

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire AbdelhafidBoussouf -Mila
Institut des Sciences et de Technologie
Département de Sciences et Technologie



N°Ref :.....

**Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme
de MASTER**
Spécialité : Electromécanique

**Etude et conception d'un suiveur solaire pour
application photovoltaïque**

Réalisé par :

- **BARA Meriem**
- **BENNOURI Sabrina**

Soutenu devant le jury :

Mme.S.HADEF

Mme.S. BOUCHEKOUF

M.B.KAGHOUCHE

Président

Examineur

Promoteur

Année universitaire : 2019/2020

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à mon très
cher père Ahmed la miséricorde
d'Allah*

A ma chère mère : Atika

A mes sœur : Hadjer et Amina.

A mes frères: Riad, Hicham et Ammar.

*A toutes mes tantes et tous mes oncle et
tout ma famille.*

*A tous mes amis et ma classe du 2
master Electromécanique promotion
2019/2020 chacun avec son nom.*

Meriem.

Dédicace :

*Je dédie ce modeste travail
à mon très cher père 'AHMED' la
miséricorde d'Allah, Pour
tous ceux qui ma soutenu de l'école
élémentaire jusqu'à maintenant*

A ma chère mère : BAYA.

*A mes sœurs : GHANIA, DJAMILA,
DAHIA et HADA*

A mon frère: HOCINE

*A la petite et grande famille
BENNOURI de proche et de loin.*

A tous mes chères amies.

*A toutes les personnes que j'aime, que
je respecte*

Sabrina.

Remerciement

Je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience qui m'ont permis d'accomplir ce modeste travail.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à l'aide de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre reconnaissance.

*Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à l'encadreur de ce mémoire, **Mr Bessem KAGHOUCHE**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.*

Mes profonds remerciements vont aux membres du Jury qui m'ont honoré de leur participation à notre jury de mémoire et pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

*On tient à remercier particulièrement Mme **Saloua BOUCHEKOUF**, Maître de conférence classe B au centre universitaire BOSSOUF Abdelhafid de Mila, pour l'honneur qu'elle nous fait en présidant le jury de ce Mémoire.*

*On remercie particulièrement Mme **Souhila HADEF**, Maître de conférence classe B au centre universitaire BOSSOUF Abdelhafid de Mila, pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail et pour avoir accepté d'être examinateur de ce Mémoire.*

Nous tenons à remercier également nos professeurs qui nous ont appris tout ce qu'on sait sur ce parcours de cinq ans, ils ont grandement facilité notre travail.

Liste des symboles

PV : Phtovoltaïque.

I_{cc} : Courant de court-circuit [A].

V_{c0} : Tension de circuit ouvert [V].

FF : Facteur de forme [A.V].

P_{max} : puissance maximale [W].

η : Le rendement.

P_i : puissance lumineuse incidente [cd].

Φ : Latitude du lieu [°].

λ : Longitude du lieu [°].

C : Couple moteur [N.m].

F : La force [N].

D : La distance [m].

V_{out} : Tension de la sortie du capteur [V].

V_{int} : Tension d'alimentation du capteur [V].

R_{LRD} : Résistance du LDR [Ω].

R : Résistance [Ω].

MPP : Moteur pas à pas.

CAO : Conception associé par ordinateur.

LDR : Light Dépendent Résistor.

hg : le capteur haut à gauche

hd : le capteur haut à droite

bg : le capteur bas à gauche

bd : le capteur bas à droite

Sommaire

Introduction général.....	1
CHAPITRE I : Généralités sur l'énergie solaire	
I.1. Introduction.....	2
I.2. Les énergies renouvelables.....	2
I.2.1. Définition.....	2
I.2.2. Les types des énergies renouvelables.....	2
a) Énergie éolienne.....	2
b) Énergie hydraulique.....	3
c) Biomasse	3
d) Géothermie.....	4
e) Energie solaire	4
I.3. Les panneaux photovoltaïques	4
I.3.1. Définitions	4
I.3.1.1. Le rayonnement solaire	4
I.3.1.2. Panneaux photovoltaïques.....	5
I.3.1.3. Cellules photovoltaïque	5
I.3.2. Fabrication des cellules photovoltaïques	5
I.3.3. Les différents types des cellules photovoltaïques	6
I.3.3.1. Les cellules photovoltaïques monocristallins.....	6
I.3.3.2. Les cellules photovoltaïques polycristallins	7
I.3.3.3. Les cellules solaires amorphes	7
I.3.4. Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque	7
I.3.5. Paramètres physiques d'une cellule photovoltaïque	8
I.4. Conclusion	8
CHAPITRE II : Les suiveurs solaires	
II.1. Introduction.....	9
II.2. Les suiveurs solaire	9
II.2.1. Définition et fonctionnement	9

II.2.2. L'intérêt des suiveurs solaires	11
II.3. Les types des Suiveurs solaire.....	11
II.3.1. Suiveurs solaire passif	11
II.3.2. Suiveurs solaire actif	12
II.3.2.1 Classification des suiveurs actifs.....	13
II.3.2.1.1 selon le nombre des axes de rotation	13
a) Suiveur solaire mono-axe	13
b) Suiveur solaire double axe.....	13
II.3.2.1.2 selon le principe de suivi.....	14
a) Suiveur à boucle ouvert	14
b) Suiveur à boucle fermée	14
c) Suiveur hybride	16
II.4. Les moteurs utilisés comme actionneurs dans les suiveurs	16
II.4.1 Moteurs linéaires	16
II.4.2 Machines tournantes	17
II.5. Conclusion	18

CHAPITRE III : Conception du suiveur

III.1. Introduction.....	19
III.2. Conception du suiveur	19
III.3. Description des composants du système.....	19
III.3.1. moteur pas à pas bipolaires.....	19
III.3.1.1. Les modes d'excitation des moteurs pas à pas bipolaire.....	20
III.3.1.2. La commande du moteur.....	20
III.3.3. La carte arduino	21
III.3.3.1. La carte ARDUINO UNO	21
III.3.4. Photorésistance (LDR).....	23
III.4. Les logiciels utilisés.....	24
III.4.1. Le logiciel (Arduino IDE).....	24

III.4.2. Proteus 8 Professional.....	26
III.5. Programmation	27
III.5.1. L'organigramme.....	29
III.6. Conclusion.....	30
Conclusion générale.....	31
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumés	

Liste des tableaux

Tableau(III.1) : Combinaisons d'excitations en mode pas à pas et en mode demi-pas.....20

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure(I.1) : une central éolienne.....	3
Figure (I.2) : fonctionnement d'une centrale hydroélectrique	3
Figure (I.3) : Les types de rayonnement solaire.....	5
Figure(I.4): le principe de la cellule photovoltaïque.....	6
Figure (I.5) : Fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.....	7

CHAPITRE II

Figure(II.1) : schéma de fonctionnement de suiveur.....	9
Figure(II.2) : les repères d'un point de la terre.....	10
Figure (II.3) : l'azimut et hauteur du soleil.....	10
Figure (II.4) : la production électrique.....	11
Figure (II.5) : Suiveur solaire passif.....	12
Figure (II.6) : types de suiveurs actifs.....	12
Figure (II.7) : Suiveur solaire mono-axe.....	13
Figure(II.8) : Suiveur solaire double axe.....	14
Figure (II.9) : commande en boucle ouverte.....	14
Figure (II.10) : commande en boucle fermée.....	15
Figure (II.11) : Capteurs en quatre quadrants en forme(+)......	15
Figure(II.12) : Capteurs en quatre quadrants en forme(×).....	15
Figure(II.13) : deux capteurs séparé.....	16
Figure (II.14) : Moteur linéaire.....	16
Figure (II.15) : le moteur à courant continu.....	17
Figure (II.16) : Le moteur brushless (sans balais).....	17
Figure (II.17) : Machine à courant alternatif.....	18
Figure (II.18) : Moteur pas à pas.....	18

CHAPITRE III

Figure(III.1) : Moteur à aimant permanent Bipolaire.....	19
Figure(III.2) : L293D pins.....	21
Figure(III.3) : différents composants de l'Arduino UNO.....	22
Figure(III.4) : Les photorésistances.....	23

Figure(III.5): Branchement de résistance LDR en diviseur de tension.....	24
Figure(III.6) : L'interface du logiciel Arduino.....	25
Figure(III.7) : Schéma électrique du système suiveur simulé sous le logiciel ISIS Proteus.8	26
Figure (III.8) : Disposition des détecteurs et position du soleil.....	27

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Introduction générale

L'épuisement des sources d'énergie naturelles non renouvelables telles que les sources de pétrole, de gaz naturel et de charbon ainsi que leur impact néfaste sur l'environnement à pousser la communauté scientifique à trouver d'autres alternatives. En effet, les énergies renouvelables, ou comme on l'appelle les énergies propres telles que le vent, l'eau et le soleil sont utilisées de plus en plus grand. Les progrès technologiques ont permis d'exploiter les rayons émis par le soleil et ce qu'il transporte de chaleur et de lumière en une énergie électrique [1]. Parmi les techniques permettant de convertir l'énergie solaire en électricité, nous nous appuyons sur l'effet photoélectrique qui se manifeste sur un capteur de lumière de cellule photovoltaïque, on appelle aussi panneaux photovoltaïque (PV) où les photons de la lumière affectent un matériau semi-conducteur qui transfère son énergie aux électrons qui génèrent une tension électrique [2]. Cependant, pour avoir un rendement maximal de ces PV il faut que ces derniers soient orientés vers le soleil d'une façon perpendiculaire ce qui n'est pas possible sans avoir appel à un système de poursuite solaire.

Notre travail s'inscrit dans l'objectif général d'optimiser les performances des systèmes photovoltaïques en augmentant le rendement énergétique par l'intégration d'un système de poursuite solaire.

Dans le premier chapitre nous présenterons les différentes énergies renouvelables en étudiant d'une façon plus approfondie la production de l'électricité par l'effet photovoltaïque.

Le deuxième chapitre sera consacré à la compréhension d'un suiveur solaire en décrivant les différents types, les techniques et les méthodes de fonctionnement de ces systèmes.

Dans le troisième chapitre nous allons présenter les différentes étapes de la conception de notre suiveur et l'implémentation des différents dispositifs utilisés dans ce projet.

CHAPITRE I : Généralités sur l'énergie solaire

I.1.Introduction

Pour éviter l'accroissement de l'effet de serre et la destruction de la couche d'ozone il est possible de changer nos habitudes en faisant appel à l'énergie renouvelable moins dangereuse pour notre environnement. L'utilisation d'énergies renouvelables, à la place ou en complément des énergies fossiles, paraît être une bonne solution pour diminuer les rejets de CO₂, elles peuvent être disponible localement et renouvelables, elles sont propres et non polluantes.

Dans ce chapitre on va donner un aperçu général sur les énergies renouvelable et notamment l'énergie renouvelable produit par les panneaux photovoltaïques.

I.2. Les énergies renouvelables

I.2.1. Définition

L'énergie renouvelable représente l'ensemble des énergies qui sont extraites de sources de nature illimitée car elle ne disparaît pas avec le temps et elles sont renouvelables tels que la lumière du soleil, le vent, l'énergie hydraulique, etc. Ce type d'énergie est souvent disponible dans la nature et à la portée des humains[3].

I.2.2. Les types des énergies renouvelables

Il existe plusieurs types d'énergies renouvelables, produites à partir de sources différentes :

a) Énergie éolienne

Dans le cas de l'énergie éolienne, l'énergie électrique est générée par l'énergie cinétique du vent. En effet, l'éolienne est couplée à une génératrice électrique afin de créer du courant continu ou alternatif [3].



Figure (I.1) : une central éolienne

b) Énergie hydraulique

L'énergie cinétique de l'eau (fleuves et rivières, barrages, courants marins, marées), autrement dit, l'hydroélectricité permet de mettre en rotation des turbines génératrices d'électricité en produisant un courant alternatif [3].

