

REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

*Faculté des Sciences et de la technologie*

*Département d'Electronique*

# ***Rapport***

**Projet de Fin de Cycle (PFC)**

**MCIL 3**

FILIERE : Electronique

Spécialité : Industries Electroniques

Par

- **BAGHDOUCHE Mohamed Riadh**
- **BOUGHERARA Aimen**
- **LAICHAOUI Khadidja**

*Intitulé*

***Conception et réalisation d'un prototype de traqueur solaire à base d'Arduino***

*Présenté le : 14 juin 2023.*

*Devant le Jury composé de :*

<i>Nom &amp; Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>Mr. BELHADAD Yehya</i>	<i>MCA</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mme. BIOUD Nadhira</i>	<i>MCA</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mr. BOUTAHAR Lotfi</i>	<i>Doctorant</i>	<i>Co-encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mme. KHALED Fahima</i>	<i>MCA</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

*Année Universitaire 2022/2023*

# Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage afin d'accomplir ce modeste travail

Nos remerciements vont à Notre promoteur Mr Boutaher Lotfi, Professeur à Institut Belaazoug Athmane pour sa patience, sa confiance, ses remarques, ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance, encouragement.

Nous adressons nos remerciements également Mme Bioud Nadhira, pour nous avoir orienté et donné de précieux conseils

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury, les docteurs Mr Belhadad Yehya et M<sup>me</sup> Khaled Fahima pour avoir accepté d'évaluer ce travail, pour toutes leurs remarques et critiques constructives.

Nous apportons aussi nos vifs remerciements aux personnels enseignants de l'Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Enfin, merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

A toute la promotion de 2022/2023

# *Dédicaces*

Je dédie ce mémoire a :

Mon cher père Abdelkader, à ma chère mère Ben Boudina. O pour leur aide et leur soutien tout au long de mes études.

Mes chers frères : Ibrahim, Mohammed et Abdenour

Mes très chères sœurs : Oum Ekhier, Fatima Zahra et Meriem et son époux Khalife

Toute la famille Laichaoui et Ben Boudina

Mes chères amie(s) : Hadil, Bouchra, Hanane et Silya qui m'a soutenu et encouragé tout au long de ce travail

Tous mes amis

Toute la promotion 2022/2023

*Khadidja*

# *Dédicaces*

Avant tout, je tiens à remercier dieu

Je dédie ce modeste travail :

À Ma mère, ce travail est le fruit de tes efforts  
Tous ce que j'ai atteint  
aujourd'hui c'est grâce à vos

Prières, vos conseils et surtout vos encouragements.

À Mon père, pour m'avoir soutenu moralement, matériellement tout au  
long de mes études

A mon cher frère Younes et mes chères sœurs Nessrin et Lina

Toute la famille Baghdouche et Belhi

A mes chers amis Yazid, Ayoub, Ayman et Achraf et tous mes amis

À tous (es) qui ont contribué de près ou de loin à ma réussite.

*Riadh*

# *Dédicaces*

Je dédie ce modeste travail à :

À Ma chère mère et mon cher père pour leur aide et leur soutien tout au long de mes études qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, je t'aime et je te souhaite une longue vie

À mon frère Abed Nouor et ma sœur Aya pour leur appui et leur encouragement

À tous mes parents et À tous mes amis (Mahdi, Haithem ...), Sans qui la vie me semblerait bien fade, je vous souhaite la prospérité et le succès, et à tous ceux qui nous ont assisté dans la réalisation et le bon déroulement de ce travail.

À mes collègues sur ce projet et Toute la promotion 2022/2023.

*Amen*

## Table des matières

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Généralité sur le système suiveur solaire.</b>	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Energies solaire.....	2
I.3 Rayonnement solaire.....	2
I.3.1 Types de rayonnement.....	3
I.3.1.1 Rayonnement direct.....	3
I.3.1.2 Rayonnement diffus.....	4
I.3.1.3 Rayonnement réfléchi.....	4
I.3.1.4 Rayonnement global.....	4
I.4 Définition d'une cellule solaire PV.....	4
I.5 Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.....	5
I.6 Caractéristique électrique d'une cellule photovoltaïque.....	6
I.6.1 Tension de circuit ouvert.....	6
I.6.2 Courant de court-circuit.....	6
I.6.3 Puissance maximale.....	6
I.6.4 Facteur de forme.....	7
I.6.5 Rendement.....	7
I.7 Regroupement des cellules.....	8
I.7.1 Regroupement en série.....	8
I.7.2 Regroupement en parallèle.....	8
I.8 Système suiveur solaire.....	9
I.8.1 Définition et fonctionnement.....	9
I.9 Types de suiveur solaire.....	10
I.9.1 Suiveurs solaires passifs.....	10
I.9.2 Suiveurs solaire actif.....	11
I.10 Classification du suiveur solaire selon l'axe.....	11
I.10.1 Suiveur solaire mono l'axe.....	11
I.10.1.1 Suiveur a axe horizontal.....	12
I.10.1.2 Suiveur a axe verticale incline.....	12
I.10.2 Suiveur solaire double l'axe.....	13
I.11 Avantages et les inconvénients des suiveurs solaires.....	13
I.11.1 Avantages.....	13
I.11.2 Inconvénients.....	13
I.12 Conclusion.....	14
<b>Chapitre II : Réalisation pratique.</b>	
II.1 Introduction.....	15
II.2 Description du matériels nécessaires à la réalisation.....	15
II.2.1 Module Arduino.....	15
II.2.1.1 Définition.....	15
II.2.1.2 Constitution de la carte Arduino UNO.....	15
II.2.1.3 Caractéristiques techniques de l'Arduino UNO.....	16
II.2.2 Servomoteur.....	17
II.2.2.1 Définition.....	17

II.2.2.2 fonctionnement interne de servomoteur .....	18
II.2.3 Capteur de lumière LDR .....	19
II.2.3.1 Définition.....	19
II.2.3.2 Principe fonctionnement.....	20
II.2.4 Résistances .....	21
II.2.5 Câblage.....	21
II.2.5.1 Cable USB .....	21
II.2.5.2 Fils de pin d'Arduino.....	22
II.2.6 Batterie 9V .....	22
II.2.7 Plaque d'essai.....	22
II.2.8 Support de suivi de soleil .....	22
II.2.8.1 CNC .....	23
II.2.8.2 Etapes de l'usinage de support avec la machine CNC .....	23
II.2.9 Logiciels utilisés.....	24
II.2.9.1 Logiciel Arduino IDE.....	24
II.2.9.2 Proteus 8 Professional .....	25
II.3 Conception d'un suiveur de soleil .....	26
II.3.1 Carte de commande de suiveur solaire.....	26
II.3.2 Câblage et fonctionnement de système .....	26
II.3.3 Simulation d'un circuit électronique et conception de son circuit imprimé .....	27
II.3.3.1 Conception du schéma électronique reliant les LDR .....	27
II.3.4 Partie Programmation.....	28
II.3.4.1 Organigramme .....	28
II.3.4.2 Aperçu du programme .....	29
II.3.5 Partie simulation.....	29
II.3.6 Partie mécanique .....	30
II.3.6.1 Position des capteurs LDR .....	30
II.3.6.2 Description de la structure .....	31
II.4 Conclusion .....	31
Conclusion générale .....	32
Bibliographie	
Résumé	

