

Conclusion générale

Les travaux présentés dans ce rapport ont porté sur la conception et la réalisation d'un système de commande d'un suiveur de soleil à l'aide des composants électroniques programmable, on utilisant un processeur très répandu dans l'industrie : un microcontrôleur de la famille PIC c'est le 16F84A.

Le but de ce projet réside au niveau de la mise en œuvre d'une solution technique permettant de transformer un panneau photovoltaïque fixe en un suiveur de soleil afin d'améliorer son rendement.

Pendant ce projet, les signaux de commande générés ont été simulés à l'aide du logiciel ISIS. Notre projet a été réalisé suiveur de soleil.

En plus, Au terme de ce travail, nous avons atteint l'objectif qui est de réaliser le suiveur solaire, malgré les problèmes rencontrés durant la réalisation. Les différentes cartes réalisées sont fonctionnelles, et les tests de mouvement ont été concluants et très satisfaisants.

Enfin, nous espérons que ce travail puisse ouvrir de nouvelles perspectives pour de futures améliorations. Nous proposons dans ce sens la réalisation d'un système de poursuite pour un générateur photovoltaïque plus lourd (quatre à six modules photovoltaïques) et l'optimisation de la poursuite, par la précision des capteurs.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : SekhriToufik, Mémoire de fin d'étude, «Etude comparatif entre deux concentrateur solaire» Université de Ouargla, 2012.
- [2] : chibayounes, mémoire de magister, «etude de l'utilisation d'un bassin d'eau comme capteur solaire» universitementouriconstantine 2005
- [3] : SahraMouhamed et DjediaiLazhari Mémoire de fin d'étude « Optimisation d'un Systeme poursuit solaire appliquée au champ photovoltaïque» Université de Ouargla, 2011
- [4] :Meloudi Laila, Mémoire de magister, «Etude et Simulation de la poursuite de la trajectoire du soleil par un panneau solaire» Université de boumerdas2012.
- [5] : Www .l'énergie renouvelable .com.
- [6] : BUHLER, H. Électronique de puissance, Georgi, Lausanne, 1978.
- [7] : http://fr.wikipedia.org/wiki/panneau_solair
- [8] : SÉGUIER, G ; Électronique de puissance, Dunod, Paris, 1980
- [9] : LANDER, C.W., Power Electronics,McGraw-Hill, Londres, 1981
- [10] :www.datasheetcatalog.com
- [11] : www.datasheet.com
- [12] : www.microship.com
- [13] : Data sheet No.PD60147rev.U

ملخص:

تعتبر الطاقة الشمسية أحد مصادر الطاقة غير المنتهية والتي ليس لها أي تأثير سلبي مع المحيط البيئي كما يمكن استعمال هاته الأخيرة بطريقتين مختلفتين: طاقة شمسية حرارية، طاقة شمسية فوتونية، بحيث نوجه هذا الدراسة على الطاقة الشمسية الفوتونية والتي تستعمل لإنتاج الطاقة الكهربائية وذلك من خلال ظاهرة فيزيائية تدعى التي تعتمد على التحويل المباشر لأشعة الشمسية إلى طاقة كهربائية بواسطة الصحيفة كهروضوئية بحيث هذه الأخيرة يكون إنتاجها أقصى وهي أن تبقى عمودية بالنسبة إلى الأشعة الشمسية هذه الصفيحة تتركز على محور لدوران (محور أفقي) لهذا أنجزنا نظام لمتابعة تحرك الشمس والهدف من هذه الدراسة :

أولاً: تعريف مبدأ تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية.

ثانياً: قمنا بدراسة تحكم في متتبع الشمس بواسطة برنامج يمكننا من خلاله حساب مسار الشمس.

ثالثاً: ننتقي كل الوسائل التي يمكننا من إنجاز نظام متتبع الشمس.

Résumé :

L'énergie solaire est l'une des ressources d'énergie. Elle est pratiquement inépuisable, n'implique aucun résidu de pollution ou émission de gaz participant à l'effet de serre. Cette énergie peut être utilisée de deux façons : l'énergie solaire photovoltaïque et l'énergie solaire thermique. Dans cette étude l'énergie solaire photovoltaïque, utilisée sous forme électrique à partir d'un phénomène physique qui consiste à la conversion directe du rayonnement solaire en énergie électrique.

Nous souhaitant au moyen d'un module PV obtenir un rendement maximal et cela lorsqu'il est maintenu perpendiculaire aux rayons solaires, mobile suivant mono-axe de rotation (l'azimut).

Pour cela nous avons réalisé un programme de poursuite le mouvement de soleil à l'aide d'un logiciel (ISIS). Dans l'objectif de cette étude nous avons :

-Dans une première étape nous avons défini le principe de la conversion photovoltaïque.

-En deuxième étape nous avons étudié le système suiveur soleil par deux méthodes « par programme et par des capteurs ».

-Enfin nous avons sélectionné l'ensemble des formules qui nous permettent de réaliser le système suiveur soleil.

Mots clés : Energie solaire, photovoltaïque, poursuit solaire.