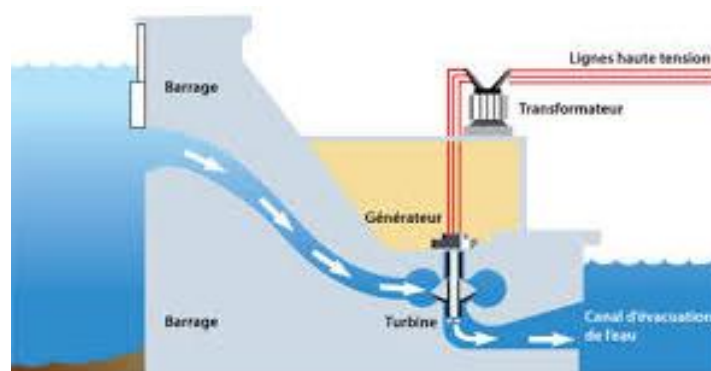


Figure (I.2) : fonctionnement d'une centrale hydroélectrique

c) Biomasse

L'énergie sous forme de chaleur est issue de la combustion de matériaux biologiques (ressources naturelles, cultures ou déchets organiques) [3]. On en distingue trois catégories principales :

- Le bois
- Le biogaz
- Les biocarburants.

d) Géothermie

La géothermie est une science qui étudie la chaleur interne de la terre. Cette énergie thermique peut être exploitée et convertie directement en électricité selon la ressource et la technologie mise en œuvre [3].

e) Energie solaire

Ce type d'énergie renouvelable est généré directement par le rayonnement solaire. L'énergie solaire est exploitée selon deux principaux modes de fonctionnement [3] :

- Solaire photovoltaïque (panneaux solaires photovoltaïques) : l'énergie solaire est exploitée en vue de produire l'électricité.
- Solaire thermique : Dans ce cas, le rayonnement solaire sera employé pour échauffer un fluide. Ce type d'énergie peut être également utilisé pour produire de l'électricité.

Dans ce mémoire, nous nous intéresserons à la production de l'électricité en utilisant les panneaux solaires photovoltaïques dont nous allons employer un système électromécanique, un suiveur, dans le but d'améliorer le rendement de ces PV.

I.3. Les panneaux photovoltaïques

I.3.1. Définitions

I.3.1.1. Le rayonnement solaire

La lumière du soleil ou ce qu'on appelle le rayonnement solaire contient un certain nombre d'ondes électromagnétiques qui sont envoyées par le soleil sous la forme de faisceaux lumineux, où ces derniers contiennent des ondes qui peuvent être vues et certaines d'autres ne peuvent pas être vues, le spectre visible ayant une couleur allant du rouge au violet [4].

Types de rayonnement

Les rayons solaires traversant l'atmosphère terrestre sont répartis en [5] :

- Rayonnement direct : Ce sont des rayons qui tombent directement sans avoir aucune barrière (nuages, bâtiments ...).
- Rayonnement diffus : ce sont les rayons du soleil réfractés par les nuages.
- Rayonnement réfléchi : ce sont les rayons résultant de la réflexion de la lumière de solaire par les différents sols.

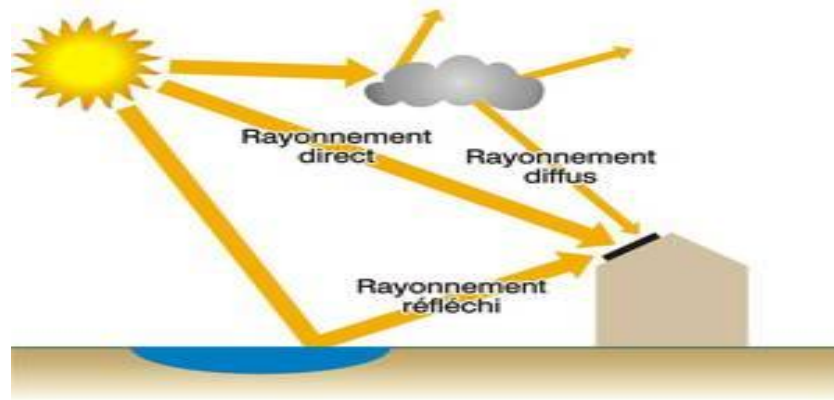


Figure (I.3) : Les types de rayonnement solaire.

I.3.1.2. Panneaux photovoltaïques

Un panneau photovoltaïque est un dispositif permettant de convertir une partie du rayonnement solaire en énergie électrique. Ceci est faisable grâce à de nombreuses cellules photovoltaïques qui constituent le panneau[6].

I.3.1.3. Cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est définie comme étant un dispositif électronique constitué de semi-conducteurs qui permet de produire une différence de tension et générer un courant électrique lorsqu'il est exposé à la lumière [7].

Domaines d'application des panneaux photovoltaïques

Les panneaux solaires sont appliqués dans plusieurs domaines tels que :

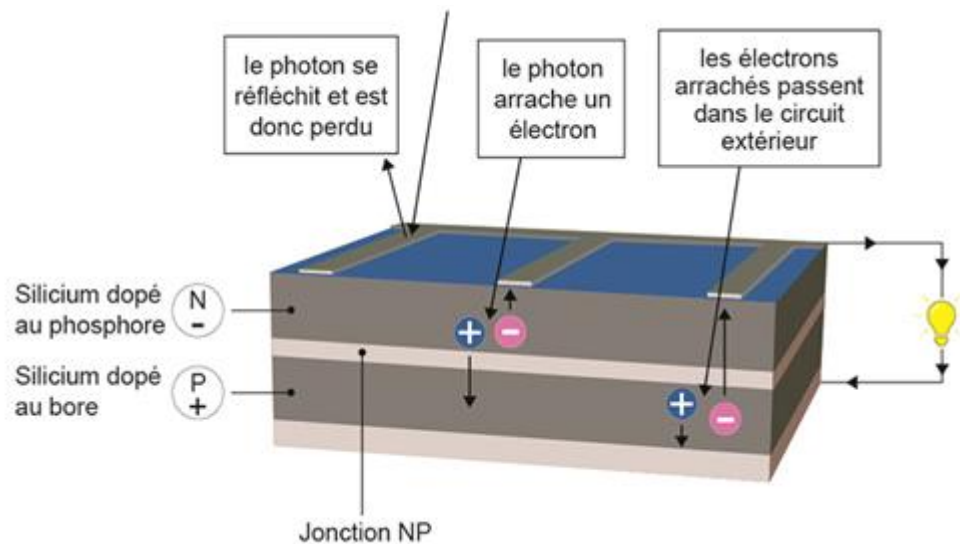
- L'usage domestique
- Les satellites
- Eclairage public
- Agronomie

I.3.2. Fabrication des cellules photovoltaïques

Les cellules photovoltaïques sont constituées de plusieurs couches, les plus importantes étant les deux couches principales sont **N** et **P** :

- **N** la substance de silicium dans laquelle le nombre d'électrons est prédominant (le matériau électronique).
- **P** représente la substance de silicium dans laquelle le nombre d'espaces est le prédominant.

- la surface de contact entre **P** et **N** appelée la jonction PN.
- une couche transparente est ajoutée à la surface avant de la cellule pour augmenter l'intensité d'absorption de la lumière.
- une couche métallique est ajoutée à la surface avant et arrière de la cellule pour former les pôles de la cellule photovoltaïque ; la surface de la couche métallique ne dépassant pas les 5% de la totalité de la surface avant du panneau [5].



Figure(I.4): le principe de la cellule photovoltaïque.

I.3.3. Les différents types des cellules photovoltaïques

I.3.3.1. Les cellules photovoltaïques monocristallins

Les panneaux solaires monocristallins sont utilisés dans les zones où l'intensité d'éclairage est élevée. Les cellules des panneaux solaires monocristallins sont en silicium pur dont le rendement énergétique se situe entre 18% et 24%, ce qui est le meilleur en termes de rentabilité [8].

Sachant que le Rendement énergétique est défini comme suit ;

C'est le rapport entre la puissance électrique maximale fournie par la cellule P_{max} (I_{opt}) et la puissance solaire incidente. Il est donné par [9]

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{inc}} = \frac{I_{opt} \times V_{opt}}{P_{inc}}$$

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

I.3.3.2. Les cellules photovoltaïques polycristallins

La cellule des panneaux solaires polycristallins est formée d'un groupe de cristaux de silicium de taille diverse. Ce type de plaque est le plus utilisé au monde, car li présente le meilleur apport prix-rendement sachant que son rendement varie entre 14% et 18% [8].

I.3.3.3. Les cellules solaires amorphes

Enfin, il y a les panneaux photovoltaïques à base de cellules amorphes. Ce type de plaque est utilisé dans les endroits où l'intensité lumineuse est faible. Les cellules de ce type de plaque sont en silicium gazeux avec un rendement compris entre 5% et 7%. Ces plaques se distinguent par leur couleur grise [8].

I.3.4. Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

Lors de l'absorption d'une quantité suffisante de photons de lumière ou de rayonnement solaire, une génération de paires électrons trous se produit. En effet, la présence d'un champ électrique interne dans une jonction P-N et qui est dû à l'ionisation des atomes va permettre aux paires électroniques de se déplacer et par conséquent de générer un courant continu. Le courant du panneau est la somme des courants de différentes cellules [10].

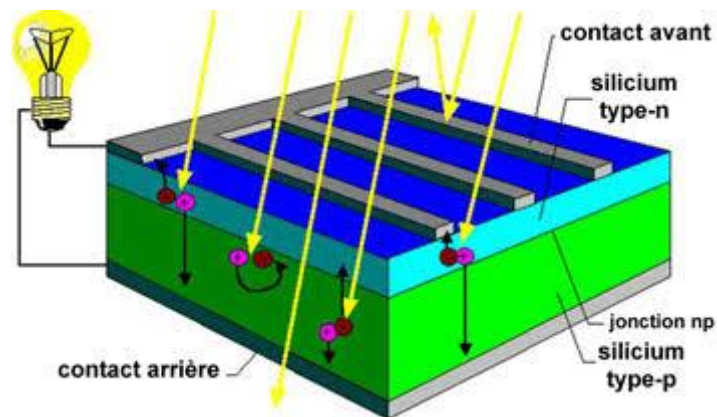


Figure (I.5) : Fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.

I.3.5. Paramètres physiques d'une cellule photovoltaïque [11]

- Courant de court-circuit I_{cc} : ce courant est obtenu quand le potentiel appliqué à la cellule est nul. C'est le plus grand courant que la cellule peut fournir et il est linéairement dépendant de l'intensité lumineuse reçue.

- Tension de circuit ouvert V_{co} : on obtient cette tension aux bornes de la cellule quand elle n'est pas connectée à une charge ou à une charge de résistance infinie.
- Facteur de forme FF : c'est un paramètre important puisque son utilisation sert à qualifier la qualité d'une cellule ou d'un générateur photovoltaïque. Il représente le rapport entre la puissance maximale que peut délivrer la cellule notée P_{max} et la puissance formée par le rectangle $I_{cc}V_{co}$
- Le rendement η : ce paramètre désigne le rendement de conversion en puissance. On le considère comme le rapport entre la puissance maximale délivrée par la cellule et la puissance lumineuse incidente P_i .

I.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté des notions importantes sur l'énergie solaire et le rayonnement solaire. Nous avons présenté également l'effet photo électrique qui se manifeste dans les panneaux photovoltaïques ainsi que l'élément fondamental qui est la cellule solaire. Puis nous avons décrit le principe de fonctionnement des PV et citer les différents types des panneaux photovoltaïques. Enfin, nous avons cité les paramètres caractéristiques de ces derniers.

Il est bien connu que le rendement d'une installation solaire est maximal lorsque le panneau photovoltaïque reste constamment orienté perpendiculairement aux rayons incidents du soleil en utilisant les suiveurs du soleil. En effet, dans le chapitre suivant on va s'intéresser aux systèmes de poursuite des rayons solaire.