## Liste des tableaux

<b>Tableau II.1</b> : Caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO.....	16
<b>Tableau II.2</b> : Caractéristiques de servomoteur SG90 9g.....	18
<b>Tableau II.3</b> : Caractéristiques de la LDR utilisée.....	20

## Liste des figures

### CHAPITRE I : Généralité sur le suiveur solaire.

<b>Figure I.1</b> : Analyse spectrale du rayonnement solaire.....	3
<b>Figure I.2</b> : Différents types du rayonnement solaire.....	4
<b>Figure I.3</b> : Schéma d'une cellule élémentaire.....	6
<b>Figure I.4</b> : Caractéristique $I=f(V)$ et $P=f(V)$ d'un module photovoltaïque.....	7
<b>Figure I.5</b> : Groupement de NS cellules en série et caractéristiques résultantes.....	8
<b>Figure I.6</b> : Regroupement en parallèle de NP cellules identiques et caractéristique résultante.....	9
<b>Figure I.7</b> : Types de suiveur solaire.....	10
<b>Figure I.8</b> : Suiveur solaire passif.....	10
<b>Figure I.9</b> : Types du suiveur solaire.....	11
<b>Figure I.10</b> : Suiveurs à axe horizontal.....	12
<b>Figure I.11</b> : Suiveuse à l'axe verticale incline.....	12
<b>Figure I.12</b> : Suiveur solaire double axe.....	13

### CHAPITRE II : Réalisation pratique.

<b>Figure II.1</b> : Constitution de la carte Arduino UNO.....	16
<b>Figure II.2</b> : Servomoteur SG90 9g.....	18
<b>Figure II.3</b> : Signal qui contrôle un servomoteur.....	19
<b>Figure II.4</b> : Capteur de lumière LDR.....	19
<b>Figure II.5</b> : Circuit équivalent d'un capteur LDR.....	21
<b>Figure II.6</b> : Résistance 10k.....	21
<b>Figure II.7</b> : Câble USB type A/B (Arduino UNO) .....	21
<b>Figure II.8</b> : Fils de pin d'Arduino.....	22
<b>Figure II.9</b> : Batterie 9V.....	22
<b>Figure II.10</b> : Plaque d'essai.....	22
<b>Figure II.11</b> : Machine-outil à commande numérique.....	23
<b>Figure II.12</b> : Pièces de support après l'usinage.....	24
<b>Figure II.13</b> : Interface de logiciel Arduino (IDE) .....	25
<b>Figure II.14</b> : Interface de Proteus.....	25



<b>Figure II.15</b> : Carte de commande de suiveur solaire.....	26
<b>Figure II.16</b> : Câblage électronique de la carte imprimée.....	27
<b>Figure II.17</b> : Carte électronique 3D.....	27
<b>Figure II.18</b> : Organigramme principale de la poursuite solaire à deux axes.....	28
<b>Figure II.19</b> : Interface du programme dans logiciel Arduino.....	29
<b>Figure II.20</b> : Montage du système sous le logiciel Proteus-ISIS.....	29
<b>Figure II.21</b> : Présentation de l'axe d'horizon et l'axe vertical.....	30
<b>Figure II.22</b> : Prototype des capteurs.....	30
<b>Figure II.23</b> : Présentation de notre traqueur solaire finalisée.....	31

## Liste des abréviations

**PV** : Photovoltaïque.

**V<sub>co</sub>** : Tension de circuit ouvert (V).

**V<sub>opt</sub>** : Tension optimale(V).

**I<sub>opt</sub>** : Courant optimal(A).

**I<sub>cc</sub>** : Courant de court-circuit(A).

**P<sub>max</sub>** : Puissance électrique maximale fournie par la cellule(W).

**P<sub>inc</sub>** : Puissance solaire incidente(W).

**LDR** : Light Dépendent Résistor.

**UNO** : Organisation des nations unies.

**PWM**: Pulse Width Modulation.

**USB**: Bus Universel En Série.

**CNC**: Computer Numerical Control.

**CAO** : Conception associé par ordinateur.

**GCR** : Ground Coverage Ratio.

**NP**: Nombre de cellules en parallèle.

**NS** : Nombre de cellules en série.

**IDE**: Environnement Développement Intégré.

## **Introduction générale**

Le soleil est la plus grande source d'énergie renouvelable qui peut être utilisée pour produire de l'électricité grâce à la technologie photovoltaïque ou aux concentrateurs solaires.

Le soleil n'est pas fixé dans le ciel pendant la journée ou pendant l'année. Pour cela, les capteurs solaires équipés de systèmes de suivi solaire sont mieux placés que les capteurs fixes.

En effet, la position idéale des collecteurs est que le rayonnement doit tomber à la verticale sur la surface du collecteur pour maximiser la quantité de rayonnement reçu, L'idée de poursuivre la trajectoire du soleil n'est pas récente, mais elle remonte loin dans le temps. En effet, les premières applications des Trackers solaires datent des années 1750.

Les suiveurs solaires peuvent être mono ou bi axiaux, mis en mouvement selon différentes stratégies (commande physique, électrique ou hydraulique), Notre travail est dédié à la conception d'un suiveur solaire à deux axes contrôlés par une carte Arduino UNO.

Dans le premier chapitre nous allons présenter des généralités sur l'énergie solaire, les suiveurs solaires et leur principe de fonctionnement.

Dans le deuxième chapitre nous présenterons la procédure adoptée pour réaliser un suiveur solaire commandé par une carte Arduino.

Enfin, on terminera par une conclusion générale.

# CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉ SUR LE SUIVEUR SOLAIRE

## I.1 Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la transformation directe d'une partie du rayonnement solaire en énergie électrique. Cette conversion d'énergie s'effectue par le biais d'une cellule dite photovoltaïque, basée sur un phénomène physique appelée effet photovoltaïque qui consiste à produire un courant lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière.

Dans ce chapitre nous avons essayé de donner une vue complète sur les suiveurs solaire, et aborder les points les plus importants qui distinguent les trackers solaire, et mentionner les avantages et les inconvénients pour guider les spécialistes, qui vont faire des projets sur le suiveur solaire, a choisi le type le plus adaptable.

## I.2 Energies solaire

L'énergie solaire est une source d'énergie qui dépend du soleil. Cette énergie permet de produire l'électricité grâce à la lumière solaire captée par les panneaux photovoltaïques des centrales solaires thermiques, Le rayonnement solaire se compose de plusieurs types de rayonnement électromagnétique qui émettent de l'énergie Tels que les rayons cosmiques, GAMMA, X, les ondes radio, infrarouge et lumière visible. Ce rayonnement peut être utilisé en deux manière :

- En utilisant la chaleur produite par le rayonnement : énergie thermique.
- En convertissent l'énergie solaire en électricité : Energie photovoltaïque.