CHAPITRE II : les suiveurs solaires

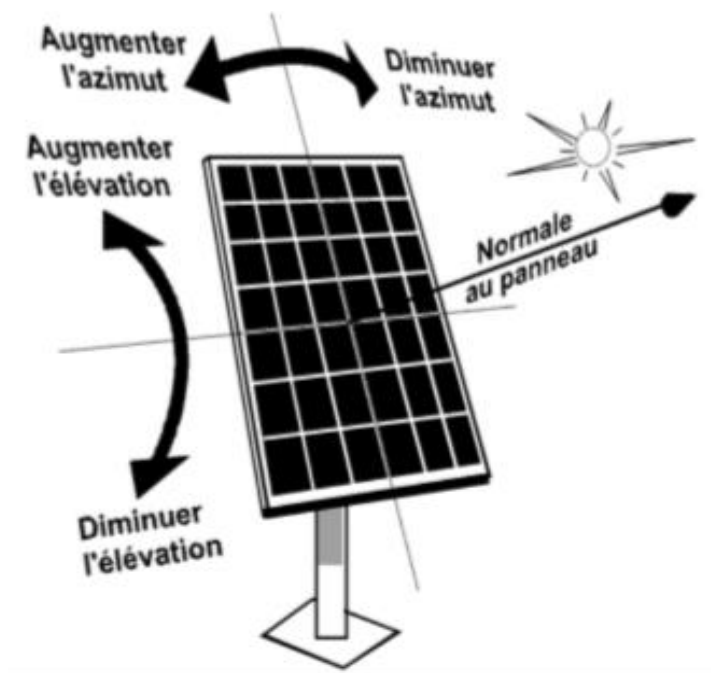
II.1. Introduction

Ce deuxième chapitre présente en premier temps le principe de fonctionnement des suiveurs solaires. Puis, nous nous intéressons à décrire les différents types des suiveurs ainsi que les méthodes de poursuite adoptés pour le fonctionnement des suiveurs solaires. Enfin, nous allons présenter les actionneurs employés dans la conception et la réalisation des suiveurs solaires.

II.2. Les suiveurs solaire

II.2.1. Définition et fonctionnement

- Un Traqueur solaire, ou suiveur de soleil est un système mécanique permettant à une installation de production d'énergie solaire de suivre le soleil selon le principe de l'héliostat, cette structure peut être dotée de moteurs électriques qui permettent d'orienter les panneaux solaires afin d'augmenter la productivité de ces derniers [12].
- Puisque la position du soleil varie constamment et d'une manière différente selon la latitude tout au long de la journée et de l'année (selon les saisons), les suiveurs sont utilisés pour orienter les PV en temps réel vers le soleil afin d'améliorer le rendement des panneaux (voir figure II.1) [12].



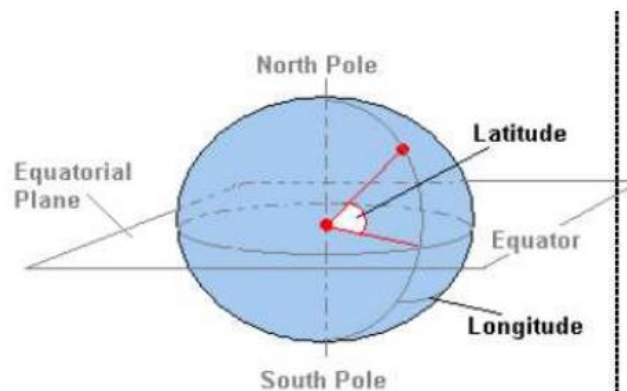
Figure(II.1) : schéma de fonctionnement de suiveur.

Les angles qui rentrent en jeu pendant l'orientation des PV

Le déplacement du soleil nécessite de prendre en considération de sa position relative par rapport à un observateur placé dans un point sur la terre. Où chaque point de la terre est déterminé par deux angles :

Latitude : l'angle ϕ est déterminé s'il est au nord ou au sud et se situe entre le point et le plan équatorial.

Longitude : λ angle par rapport au méridien de Greenwich, on précise à chaque fois si elle est à l'est ou à l'ouest de la référence [13].



Figure(II.2) : les repères d'un point de la terre

Nous nous appuyons également sur deux angles pour déterminer la position de soleil par rapport à l'observateur :

L'azimut solaire : c'est l'angle fait du plan vertical du soleil avec le plan méridien du lieu.

La hauteur du soleil (élévation) : l'angle que fait la direction du soleil avec le plan horizontal [13].

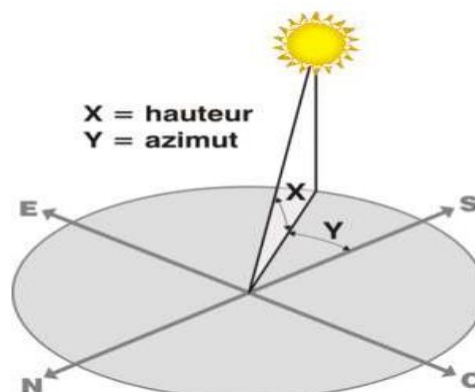


Figure (II.3) : l'azimut et la hauteur de déplacement du soleil

II.2.2. L'intérêt des suiveurs solaires

La production d'énergie électrique par les panneaux photovoltaïques est maximale lorsque la lumière du soleil est perpendiculaire sur les panneaux.

Lorsque les panneaux sont stationnaires, leur rendement n'est pas constant tout au long de la journée ; comme lorsque le soleil se déplace l'angle d'éclairage change continuellement, donc le rendement varie entre le début et la fin de la journée. De cela vient l'intérêt des systèmes suiveurs, ils permettent de garder d'une façon continue les panneaux solaires orientés perpendiculairement aux rayons incidents du soleil .

La figure ci-dessous présente un diagramme comparatif de production électrique entre une installation fixe et une installation avec suiveur [14].

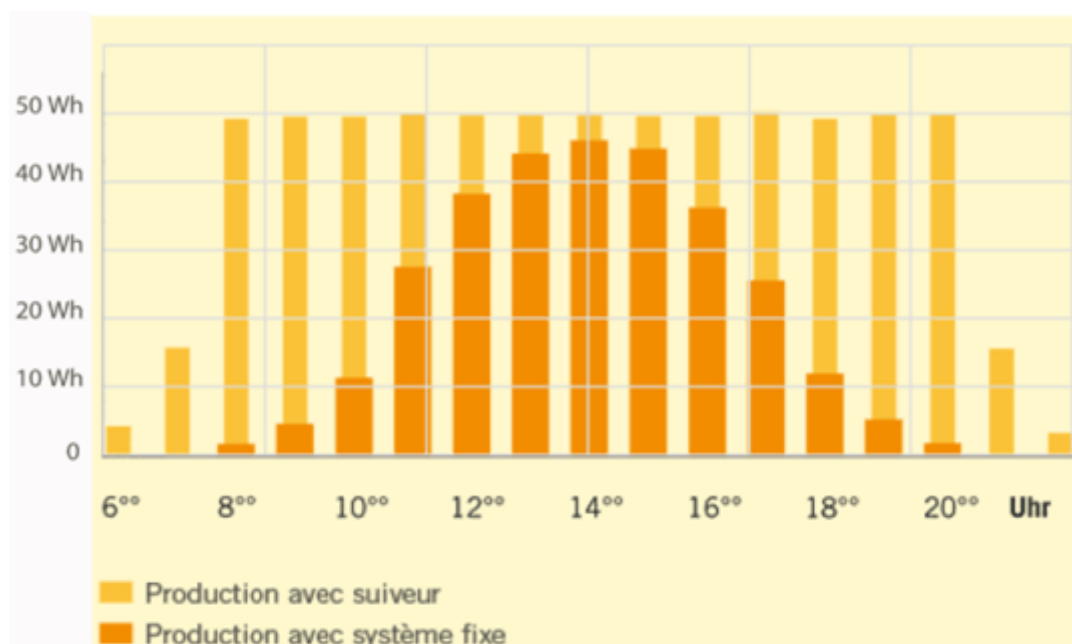


Figure (II.4) : la production électrique.

II.3. Types des Suiveurs solaire

II.3.1. Suiveurs solaire passif

Ce type de suiveurs solaires possède deux tubes en cuivre remplis en fluides chimiques est monté sur les côtés Est et Ouest du PV. L'augmentation de la température induit par l'exposition aux rayons du soleil mène à la vaporisation de ces liquides. Le plus grand volume interne est occupé par partie gazeuse, et la quantité liquide se déplace vers le côté ombragé. Donc, le mouvement des PV est gouverné par un processus de transfert de mass. Cette technique ne nécessite aucune énergie pour orienter les PV [15].

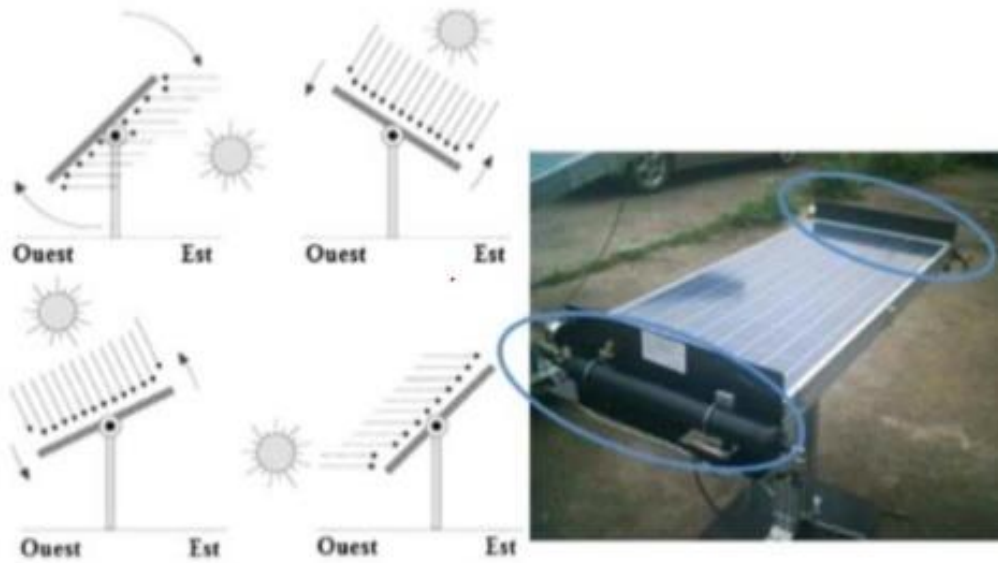


Figure (II.5) : Suiveur solaire passif.

II.3.2. Suiveurs solaire actif

Ce type du suiveur représente une meilleure précision en cherchant à optimiser au maximum l'angle d'incidence du rayonnement solaire sur la surface du suiveur à travers des systèmes automatisés. Cette catégorie de suiveurs possède deux types: les suiveurs mono-axe et double axe [16].

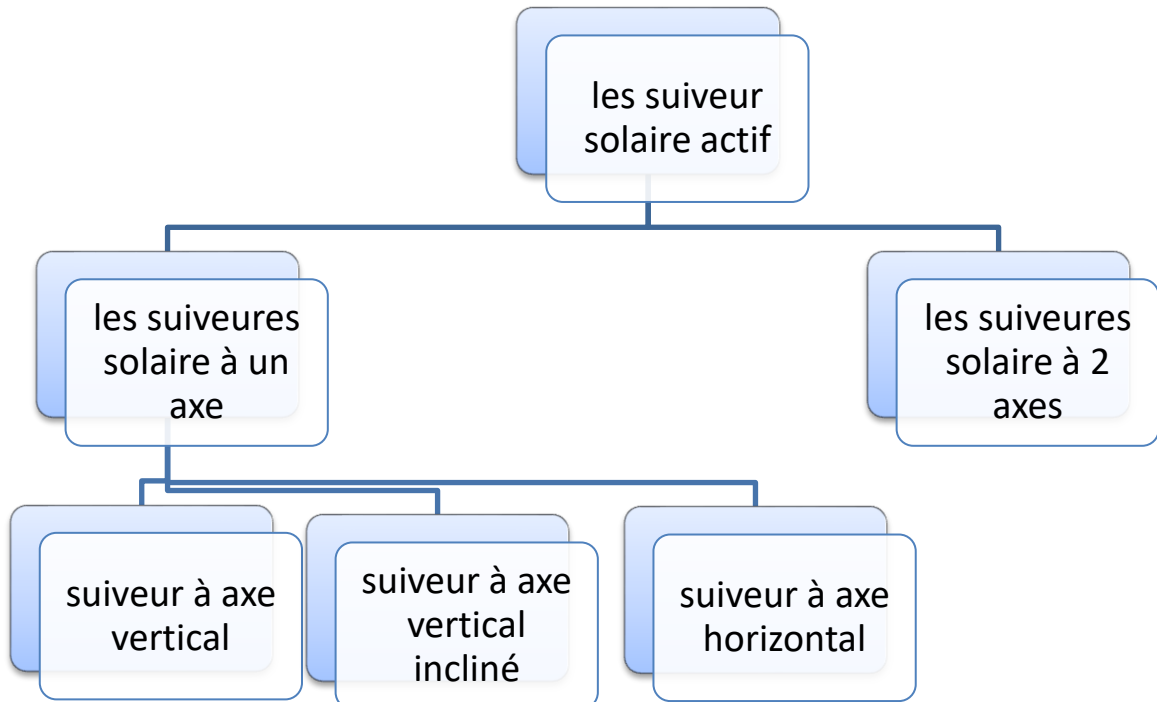


Figure (II.6) : types de suiveurs actifs

II.3.2.1 Classification des suiveurs actifs

II.3.2.1.1 selon le nombre des axes de rotation

a) Suiveur solaire mono-axe

Ce type de suiveurs possède un seul degré de liberté et ils sont utilisés pour permettre une orientation dans une seule direction. Le trajet que suit cet axe en azimut de l'Est vers l'Ouest au fil de la journée. L'angle d'inclinaison du panneau est fixe. Pour recevoir le maximum de rayons du soleil durant toute l'année il faut placer le PV selon l'angle le plus adéquat. Il est placé selon la latitude du lieu où est disposé le PV [16].

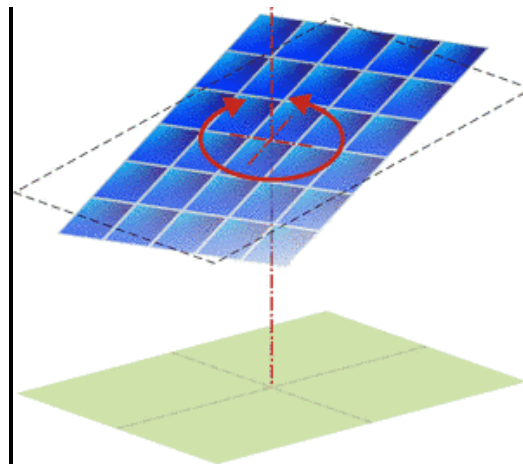
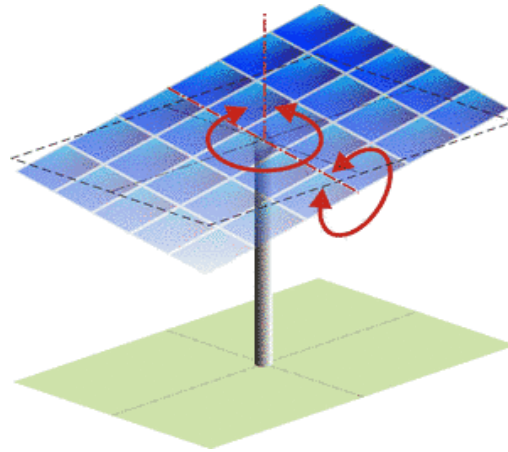


Figure (II.7) : Suiveur solaire mono-axe

b) Suiveur solaire double axe

Ce suiveur est le plus impressionnant et offre les meilleures performances par rapport au suiveur mono-axe. Ce type de suiveur solaire est l'opposé du précédent, il se compose de deux axes ce qui lui permet de suivre les mouvements en azimut et en inclinaison au cours de la journée. Cela permet au PV de rester constamment orienté vers le soleil [16].

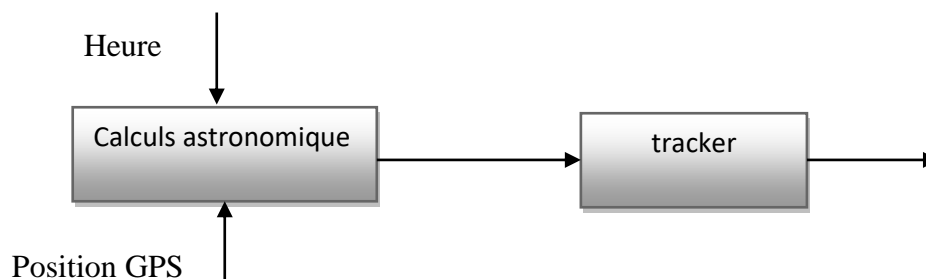


Figure(II.8) :Suiveur solaire double axe

II.2.3.1.2 selon le principe de suivi

a) Suiveur à boucle ouvert

Cette méthode est basée sur les calculs astronomique pour déterminer la position du soleil, les coordonnées du suiveur sont fournis à travers l'heur et coordonnées de GPS, Il utilise comme points d'entrée : date, jour et heure en plus de la longitude et la latitude. Cependant, cette méthode est susceptible aux perturbations et aux erreurs de modélisation [17].



Figure(II.9) : Commande en boucle ouverte.

b) Suiveur à boucle fermée

Cette méthode est basée sur une acquisition des données délivrée par des capteurs de lumières de type photodétecteurs afin de contrôler les actionneurs du suiveur, cette technique permet une surveillance instantanée du soleil ainsi qu'un bon guidage des panneaux solaires [17].

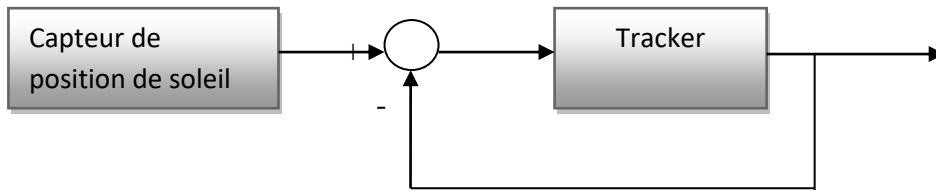


Figure (II.10) : commande en boucle fermée.

Emplacement des LDR sur les PV:

➤ Position pour les suiveurs à double axe

- La figure (II.11) illustre l'emplacement en quatre quadrants en utilisant quatre capteurs séparé par deux plants (forme +).

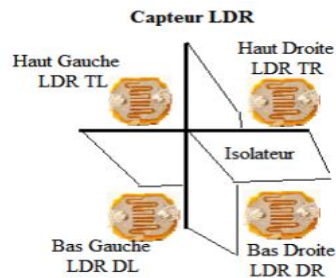


Figure (II.11) : Capteurs en quatre quadrants en forme(+).

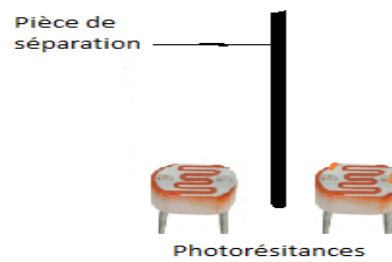
- La figure (II.12) illustre l'emplacement en quatre quadrants en utilisant quatre capteurs séparé par deux plants (forme ×).



Figure(II.12) : Capteurs en quatre quadrants en forme(×)

➤ Position pour les suiveurs mon-axe

- Deux capteurs séparé par un plant (utiliser dans les suiveurs mono-axe)(voir figure II.14).



Figure(II.14) : deux capteurs séparés.

c) Suiveur hybride

Cette méthode est une combinaison entre la méthode à boucle ouverte et la méthode à boucle fermée, Elle combine la donnée proposée par la commande en boucle fermée et le calcul de position proposée par la commande en boucle ouverte [17].

II.4 Les moteurs utilisés comme actionneurs dans les suiveurs

Les moteurs électriques sont utilisés pour assurer le mouvement mécanique des PV. Il existe deux types de moteurs qui sont utilisés.

II.4.1 Moteurs linéaires

Ils sont caractérisés par la mise en place du rotor et du stator sur plat ce qui permet d'engendrer un mouvement de translation (voir la figure II.10) [18].

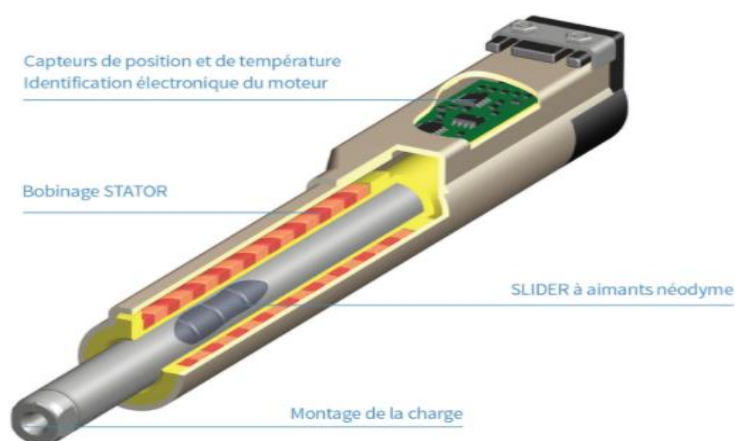


Figure (II.15) : Moteur linéaire [19].

Ces moteurs se présentes en deux types :

- Moteurs à grande course.
- Moteurs à course limitée, appelés actionneurs linéaires.

II.4.2 Machines tournantes

Les machines tournantes produisent un mouvement rotatif qui fait tourner le dispositif auquel il est lié. La famille des machines tournantes a un point commun qu'il contient une partie fixe « stator » et un autre mobile « rotor », Il existe plusieurs types des machines tournantes sont [18] :

- Machines à courant continu : Elles s'adaptent facilement à nos différents besoins.

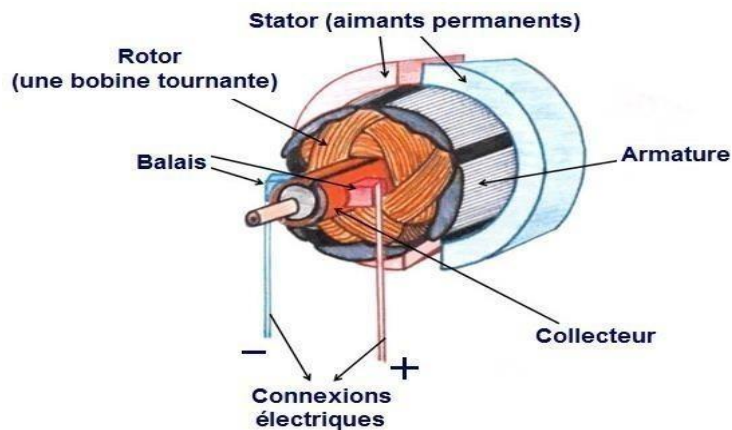


Figure (II.16) : le moteur à courant continu [20].

- Les moteurs « brushless » : ce sont des moteurs à courant continu sans collecteurs et par conséquent sans balais. Par ailleurs, un système de commande est mis en place pour assurer la commutation dans les enroulements (voir figure (II.17))

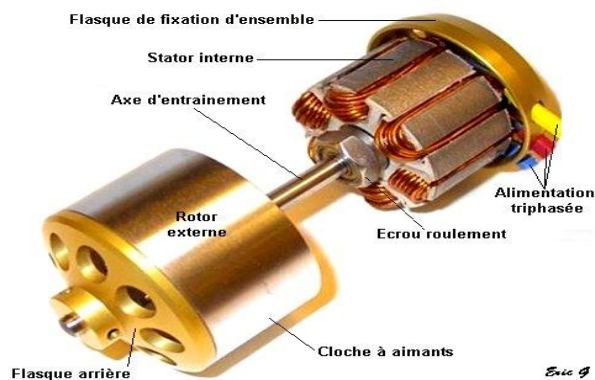


Figure (II.17) : Le moteur brushless (sans balais) [21].

- Machine à courant alternatif : sont particulièrement utilisés pour les applications de faible et moyenne puissance.