L'homme cherché à utiliser l'énergie émise par le soleil, l'étoile la plus proche de la terre. la plupart des utilisations sont directes comme en agriculture, la photosynthèse ou dans diverses applications de séchage et chauffage, autant artisanale 'industrielle. Cette énergie est disponible en abondance sur toute la surface terrestre, Les déserts de notre planète reçoivent en 6 heures plus d'énergie du soleil que ne consomme l'humanité en une année [1].

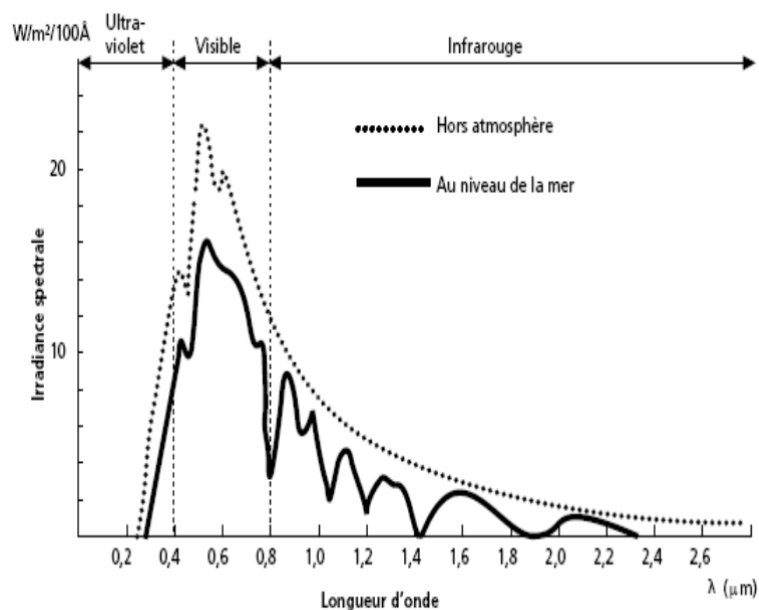
## I.3 Rayonnement solaire

Le soleil émet un rayonnement électromagnétique compris dans une bande de longueur d'onde variant de 0,22  $\mu\text{m}$  à 10  $\mu\text{m}$ . La figure (I-1) représente la variation de la répartition spectrale énergétique. Les rayonnements émis par le soleil se propagent à la vitesse de la

lumière(C) ; il lui faut donc, en moyenne, soit 8 minutes et 19 secondes, pour atteindre notre atmosphère. Le rayonnement solaire atteignant la surface de la Terre varie au cours de la journée, en fonction des saisons et dépend de la nébulosité, de l'angle d'incidence et de la réflexion des surfaces. L'énergie associée à ce rayonnement solaire se décompose approximativement à :

- 9% dans la bande des ultraviolets ( $<0,4 \mu\text{m}$ ).
- 47% dans la bande visible ( $0,4 \text{ à } 0,8 \mu\text{m}$ ).
- 44% dans la bande des infrarouges ( $>0,8 \mu\text{m}$ ).

L'atmosphère terrestre reçoit ce rayonnement à une puissance moyenne de 1,37 kilowatt au mètre carré ( $\text{kW/m}^2$ ), à plus ou moins 3 %, selon que la terre s'éloigne ou se rapproche du soleil dans sa rotation autour de celui-ci [2].



**Figure I.1** : Analyse spectrale du rayonnement [2].

### I.3.1 Types de rayonnement

#### I.3.1.1 Rayonnement direct

Le rayonnement direct se définit comme étant le rayonnement provenant du seul disque solaire, il est donc nul lorsque le soleil est occulté par les nuages.

### I.3.1.2 Rayonnement diffus

Lorsque le rayonnement solaire traverse l'atmosphère, il est diffusé par des particules de l'air et les particules en suspension. Le rayonnement solaire diffus peut atteindre 50 % du rayonnement global reçu, lorsque le Soleil est bas sur l'horizon, 100% pour un ciel entièrement couvert et il n'est nul que la nuit

### I.3.1.3 Rayonnement réfléchi

Il correspond au rayonnement réfléchi par la terre ou par des objets à sa surface. Ce L'albédo peut être élevé lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige)

### I.3.1.4 Rayonnement global

C'est la somme des deux types de rayonnements direct et diffus, y compris le rayonnement réfléchi par le sol et les objets qui se trouvent à sa surface. Il est mesuré par un pyranomètre ou un solarimètre sans écran [2].

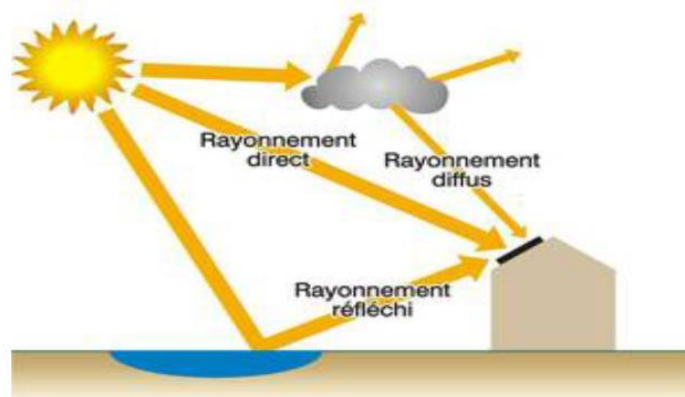


Figure I.2 : Différents types du rayonnement solaire [2].

## I.4 Définition d'une cellule solaire PV

La cellule PV est le plus petit élément d'une installation photovoltaïque. Elle est composée de matériaux semi-conducteurs et transforme directement l'énergie lumineuse en énergie électrique. Les cellules photovoltaïques sont constituées :

- Une fine couche de semi-conducteur comme le silicium, qui est un matériau à conductivité électrique relativement bonne.

- D'une couche antireflet permettant une pénétration maximale des rayons solaires [2].

### **I.5 Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque**

Une cellule photovoltaïque est un composant optoélectronique qui permet de convertir l'énergie solaire en énergie électrique.

La structure la plus simple de ce dispositif est assimilable à une diode photosensible basée sur des matériaux semi-conducteurs qui exploite l'effet photovoltaïque, un phénomène physique propre à certains de ces matériaux, pour la transformation de l'énergie.

Le son principe de fonctionnement repose sur l'effet photovoltaïque (Bequerle 1938). Une cellule est constituée de deux couches minces d'un semi-conducteur, Ces deux couches sont dopées différemment.

Pour la couche (N), c'est un apport d'électrons périphériques et pour la couche (P) c'est un déficit d'électrons, deux couches présentent ainsi une différence de potentiel. L'énergie des photons lumineux captés par les électrons périphériques (couche N), leur permet de franchir la barrière de potentiel et d'engendrer un courant électrique continu. Pour effectuer la collecte de ce courant, des électrodes sont déposées par sérigraphie sur les deux couches du semi-conducteur (Figure I.3).

L'électrode supérieure est une grille permettant le passage des rayons lumineux. Une couche anti reflet est ensuite déposée sur cette électrode afin d'accroître la quantité de lumière absorbée [1].