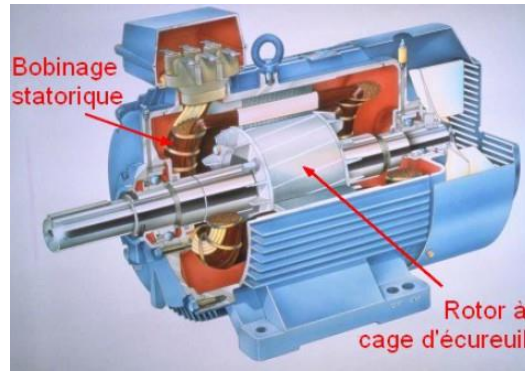


Figure (II.18) : Machine à courant alternatif [22].

- Moteurs pas à pas : ce type de moteur est généralement commandé par l'électronique numérique. Il permet de définir les angles avec une précision.

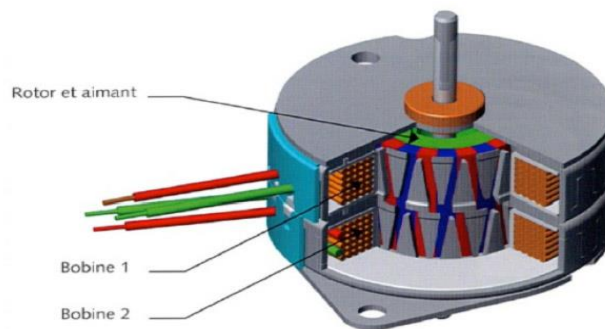


Figure (II.19) : Moteur pas à pas [23].

II.5. Conclusion

Dans ce deuxième chapitre nous avons présenté le rôle crucial du système de poursuite solaire qui permet vraiment d'améliorer le rendement des PV. Ce système permet de préserver de façon instantanée les PV en position perpendiculaire aux rayons incidents du soleil. Puis, nous avons décrit les différents types des suiveurs ainsi les méthodes adoptées de poursuites, à savoir la méthode à boucle ouverte, la méthode à fermée et la méthode hybride. Nous avons, également représenté les différents emplacements des capteurs LDR sur les PV. Enfin, nous avons cité présenté les différents moteurs électriques employés afin de délivrer le mouvement mécanique à ces PV

CHAPITR III : Conception du suiveur

III.1. Introduction

Après avoir présenté les différents dispositifs et techniques pour réaliser les systèmes suiveur, ce chapitre sera consacré pour concevoir un système suiveur solaire. Tout d'abord, nous allons fixer un cahier des charges. Puis, nous allons présenter les dispositifs et les outils logiciels employés afin d'étudier ce système. Enfin, nous allons présenter le programme permettant le pilotage de ce suiveur.

III.2. Conception du suiveur

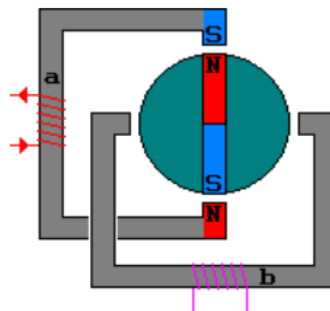
Ce projet a pour objectif de concevoir un système suiveur du soleil à deux axes en utilisant la méthode à boucle fermée où les photodétecteur LDR sont utilisés en tant que capteurs. Les dispositifs de la commande des actionneurs ainsi que l'acquisition du signal provenant des capteurs sont décrits comme suit :

- Carte Arduino UNO ;
- Quatre capteurs LDR placés en quadrature ;
- Deux moteurs pas à pas bipolaires pour balayer les deux directions N-S et E-O ;
- Deux driver de type L293 servant comme circuit de puissance ;

III.3. Description des composants du système.

III.3.1. moteur pas à pas bipolaires

Les moteurs pas à pas vont servir comme les actionneurs dans le système électromécanique. Ces moteurs permettent d'avoir une précision durant la poursuite du soleil. Afin d'avoir un couple moteur important nous avons opté pour le type bipolaire car cette configuration permet d'alimenter une paire de phase en même temps [24].



Figure(III.1) : Moteur à aimant permanent Bipolaire.

On définit le couple moteur comme suit :

$$C = F \times D \text{ (N.m)}$$

Où F est la force en Newtons (ou kilogrammes) et D exprimé e mètre est la distance entre le point d'application de la force et le point sur lequel est exercé le couple[25].

III.3.1.1. Les modes d'excitation des moteurs pas à pas bipolaire

Nous nous somme limité à présenter seulement les combinaisons logiques pour le fonctionnement d'un moteur pas à pas bipolaire [26].

Tableau (III.1) : combinaison d'excitation en mode pas à pas et en mode demi-pas.

Mode en pas	Mode en demi-pas
AB-CD	AB
BA-CD	AB-CD
BA-DC	CD
AB-DC	BA-CD
AB-CD	BA
Etc...	BA-DC
	DC
	AB-DC
	AB
	AB-CD
	Etc...

III.3.1.2. La commande du moteur

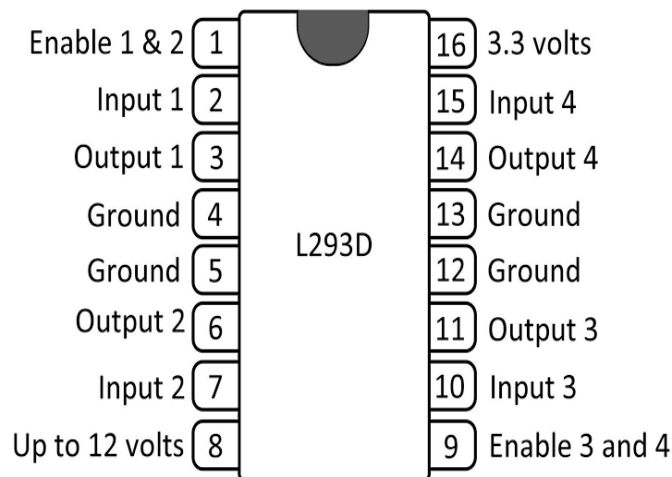
Le pilotage des MPP a été effectué à travers une carte Arduino délivrant les séquences de fonctionnement et un circuit intégré spécialisé le L293 qui servira comme un circuit de puissance. Rappelant qu'il existe sur le marché plusieurs types de circuits spécialisés pour commander ce type des moteurs, à savoir le L297 pour délivrer les séquences numériques et le L298 utilisé en tant que interface de puissance. Sachant que ces deux derniers circuits sont généralement combinés pour commander les MPP. A noter que ce choix a été fait après avoir procéder à une étude comparative entre le circuit concurrent le L298. Donc, nous avons trouvé que L293d est :

- moins cher que L298.

- ne nécessite pas de lui ajouter des diodes de protections. En effet, contrairement au L298 les diodes sont intégrées à l'intérieur du boîtier.

Caractéristiques techniques du L293D[27]

- Nbre de pont-H : 2
- Courant max régime continu : 600mA(×2).
- Courant de pointe max<2ms : 120mA.
- Vs Max alim moteur : 36V.
- Vss Max alim logique : 7V.
- Nbre de broches : 16 Dip.
- Perte de tension : 1.3V.



Figure(III.2) : L293D pins.

III.3.3. La carte Arduino

Arduino est un circuit imprimé en matériel libre sur lequel se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser, calculer et produire des signaux électriques de manière à effectuer des tâches très diverses (contrôle des systèmes automatisés, le contrôle des appareils domestiques - éclairage, chauffage,...) [28].

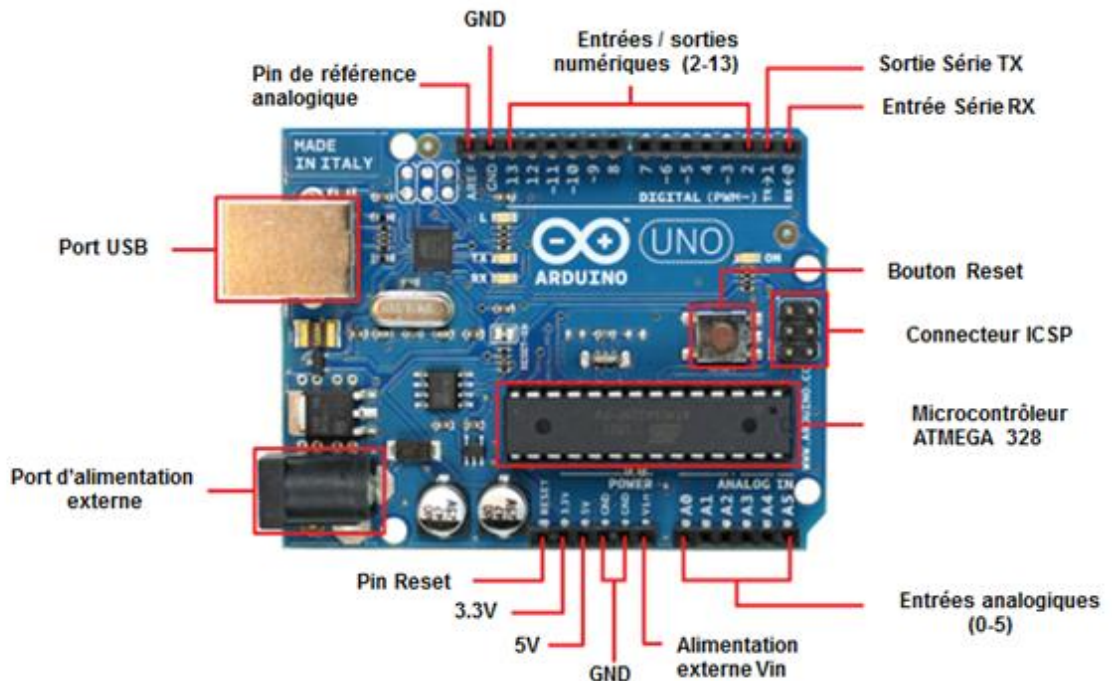
Il existe plusieurs types des cartes Arduino tels que la carte UNO, Nano, Méga...etc. En effet, notre choix s'est basé la carte Arduino UNO car elle satisfait nos besoins techniques d'une part, et le faible coût d'autre part.

III.3.3.1. La carte ARDUINO UNO

La carte UNO représente la première version de la carte Arduino qui possède les caractéristiques suivantes [29] :

- Tension d'alimentation interne avec USB (avec ordinateur) = 5V.

- tension d'alimentation (recommandée)= 7 à 12V, limites =6 à 20 V.
- Entrées/sorties numériques :14 dont 6 peuvent assurer une sortie PWM
- Entrées analogiques : 6.
- Courant max par broches E/S = 40 mA.
- Courant max sur sortie 3,3V = 50mA.
- Mémoire Flash 32 KB.
- Mémoire SRAM 2 KB
- Mémoire EEPROM 1 KB.
- Fréquence horloge = 16 MHz.
- Le microcontrôleur ATMEGA 328T-PU



Figure(III.3) : différents composants de l'Arduino UNO [30].

➤ *Caractéristiques du Le microcontrôleur*

Le microcontrôleur utilisé sur la carte Arduino UNO est un microcontrôleur de type ATMEL-ATMega328 de famille AVR[30].

- Processeur 16 MHz.
- Mémoires : 32 KB Flach, 2KB SRAM, 1KB EEPROM.
- E/S : 14 Digitales (6PWM), 6 Analogique.

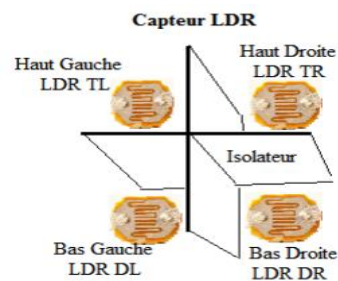
➤ *Le convertisseur analogique numérique dans Arduino*

La carte Arduino UNO possède un convertisseur analogique numérique CAN intégré sur la même puce dont 6 broches (A, A1, A2, A3, A4, A5) ont été réservées pour l'acquisition du signal analogique. Le CAN a une résolution de 10 bits ce qui correspond 2^{10} (1024) niveaux analogique discrets [31]. Dans notre projet, nous avons exploité ce circuit électronique pour acquérir le signal issu des capteurs LDR afin de le traiter numériquement et procéder l'ajustement des PV.

III.3.4. Photorésistances (LDR)

Une photorésistance LDR (Light Dépendent Résistor ou résistance dépendant de la lumière) est un composant dont la valeur en Ohms dépend de la lumière à laquelle il est exposé (sa résistance diminue lorsqu'il est éclairé). Elles sont généralement construites du Sulfure ou du Sélénium de Cadmium qui se comporte comme des semi-conducteurs. La photorésistance est largement utilisée dans les jouets, les lampes, les caméras et autres industries [32,33].

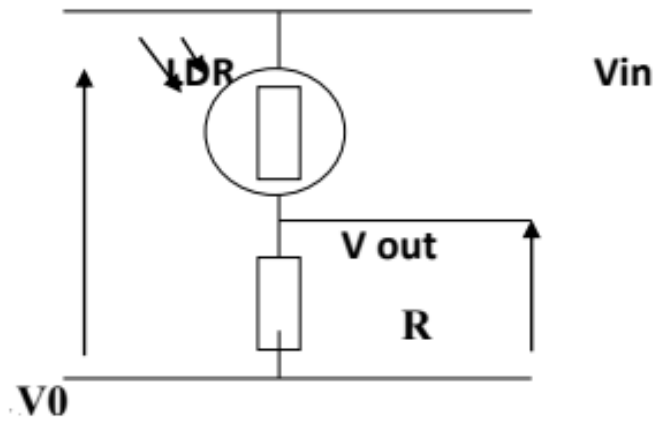
Comme nous l'avons évoqué dans la section III.1, nous avons choisi l'emplacement quadrature des capteurs LDR



Figure(III.5) : Les photorésistances.

Principe de fonctionnement du photodétecteur

Le montage est basé sur un diviseur de tension :



Figure(III.5): Branchement de résistance LDR en diviseur de tension.

$$V_{out} = \frac{R}{(R+RLDR)} * V_{int}$$

V_{int} : Tension d'alimentation du capteur (5v).

R LRD : Résistance du LDR.

V_{out} : Tension de la sortie du capteur.

R : Résistance en (k Ω) ; elle sert à protéger les entrée de la carte Arduino

Dispositif

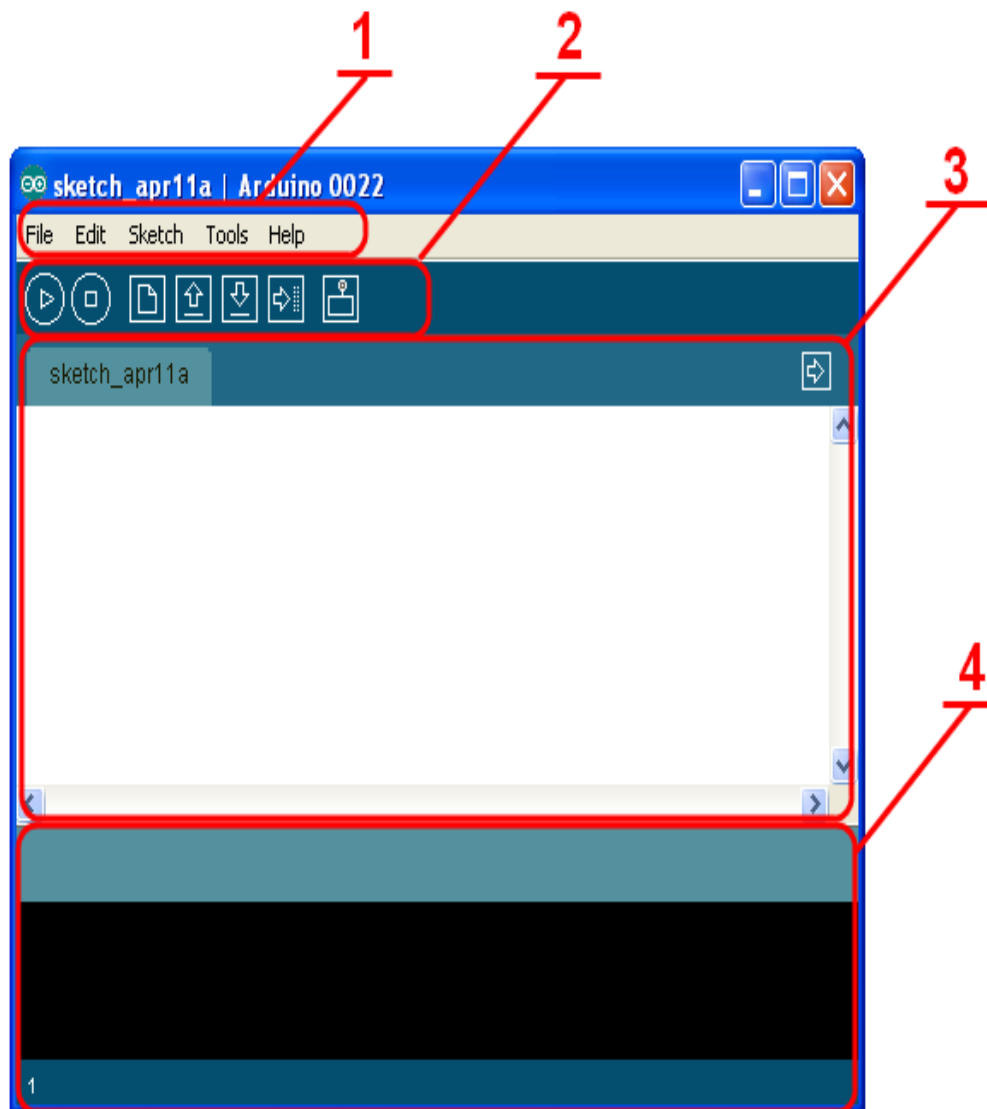
Le modèle GL5528 est disponible sur le marché et représente un faible coût. Il possède les caractéristiques suivantes :

- Tension maximale : 150V, DC
- Puissance maximale : 100mW
- Température de fonctionnement : -30 ° C ~ 70 ° C
- Pic spectral : 540nm
- Résistance lumineuse (10Lux) (K Ω) : 10 - 20
- Résistance foncée : 1 M Ω
- Temps de réponse : 20ms (Rise), 30ms (Down)

III.4. Les logiciels utilisés

III.4.1. Le logiciel Arduino IDE

Il représente l'interface logicielle (voir figure III.8) permettant de programmer la carte Arduino (voir la figure III.8). Le langage utilisé pour programmer la carte Arduino est le langage Arduino qui est très proche du langage C/C++.



Figure(III.6) : L'interface du logiciel Arduino

- 1_ Barre de menus.
- 2_ Barre d'outils rapide.
- 3_ Editeur de code pour écrire le programme.
- 4_ Débogueur (affichage des erreurs de programmation)

Bibliothèques utilisées

La librairie du logiciel Arduino se dispose de plusieurs fonctions utilitaires installées par défaut, et certains d'autres peut être rajoutée à la bibliothèque. Nous avons utilisé dans notre programme la bibliothèque **Stepper**, elle permet contrôler le moteur pas à pas unipolaire et bipolaire.

Pour accéder à cette bibliothèque nous il suffit d'utiliser l'instruction `"#include<stepper.h > "`,

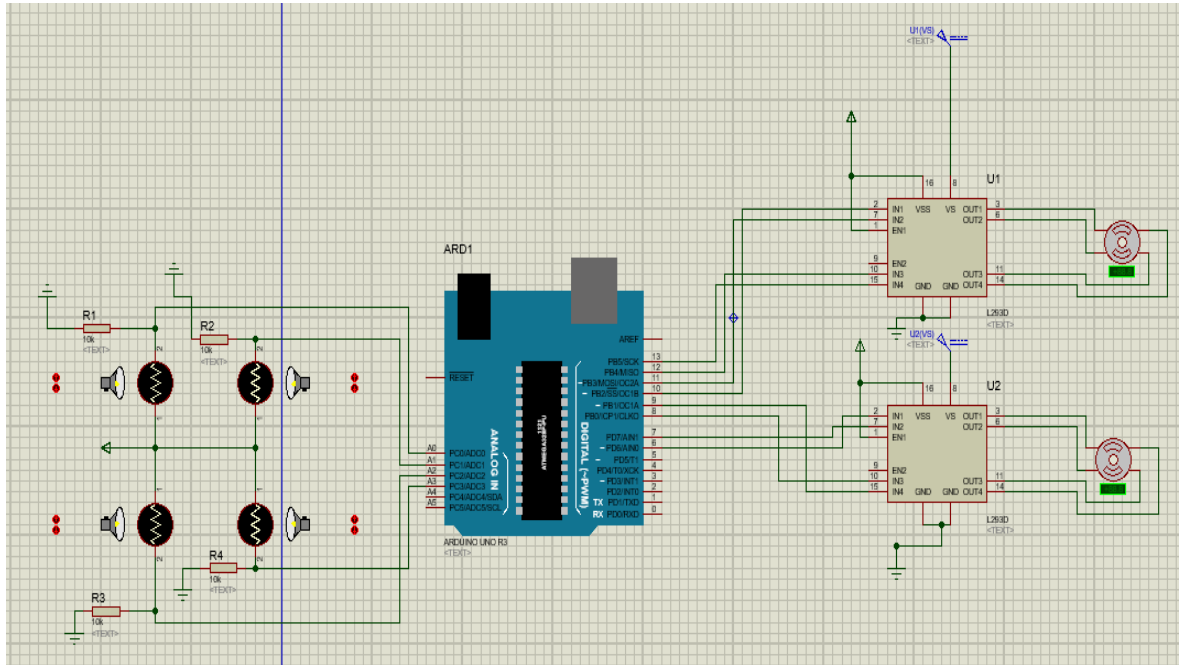
Pour exploiter cette librairie il est indispensable de déterminer les deux fonctions suivantes :

- Stepper (nombre de pas par tour, pin1, pin2, pin3, pin4) : pour déterminer le nombre de pas à effectuer et les broches servant comme sorties à connecter avec l'interface de puissance du MPP ;
- setSpeed (vitesse en tr/s) : cette fonction est chargée de déterminer la vitesse du MPP.

III.4.2. ISIS Proteus Professional

C'est un logiciel de la famille CAO (Conception Associée par Ordinateur), il permet de schématiser tout montage électronique et de dessiner les circuits imprimés électroniques. Il permet également la simulation en temps réel des circuits électroniques, les circuits électrotechniques et notamment les actionneurs électromécaniques. La version utilisée dans ce projet est la version 8.

La figure ci-dessous illustre le schéma électrique permettant la simulation du comportement du système suiveur solaire



Figure(III.7) : Schéma électrique du système suiveur simulé sous le logiciel ISIS Proteus

8.

III.5. Programmation

Le programme élaboré consiste à contrôler des actionneurs (MPP) et l'acquisition des données fournies par les LDR en permanence afin d'avoir un rendement maximal. En effet, l'orientation des panneaux photovoltaïques vers le soleil de façon perpendiculaire aux rayons solaire est gouvernée par des équations 1 et 2 [34]. Cette méthode permet d'effectuer une comparaison entre les moyennes des tensions fournies par les résistances des LDR.

$$P_x = \frac{V_A - V_D}{2} - \frac{V_B - V_C}{2} \dots\dots\dots 1$$

$$P_y = \frac{V_A - V_B}{2} - \frac{V_C - V_D}{2} \dots\dots\dots 2$$

Avec :

P_x : Coordonnée par rapport aux axe (X) de référence de la surface du détecteur.

P_y : Coordonnée par rapport aux axe (Y) de référence de la surface du détecteur.

V_A : Représentent la valeur (en volts) de signal de sortie de photorésistance A.

V_B : Représentent la valeur (en volts) de signal de sortie de photorésistance B.

V_C : Représentent la valeur (en volts) de signal de sortie de photorésistance C.

V_D : Représentent la valeur (en volts) de signal de sortie de photorésistance D.