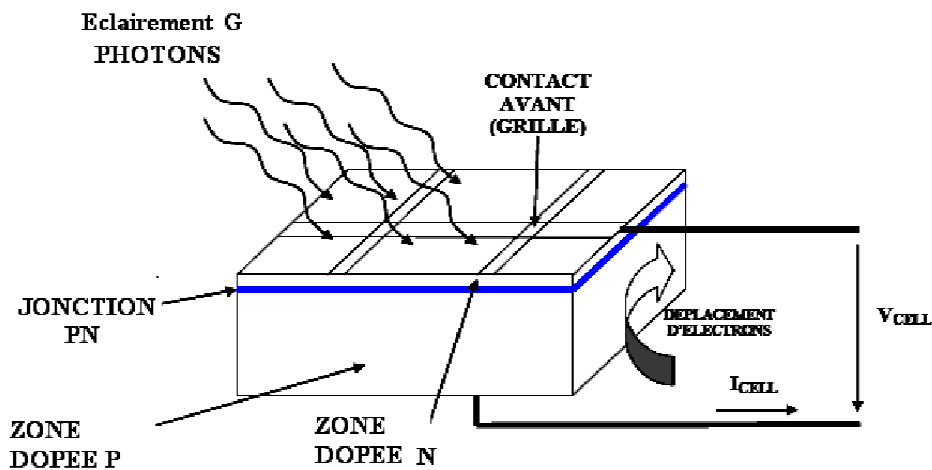


Figure I.3 : Schéma d'une cellule élémentaire [1].

## I.6 Caractéristique électrique d'une cellule photovoltaïque

### I.6.1 Tension de circuit ouvert

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.

### I.6.2 Courant de court-circuit

Ce courant peut être obtenu lorsqu'un potentiel est appliqué à cellule zéro. C'est le plus grand courant que la cellule peut fournir et c'est Elle dépend linéairement de l'intensité lumineuse reçue [3].

### I.6.3 Puissance maximale

Elle est considérée comme la puissance électrique maximale que l'unité peut fournir, qui est liée à une tension Maximum  $V_m$  et Intensité maximale  $I_m$  en ce qui concerne la résistance maximale dans des conditions normales, la puissance fournie par la cellule en un point a pour expression :

$$P = V \times I \quad (I.1)$$

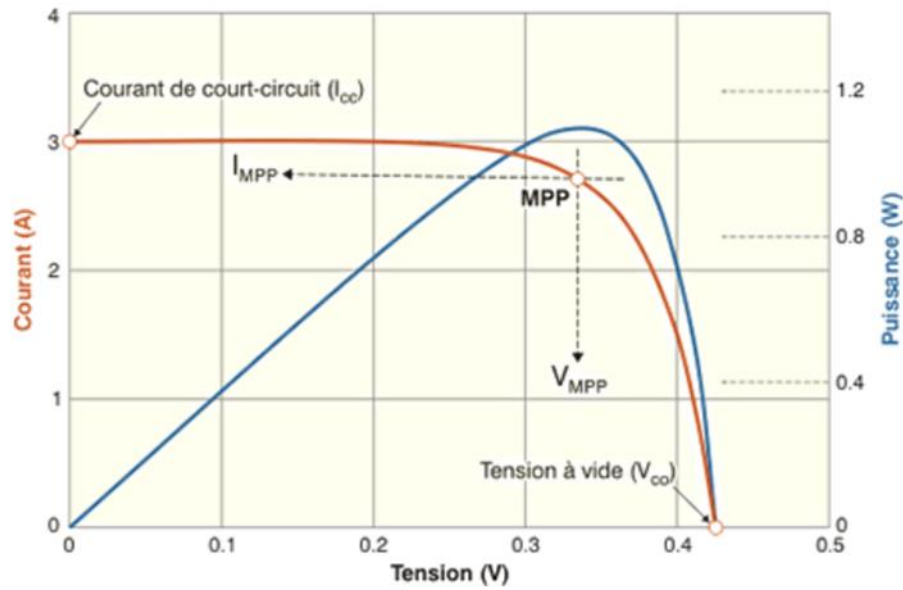


Figure 1.4 : Caractéristique  $I=f(V)$  et  $P=f(V)$  d'un module photovoltaïque [5].

#### I.6.4 Facteur de forme

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  $I_{cc} V_{co}$ . Il indique le degré de la caractéristique courant-tension correspondant au rapport suivant:

$$FF = \frac{I_{opt} \times V_{opt}}{I_{cc} \times V_{co}} = \frac{P_{opt}}{I_{cc} \times V_{co}} \quad (I.2)$$

$V_{co}$  : Tension de circuit ouvert.

$V_{opt}$  : Tension optimale.

$I_{opt}$  : Courant optimal.

$I_{cc}$  : Courant de court-circuit.

#### I.6.5 Rendement

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 :

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{inc}} = \frac{I_{opt} \times V_{opt}}{G \times S} \quad (I.3)$$

$$P_{max} = I_{opt} \times V_{opt} \quad (I.4)$$

$P_{inc}$  est égal à la sortie de luminance et à la surface totale de la cellule solaire, Le paramètre est la qualité de la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique [4].

## I.7 Regroupement des cellules

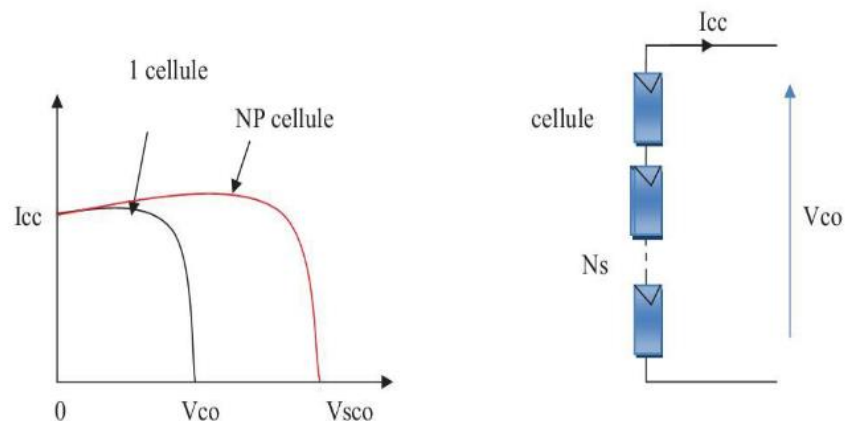
### I.7.1 Regroupement en série

Dans un groupement en série figure (I.5), les cellules sont traversées par le même courant et la caractéristique résultante du groupement en série est obtenue par l'addition des tensions à courant donné. La figure (I.5) résume les caractéristiques électriques résultante ( $I_s$ ,  $V_s$ ) obtenue par l'association en série de  $n_s$  cellules identiques ( $I_{cc}$ ,  $V_{co}$ ).

Ce système d'association est généralement le plus communément utilisé pour les modules photovoltaïques du commerce.

**Avec :**

$I_{sc} = I_{cc}$  : le courant de court-circuit ;  $V_{sco} = n_s V_{co}$  : la tension de circuit ouvert [2].



**Figure I.5 :** Groupement de  $N_s$  cellules en série et caractéristiques résultantes [5].

### I.7.2 Regroupement en parallèle

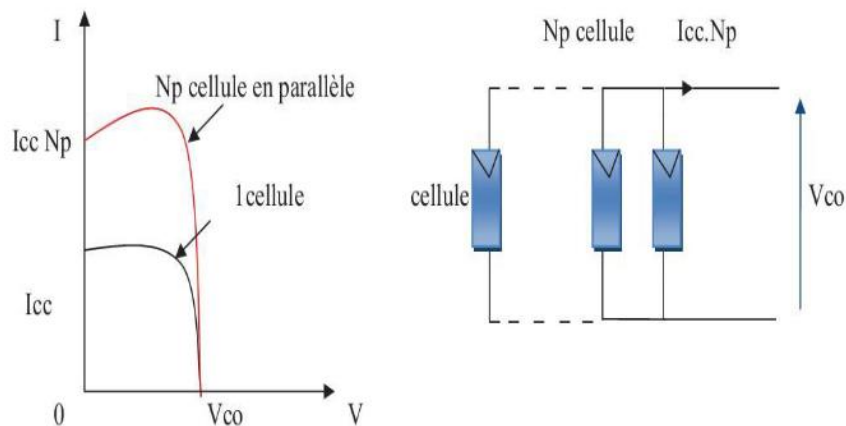
Dans un groupement de cellules connectées en parallèle figure (I.6), les cellules étant soumises à la même tension, les intensités s'additionnent et la caractéristique résultante est obtenue par addition de courants à tension donnée.

La figure (I.6) résume les caractéristiques électriques résultante ( $I_{pcc}$ ,  $V_{pco}$ ) obtenue en associant en parallèle de  $n_p$  cellules identiques ( $I_{cc}$ ,  $V_{co}$ ).

Une association parallèle de  $N_p$  cellules permet d'augmenter le courant de sortie du générateur ainsi créé.

**Avec :**

$I_{pcc} = n_p I_{cc}$  : le courant de court-circuit ;  $V_{pco} = V_{co}$  : la tension de circuit ouvert [2].



**Figure I.6 :** Regroupement en parallèle de  $N_p$  cellules identiques et caractéristique résultante [5].

## I.8 Système suiveur solaire

### I.8.1 Définition et fonctionnement

Un suiveur de soleil est une installation de production d'énergie solaire de suivre le soleil selon le principe de l'héliostat, cette structure portante motorisée oriente les panneaux solaires pour en augmenter la productivité.

Le système vise à orienter en temps réel les capteurs vers le Soleil, pour placer le panneau dans une position optimale par rapport à l'incidence du rayonnement solaire, car tout au long de la journée et de l'année la position du soleil varie constamment et d'une manière différente selon la latitude.

Elle 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, de nouveau, l'avancée de la journée). L'idéal est d'utiliser un traqueur à deux axes [5].

## I.9 Types de suiveur solaire

On distingue principalement deux grandes familles de suiveurs solaires : les passifs et les actifs qui comportent les suiveurs mono-axe et double axe.

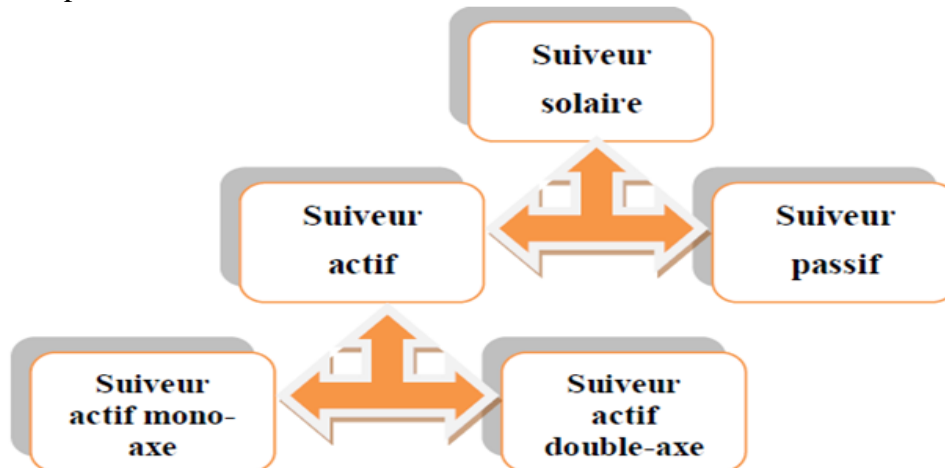


Figure I.7 : Types de suiveur solaire [5].

### I.9.1 Suiveurs solaires passifs

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 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 [3].

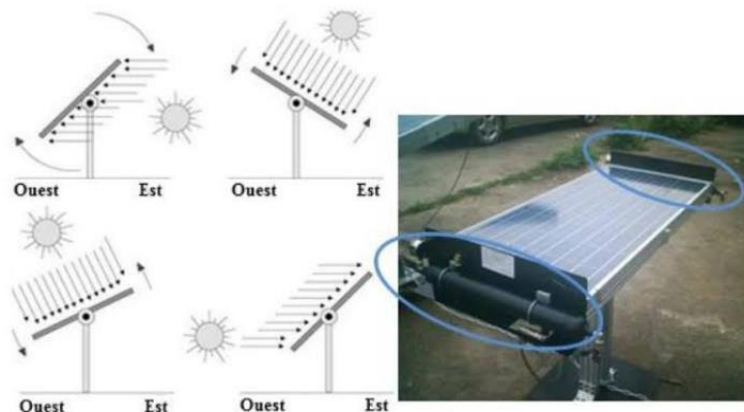


Figure I.8 : Suiveur solaire passif [6].

## I.9.2 Suiveurs solaire actif

Les suiveurs solaires actifs utilisent le mécanisme de détection de la lumière, des commandes électriques ou hydrauliques pour déplacer le suiveur, en suivant la course du soleil et en cherchant à optimiser l'angle d'incidence du rayonnement solaire sur leur surface.

L'avantage de ces derniers par rapport aux suiveurs passifs est qu'ils présentent une meilleure précision de suivi et ne nécessitent aucune intervention manuelle pour les ajuster [3].