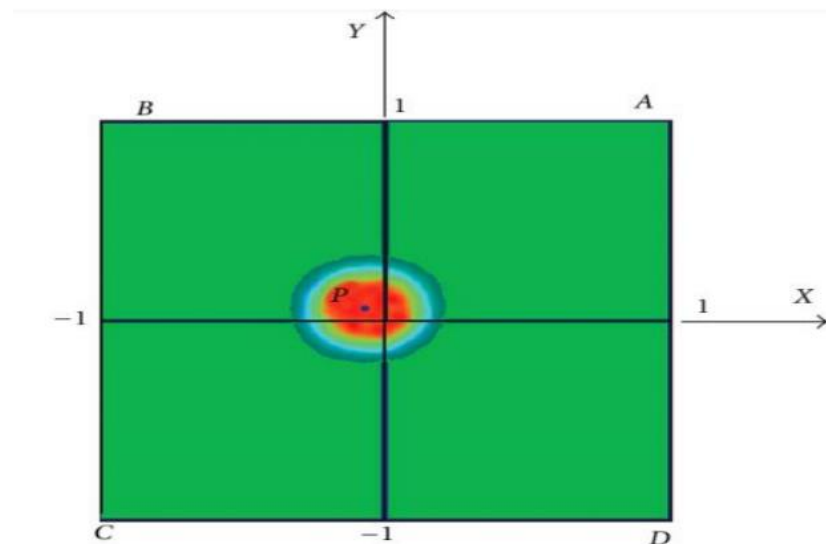


Figure (III.8) : Disposition des détecteurs et position du soleil.

Implémentation des équations dans le programme

hg : le capteur haut à gauche

hd : le capteur haut à droite

bg : le capteur bas à gauche

bd : le capteur bas à droite

Nous avons calculé les moyennes de tensions délivrées par les LDR à travers les équations 3, 4, 5 et 6.

$$\text{moyenne_Haut} = (hg + hd)/2 \dots\dots\dots 3$$

$$\text{moyenne_Bas} = (bg + bd)/2 \dots\dots\dots 4$$

$$\text{moyenne_Gauche} = (hg + bg)/2 \dots\dots 5$$

$$\text{moyenne_Droite} = (hd + bd)/2 \dots\dots\dots 6$$

Le mouvement des moteurs est lié directement aux relations suivantes

$$\text{Dif_inclinaison} = \text{moyenne_haut} - \text{moyenne_bas} \dots\dots\dots 7$$

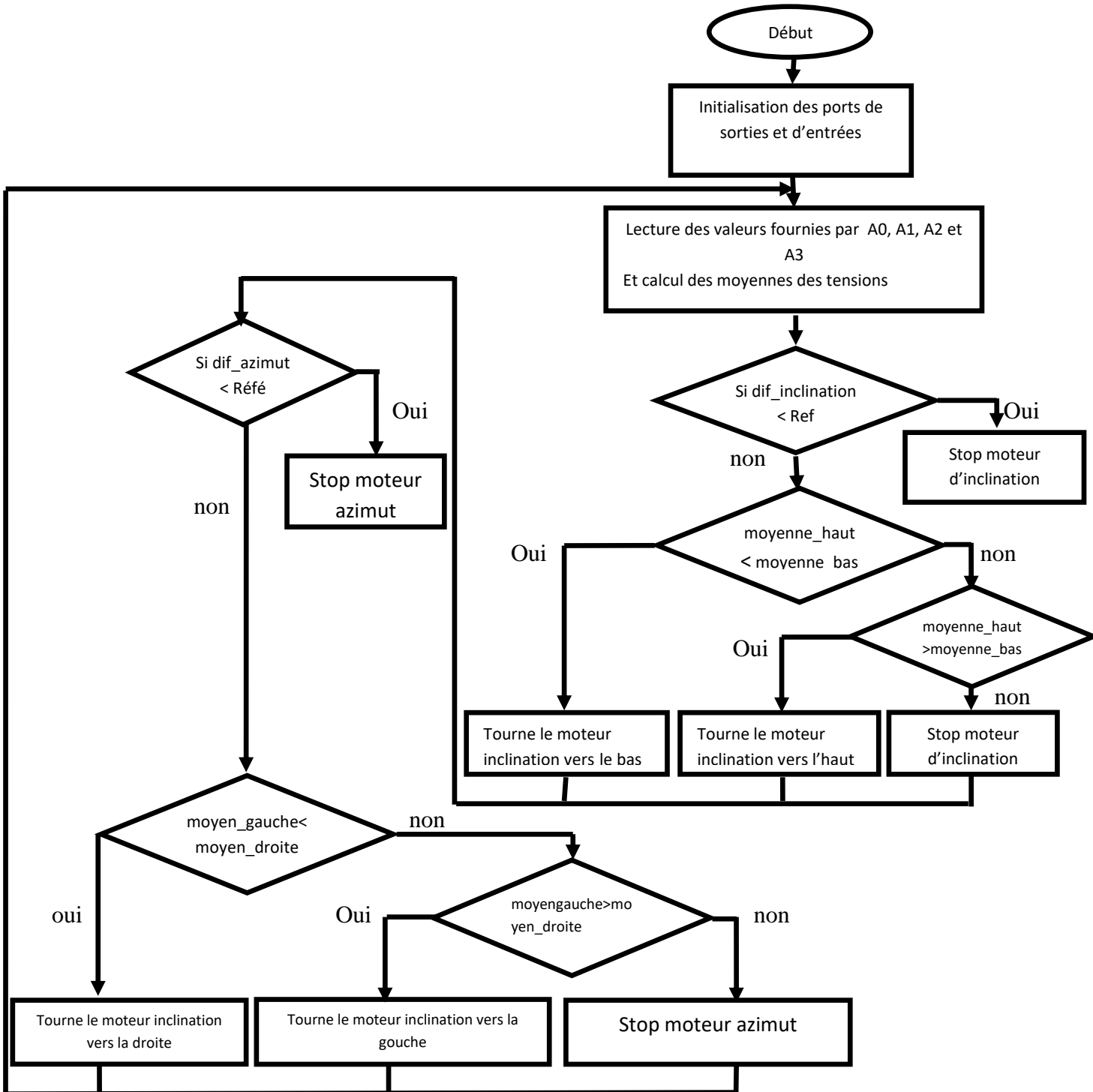
Où Dif_inclinaison : représente la valeur selon laquelle le moteur pas à pas effectue une orientation du haut en bas et vis vers ça.

$$\text{Dif_azimut} = \text{moyenne_Gouche} - \text{moyenne_Droite} \dots\dots 8$$

Dif_azimut : représente la valeur selon laquelle le moteur pas à pas effectue une orientation de la gauche vers la droite et vis vers ça en balayant l'azimut.

A noter que la valeur numérique de l'obscurité a été prise en considération. Cette valeur est symbolisée par Ref dans l'organigramme.

III.5.1. L'organigramme



III.6. Conclusion

Ce chapitre a été consacré pour mettre en œuvre le système suiveur via la simulation en utilisant le logiciel ISIS Proteus 8. En premier lieu, nous avons présenté le cahier des charges en décrivant les différents dispositifs employés dans ce projet. Puis, nous avons également présenté les environnements logiciels employés pour concevoir le système suiveur. Enfin, nous avons mis en évidence le programme élaboré pour commander le suiveur.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de notre travail était de faire une conception d'un système suiveur solaire pour application photovoltaïque. Les suiveurs jouent un rôle primordial pour augmenter et maximiser le rendement des panneaux solaires notamment dans les saisons et les régions peu ensoleillée. En effet, l'étude menée a permis de comprendre le principe de fonctionnement des panneaux photovoltaïques ainsi que les techniques, méthodes et dispositifs utilisés pour réaliser ces systèmes suiveurs. L'implémentation du système suiveur, dont il a été élaboré selon un cahier des charges, a été effectuée à l'aide d'un logiciel de simulation appelé ISIS Proteus.

Dans le premier chapitre, nous avons donné un aperçu général sur les énergies renouvelable notamment la production de l'électricité en utilisant les panneaux photovoltaïques. Nous avons montré également que l'électricité produit par ces panneaux est dû principalement à l'effet photovoltaïque qui se manifeste dans une cellule fabriquée à base d'une jonction PN.

Le deuxième chapitre a été consacré à la compréhension des systèmes suiveurs. Tout d'abord, nous avons présenté les différents types des suiveurs. Puis, il a été montré qu'une classification peut être effectuée selon le nombre des axes de mouvement pouvant dotés ces suiveurs et la méthode d'exploitation, à savoir la méthode à boucle ouvert, la méthode à boucle fermée et la méthode hybride. D'autre part, il est important d'adopter un emplacement pour positionner les capteurs LDR lorsque la méthode à boucle fermée est employée.

Le troisième chapitre a été dédié pour l'implémentation des différents dispositifs choisis pour réaliser la conception d'un suiveur à deux axes fonctionnant avec la méthode à boucle fermée. Compte tenu des différents dispositifs qui pourraient être utilisés, nous avons élaboré un cahier de charges. En effet, afin d'avoir une meilleur précision, la rotation des axes est assurée grâce aux moteurs pas à pas bipolaires où nous avons utilisé un driver de type L293 comme interface de puissance. Les séquences délivrées aux moteurs pas à pas ainsi que l'acquisition des signaux analogiques fournis par les capteurs LDR ont été assuré par une carte Arduino UNO. Par ailleurs, on a adopté l'emplacement quadrature pour positionner les capteurs LDR. Enfin, nous avons décrit les principales

Conclusion générale

étapes à travers un algorithme servant à réaliser le programme Arduino permettant le pilotage du système suiveur.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

- [1] Hadj Belkacem. M, 2011, « Modélisation et étude expérimentation d'un capteur solaire non vitré et perforé », Mémoire de Master, Université Abou-Bekr-Belkaid deTlemcen,P1.
- [2] Mekki Walid Badr-Eddine et Mohammed Belhadj Abdelkader Walid, 2019, « Conception et réalisation d'un panneau solaire à base d'Arduino », mémoire de Master 2, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent,P1.
- [4] ZERROUKI.Z et BEREKSI REGUIG.R, 2017, « Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome », mémiore de Master, UNIVERSITÉ ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCCEN, P1.
- [5] Belkbir.K et chaabi siham, 2017, « conception et réalisation d'un suiveur de soleil à basz d'une carte Arduino UNO», mémiore de Master, université Mammeri de Tizi-Ouzou, P5.
- [7] [Kadri.I, 2018, « Etude, conception et Réalisation d'un suiveur de soleil », mémoire de Master 2, Université de Abou-Bekr Belkaid Tlemcen, P28-29.
- [8] Necir.A et Bouchaal.A, 2018, « conception et réalidation d'un suiveur du soleil commandé par une Carte Arduino », Mémoire deMastr 2, université d'El-Oued, P 16-17.
- [9] Bensaci.W ,2012 « modélisation et simulation d'un système photovoltaïque adapté par une commande MPPT », mémoire de Master 2, université Kasdi-Merbah–Ouargla.
- [10] Bouzid. Z, 2012 « Dimensionnement des systèmes photovoltaïques autonomes basé sur le concept d'utilisabilité horaire. Application au sudAlgérien », Mémoire de Master, Université Abou-Bekr Belkaid deTlemcen.
- [11] Foundou.A et Hassan.S, 2018, « pilotage automatique d'un système photovoltaïques », mémoire de Master, université Aboubakr Bekaïd Tlemcen, P 10-12.
- [12] Dihaj.A et Zenguila.K, 2016, « Etude et réalisation d'un suiveur solaire photovoltaïques », mémoire de Master, université d'Adrar, P 16.
- [13] Dharye.I, 2014, « Optimisation du rendement énergétique d'un panneau solaire par un support suiveur », mémoire de Master, université Sidi Mohamed Ben Abdellah, P 28-31.