## I.10 Classification du suiveur solaire selon l'axe

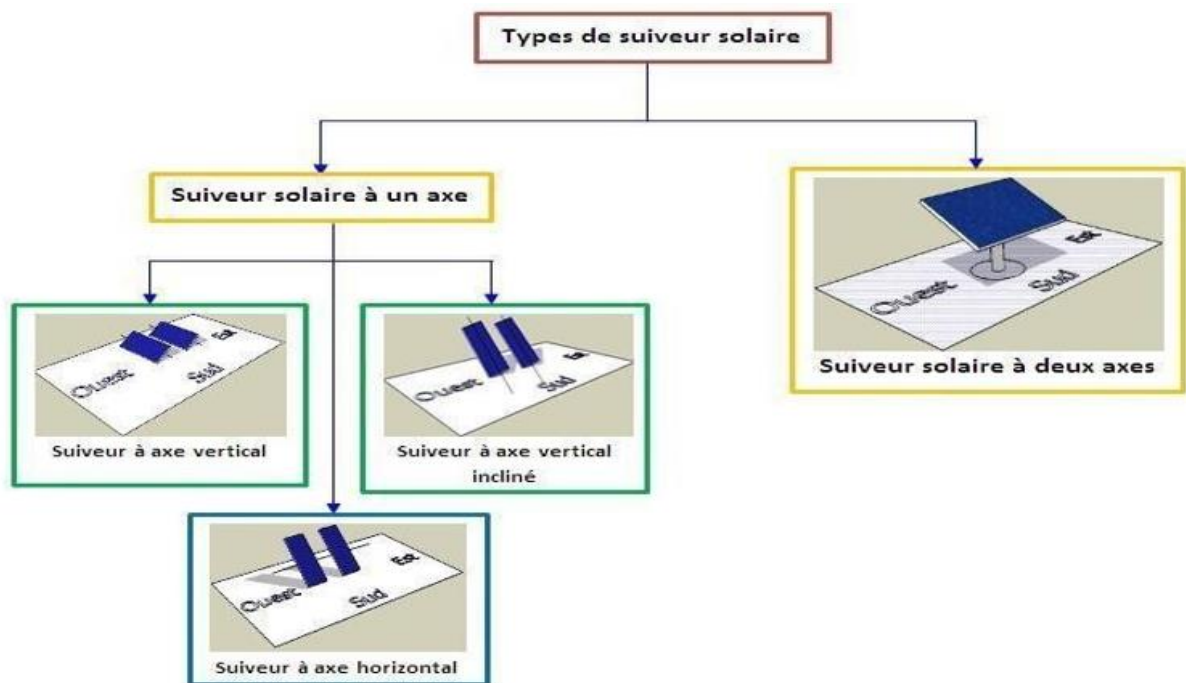


Figure I.9 : Types du suiveur solaire [1].

### I.10.1 Suiveur solaire mono l'axe

Il permet une rotation selon l'axe d'azimut seulement, c'est-à-dire d'est en ouest, L'angle d'inclinaison du panneau est fixe. Il est placé selon l'angle le plus propice à recevoir un maximum de rayons de soleil, il est le plus souvent utilisé en raison de sa simplicité.

### I.10.1.1 Suiveur a axe horizontal

Malgré leur conception simple, ce type de suiveurs n'apporte que très peu de gain par rapport aux systèmes fixes. Il est plus intéressant d'utiliser les suiveurs à axe vertical qu'à axe horizontal surtout dans les régions aux latitudes élevées

Cependant, le gain resterait assez faible : de l'ordre de 2,2% (ce gain ne compense pas le surcoût) [1].

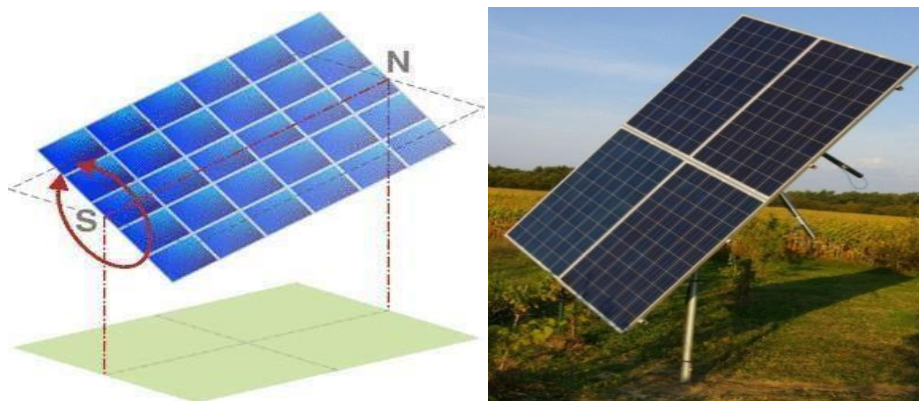


Figure I.10 : Suiveurs a axe horizontal [1].

### I.10.1.2 Suiveur a axe verticale incline

Ce type de suiveur permet un gain d'environ 20% pour un GCR de 25%. Il est souvent moins imposant que les suiveurs à 2 axes, moins coûteux et permet d'installer plus de puissance sur un terrain donné comparé aux 2 axes.

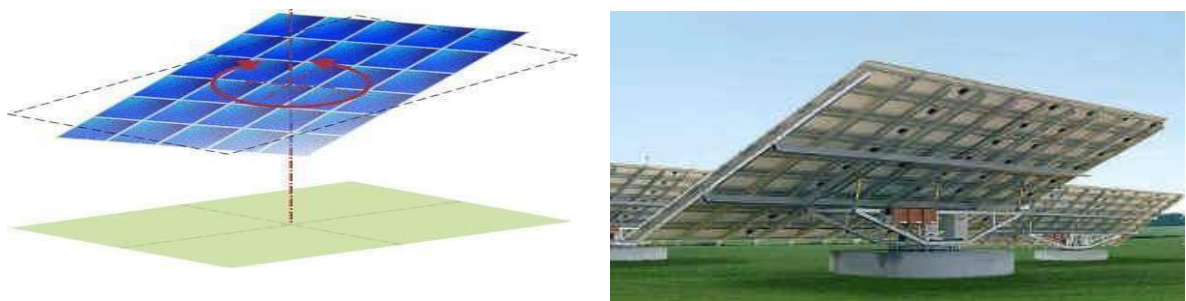


Figure I.11 : Suiveuse a l'axe verticale incline [1].

### I.10.2 Suiveur solaire double l'axe

Les suiveurs à deux axes permettent un gain d'environ 30% pour un GCR d'environ 10%. Ce type de suiveur est très puissant et excellent que les autres suiveurs solaires mono axe, il permet au panneau solaire de se déplacer dans les deux sens (vertical, horizontal) pour mieux capter les rayons du soleil, donc augmenter le rendement [1].



Figure I.12 : Suiveur solaire double axe [1].

## I.11 Avantages et les inconvénients des suiveurs solaires

### I.11.1 Avantages

- Les systèmes de suiveurs solaires sont utilisés pour orienter les capteurs continuellement vers le soleil et peuvent aider à minimiser l'investissement en augmentant le rendement des capteurs.
- Pour le photovoltaïque, le rendement des panneaux est accru de 30 à 40%.
- Le temps de retour sur investissement est réduit (4 ans moyenne).
- Exploitation optimale du rayonnement solaire présence des nuages.
- Simplicité de mise en œuvre.

### I.11.2 Inconvénients

- Le coût d'investissement initial (surtout pour les trackers à 2 axes) est élevé.
- La maintenance des trackers, car les systèmes mécaniques atteignent rarement une durée de vie de 20 ans.
- Les systèmes de suivi sont légèrement plus chers que leurs homologues fixes, en raison



de la technologie plus complexe et des pièces mobiles nécessaires à leur fonctionnement.

- Les suiveurs solaires sont généralement conçus pour les climats avec peu ou pas de neige, ce qui en fait une solution plus viable dans les climats plus chauds. Le rayonnement fixe s'adapte plus facilement aux conditions environnementales difficiles que les systèmes de suivi. En effet, pour des raisons de sécurité, les panneaux solaires doivent être parallèles au sol lors de vents forts [6].

### **I.12 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons expliqué et détaillé plusieurs notions de base qui lient avec l'énergie solaire et photovoltaïque, cette dernière qui joue un rôle très important dans la vie, elle possède de différentes formes, sources et applications ce qui rend comme étant un domaine d'étude très vaste. Aussi, nous avons exposé les différents types de suiveur solaire ainsi que leur rôle.

Dans le deuxième chapitre, nous allons parler sur le côté matériel et les dispositifs utilisées afin de réaliser notre suiveur solaire.

## **CHAPITRE II : RÉALISATION PRATIQUE**

## **II.1 Introduction**

Dans ce chapitre on présentera la procédure de réalisation de notre suiveur solaire à base d'Arduino. Ce système est constitué d'une part d'une partie électronique qui comprend des capteurs LDR, deux servomoteurs et une carte Arduino UNO, et d'autre part d'une partie mécanique qui est utilisée pour soutenir le panneau et le diriger vers le rayonnement perpendiculaire du soleil sur les deux axes : horizontal et vertical.

## **II.2 Description du matériels nécessaires à la réalisation**

### **II.2.1 Module Arduino**

#### **II.2.1.1 Définition**

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, ...) équipée d'un microcontrôleur qui permet, à partir d'événements détectés (lumière du soleil dans notre cas) par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs.

Il existe plusieurs types des cartes Arduino tels que la carte UNO, Nano, Méga...etc.

#### **II.2.1.2 Constitution de la carte Arduino UNO**

La plaque Arduino, comme nous l'avons déjà indiqué, se compose de deux parties principales : le matériel et le logiciel. Au niveau matériel (voir figure II.1), cette carte est construite sur un microcontrôleur ATmega 328 qui reçoit le programme, le stocke dans sa mémoire, puis le fait exécuter. Son prix est relativement bas pour l'éventail des applications disponibles.

La carte Arduino dispose par ailleurs d'une ROM de 1k. Elle possède 14 broches d'entrée/sortie numériques (dont 6 peuvent être utilisées comme sortie PWM), 6 entrées analogiques et un oscillateur à cristal de 16 MHz, une connexion USB et possède un bouton de remise à zéro (reset) et une prise jack d'alimentation. La carte est alimentée par 5V via le port USB ou par une alimentation externe comprise entre 7V et 12V, Cette alimentation doit être continue et peut, par exemple, être fournie par une batterie de 9V [7].

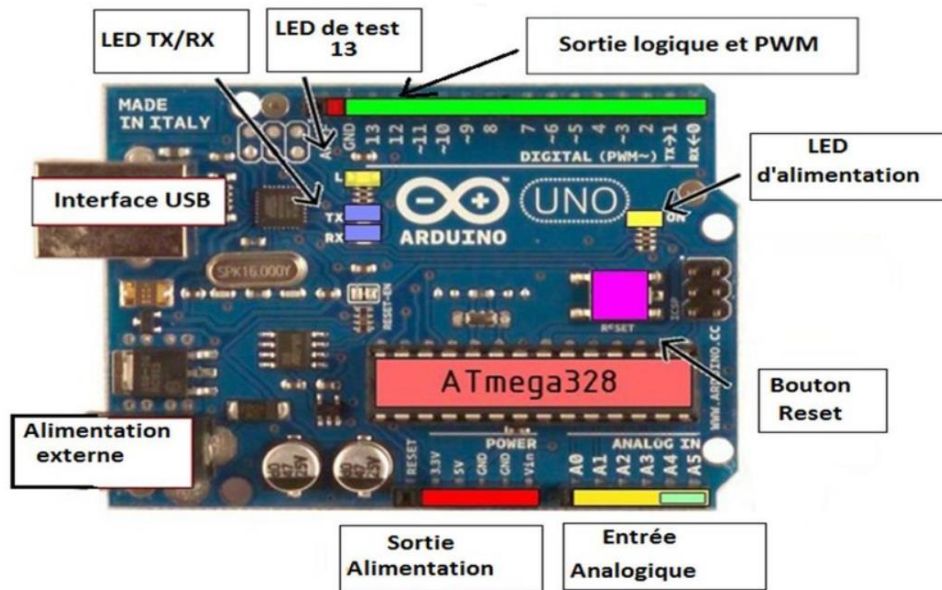


Figure II.1 : Constitution de la carte Arduino UNO [2].

### II.2.1.3 Caractéristiques techniques de l’Arduino UNO

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques techniques de la carte Arduino utilisée dans notre projet [2].

Tableau II.1 : Caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO [2].

Eléments	Caractéristiques
Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d’alimentation (recommandée)	7-12 V
Tension d’alimentation (limite)	6-20 V
Broche E/S numériques	14 (dont 6 disposent d’une sortie PWM)
Broche d’entrée analogique	6 (utilisables en broches E/S numériques)
Intensité Maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA
Intensité Maxi disponible pour la sortie 3,3V	50 mA
Mémoire programme flash	32 KB (ATmega328) dont 0,5 sont utilisés par le bootloader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 KB (ATmega 328)

Mémoire EEPROM (mémoire non volatil)	1KB (ATmega 328)
Vitesse d'horloge	16 MHz
Dimensions	68.6mm x 53.3mm

## II.2.2 Servomoteur

### II.2.2.1 Définition

Le servomoteur est un système qui a pour but de produire un mouvement précis en réponse à une commande externe, C'est un actionneur (système produisant une action) qui mélange l'électronique, la mécanique et l'automatique. Un servomoteur est composé :

- Moteur à courant continu.
- Axe de rotation.
- Capteur de position de l'angle d'orientation de l'axe (très souvent un potentiomètre).
- Carte électronique pour le contrôle de la position de l'axe et le pilotage du moteur à courant continu.

On utilise des servomoteurs couramment en modélisme pour contrôler des systèmes mécaniques (gouverne d'avion, accélérateur de moteur thermique, etc.). Les servomoteurs sont aussi couramment utilisés en robotique pour faire des minirobots, des actionneurs ou des indicateurs rotatifs.

Le servomoteur choisi pour notre prototype est de type SG90 en raison de sa disponibilité dans le marché, faible cout, faible tension d'alimentation et couple élevé [8].

Le servomoteur va de 0° à 180° ce qui assure son bon fonctionnement, il est constitué de Trois fils.