Références bibliographiques

- [14] Foundou.A et Hassan.S, 2018, « pilotage automatique d'un système photovoltaïques », mémoire de Master, université Aboubakr Bekaïd Tlemcen, P 38-39.
- [15] Sukhraj Singh Cheema, 2012, « Simulation Studies on Dual Axis Solar Photovoltaic Panel Tracking System ». THAPAR UNIVERSITY PATIALA.
- [16] Sini Boukrout.A et Lamr Mohamed.L, 2017, « Etude et conception d'un suiveur du soleil pour un générateur photovoltaïques », mémoire de master, université A.M.Oulhadj-Bouira, P 18-19.
- [17] Boujnane.S, 2016, Tracker solaire à deux axes, mémoire de mastre, université Sidi Mohamed ben Abdellah.
- [18] Kadri.I, « Etude, Conception et Réalisation d'un Suiveur de Soleil », Mémoire de Master, Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen, Soutenu le : lundi 25 juin 2018
- [24] Kharchoufa.Y, 2017, « commande d'un moteur pas à pas par un microcontrolleur », Rapport de fin d'études, université Sidi Mohammed Ben Abdllah, P9-10.
- [25] Takhi.H et Attachi Redoune Cherif, 2014, « conception et réalisation d'un robot mobile à base d'arduino », université de Amar Teidji, mémoire de mastre, P37.
- [26] Zakaria Taleb Bendiab, 2014, « Etude et realisation d'une cart de commande de trois moteurs pas à pas pour machine de prototypage rapide », université de Abou bekr Belkaid-Tlemcen, P 17-19.
- [28] Belkbir.K et chaabi siham, 2017, « conception et réalisation d'un suiveur de soleil à basz d'une carte Arduino UNO», mémiore de Master, université Mammeri de Tizi-Ouzou, P30.
- [29] Hadj Abderrahmane.M et Ghezzal.M, 2017, « Etude et réalisation d'un système de production d'énergie électrique par des panneaux photovoltaïques » ; MASTER2, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent.
- [32] : Mekki Walid Badr-Eddine et Mohammed Belhadj Abdelkader Walid, 2019, « Conception et réalisation d'un panneau solaire à base d'Arduino », mémoire de Master 2, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent,P39-40.
- [33] Bouziane.R, Dokkar.A, « Conception et Réalisation d'un Suiveur Solaire Bi-axial à Base De capteurs de lumière », Projet de fin d'étude, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2016.
- [34] Fontani.D, Sansoni.P, Francini.F, Jafrancesco.D, Mercatelli.L et Sani.E, « Pointing sensors and sun tracking techniques », International Journal of Photoenergy, 2011.

Références bibliographiques

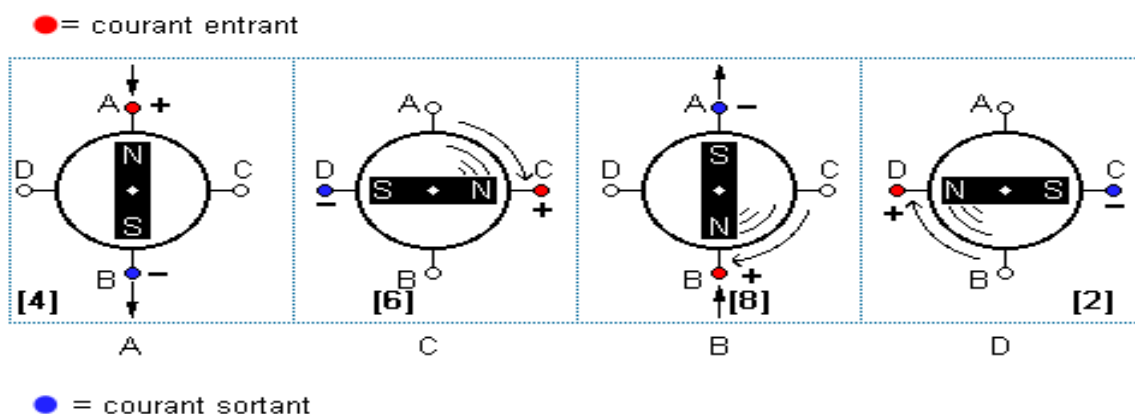
Sites internet :

- [3] <https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition/>.
- [6] <http://www.photovoltaique.info/>.
- [19] www.slideplayer.fr/slide/2580184
- [20] www.astuces-pratiques.fr/electronique/le-moteur-a-courant-continu-principe
- [21] www.eric-aeromodelisme974.unblog.fr/2011/11/20/le-brushless-ou-moteur-synchrone-triphas/
- [22] www.pedagogie.ac-limoges.fr/sti_si/accueil/FichesConnaissances/Sequence3SSi/co/S3B22_Association_modele_composant_33.html
- [23] www.mdp.fr/documentation/lexique/pas-a-pas/composition.html
- [27] www.zem.fr/arduino-controler-des-moteurs-dc-avec-le-composant-l293d/
- [30] www.technologuepro.com/microcontrolleur-2/arduino/Arduino%20uno.html
- [31] www.studentcompanion.net/fr/conversion-analogique-numerique-arduino/

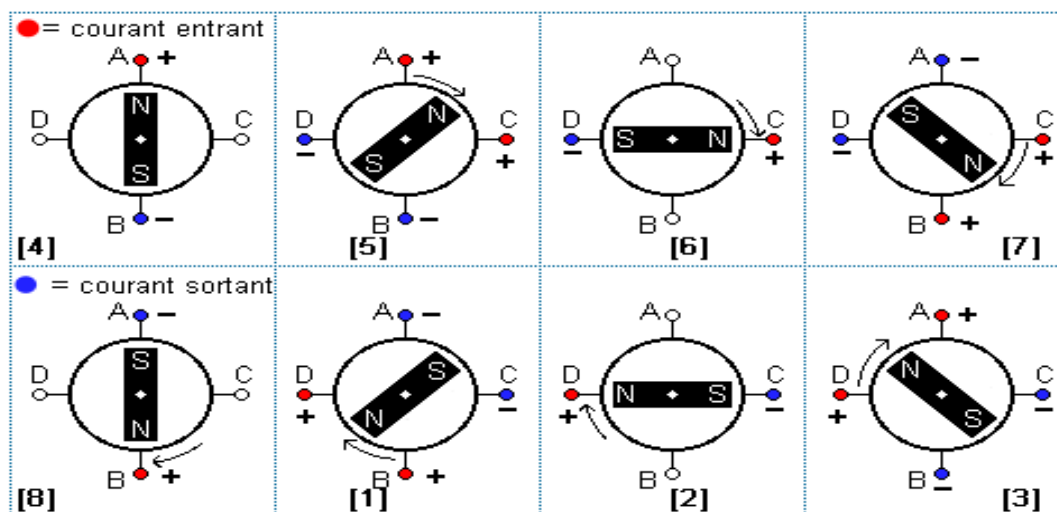
ANNEXES

Annexes

I : Les modes d'excitation des moteurs pas à pas bipolaire

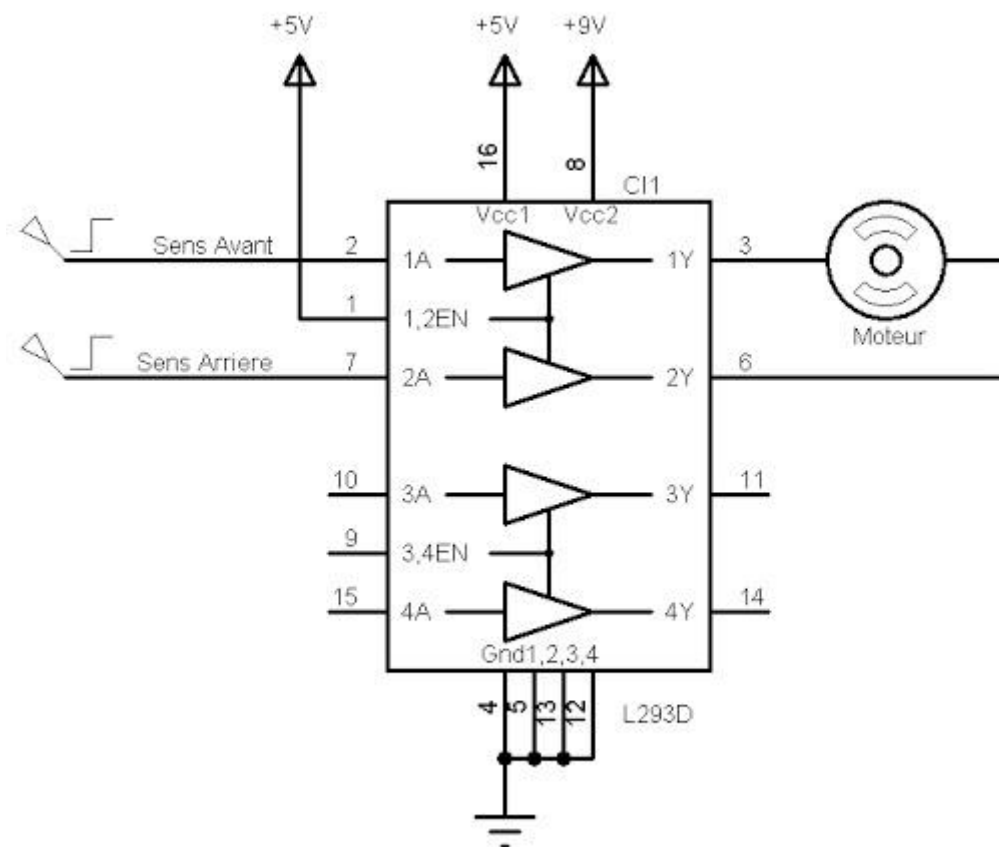


la séquence de commande en mode monophasé.



la séquence de commande en mode demi-pas

II : L'architecture interne de L293D.



Résumé

Les panneaux photovoltaïques sont largement utilisés en tant qu'une énergie renouvelable propre en préservant l'environnement, et efficace en termes de productivité et de durée de vie. Cependant, l'exploitation maximale de ces panneaux ne peut être atteinte sans avoir recours à des systèmes électromécaniques. Dans ce contexte, l'emploi des trackers solaires améliore d'une façon considérable le rendement énergétique de ces panneaux photovoltaïques.

Le but principal de ce mémoire consiste à faire une conception d'un système de poursuite solaire qui permet, d'une part, d'orienter les panneaux photovoltaïques de façon perpendiculaire avec les rayons solaires, et d'autre part, d'assurer une poursuite permanente. Tout d'abord, nous avons présenté les différents types des énergies renouvelables notamment la production de l'énergie électrique en utilisant les panneaux photovoltaïques. Nous avons ensuite décrit les différents types de trackers ainsi que les techniques et les méthodes adoptés lors de la fabrication de ces derniers. Enfin, nous avons présenté les dispositifs utilisés pour réaliser la conception ainsi que le programme Arduino élaboré pour le pilotage de notre tracker.

Abstract

Photovoltaic panels are widely used as clean, environmentally friendly renewable energy, and efficient in terms of productivity and lifespan. However, the maximum exploitation of these panels cannot be achieved without the use of electromechanical systems. In this context, the use of solar trackers considerably improves the energy efficiency of these photovoltaic panels.

The main goal of this thesis is to design a solar tracking system that allows, on the one hand, to orient the photovoltaic panels perpendicular to the solar rays, and on the other hand, to ensure a permanent pursuit. First, we presented the different types of renewable energies including the production of electrical energy using photovoltaic panels. We then described the different types of trackers as well as the techniques and methods adopted in their manufacture. Finally, we presented the devices used to carry out the design as well as the Arduino program developed for the piloting of our tracker.

ملخص

تستخدم الألواح الكهروضوئية على نطاق واسع كطاقة متجددة نظيفة وصديقة للبيئة ، وفعالة من حيث الإنتاجية والعمر الافتراضي. ومع ذلك ، لا يمكن تحقيق أقصى استفادة من هذه الألواح بدون استخدام الأنظمة الكهروميكانيكية. في هذا السياق ، يؤدي استخدام أجهزة التعقب بالطاقة الشمسية إلى تحسين كفاءة الطاقة لهذه الألواح الكهروضوئية بشكل كبير.

الهدف الرئيسي من هذه المذكرة هو تصميم نظام تتبع شمسي يسمح من ناحية بتوجيه الألواح الكهروضوئية بطريقة متعامدة مع الأشعة الشمسية ومن ناحية أخرى ضمان السعي الدائم. أولاً، قدمنا الأنواع المختلفة من الطاقات المتجددة بما في ذلك إنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام الألواح الكهروضوئية. ثم قمنا بوصف الأنواع المختلفة من أجهزة التتبع بالإضافة إلى التقنيات والأساليب المعتمدة عند تصنيعها. أخيراً ، قدمنا الأجهزة المستخدمة لتنفيذ التصميم بالإضافة إلى برنامج اردوينو الذي تم تطويره لتوجيه المتتبع.