**Marron** : Masse.

**Rouge** : Vcc (4.8 à 6 v).

**Jaune** : Signal de commande.

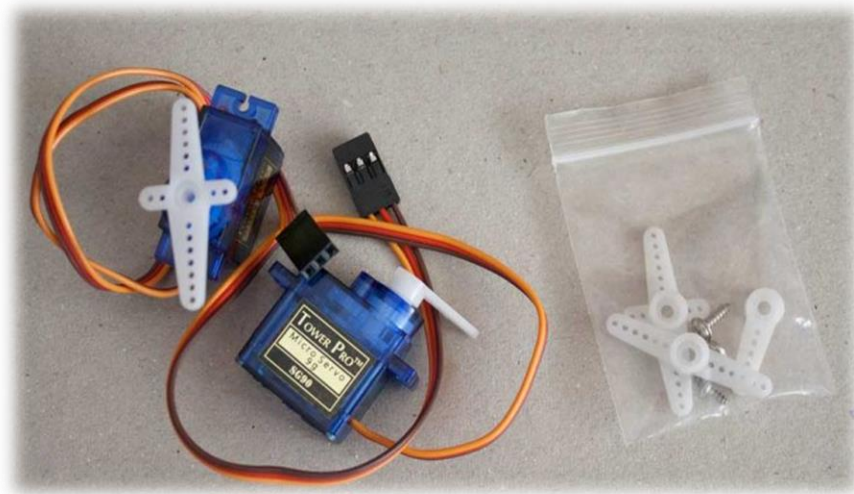


Figure II.2 : Servomoteur SG90 9g.

Tableau II.2 : Caractéristiques de servomoteur SG90 9g [7].

Caractéristique	Valeur	
Nombres de broches	3 fils	
	Marron	Masse
	Rouge	Vcc
	Orange	Commande
Dimension	240 x 20 x 36,5mm	
Poids	60g	
Tension d'alimentation Min	4.8V à 6V	
Tension d'alimentation Max	6V	
Vitesse	0.16s/60° sous 4.8V - 0.13s/60° sous 6.0V	
Couple	11kg/cm sous 4.8V – 13kg/cm sous 6.0V	

### II.2.2.2 fonctionnement interne de servomoteur

Les servomoteurs contiennent un petit moteur connecté via des engrenages à un axe de sortie. L'axe de sortie qui pilote le bras du servomoteur est aussi connecté à un potentiomètre afin de fournir une rétroaction (feedback) de la position à un circuit de contrôle interne. La partie électrique d'un servomoteur ne dispose que de 3 fils codés par couleur qui permettent d'alimenter le moteur et de lui transmettre des ordres de positions sous forme d'un signal codé en largeur d'impulsion plus communément appelés PWM.

Le signal est répété périodiquement, en général toutes les 20 millisecondes, ce qui permet à l'électronique de contrôler et de corriger continuellement la position angulaire de l'axe de sortie, Lorsque le moteur tourne. Le rôle de l'électronique est de commander le moteur pour que la position de l'axe, c'est un asservissement :

- Une impulsion de 1 milliseconde correspondant à un angle de  $0^\circ$ .
- Une impulsion de 2 millisecondes correspond à UN angle de  $180^\circ$ .
- En envoyant une impulsion d'une longueur intermédiaire, on obtient des angles différents,  $90^\circ$  avec une impulsion de 1,5-milliseconde par exemple [8].

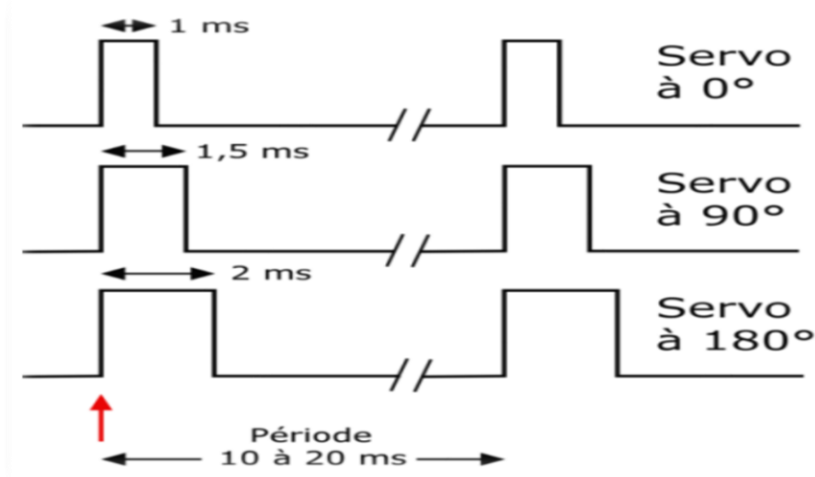


Figure II.3 : Signal qui contrôle un servomoteur [8].

## II.2.3 Capteur de lumière LDR

### II.2.3.1 Définition

Le capteur LDR (*Light Dependent Resistor*), ou la photorésistance ; c'est un composant dont la valeur en Ohms dépend de la lumière à laquelle elle est exposée. En effet, sa résistance varie en fonction du flux lumineux incident, elle est inversement proportionnelle à la lumière reçue. Le choix s'est porté sur LDR vu que son temps de réponse est beaucoup plus court par rapport à la photodiode [8].

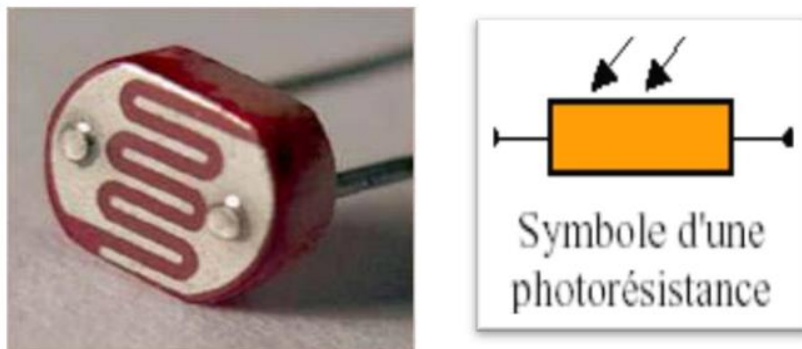


Figure II.4 : Capteur de lumière LDR [7].

**Tableau II.3** : Caractéristiques de la LDR utilisée [7].

Caractéristique	Valeur
Résistance à la lumière	Minimum = 20 kOhms
Résistance d'obscurité	20MOhms
Temps de chute	55ms
Temps de croissance	45ms
Matériau de la résistance	Sulfure de cadmium (CdS)
Nombre de broches	2
Résistance à la lumière maximum	100kOhms
Température d'utilisation maximum	75°C

### II.2.3.2 Principe fonctionnement

À basse température, un cristal de semi-conducteur contient très peu d'électrons libres, ce qui lui confère une conductivité similaire à celle d'un isolant. Cependant, lorsque la température augmente, un nombre croissant d'électrons qui étaient liés aux atomes du cristal grâce à des liaisons covalentes deviennent mobiles et peuvent participer à la conduction électrique.

Dans des conditions de température constantes, si un cristal semi-conducteur est exposé à une radiation lumineuse, l'énergie des photons peut être suffisante pour libérer certains électrons des liaisons covalentes. L'intensité du flux lumineux détermine le nombre d'électrons disponibles pour la conduction, ce qui signifie que la résistance du semi-conducteur photosensible (LDR) est inversement proportionnelle à la quantité de lumière reçue.

La sensibilité de la LDR varie en fonction de la fréquence de la radiation lumineuse. Afin de convertir cette variation de lumière en une tension utilisable, on utilise généralement un circuit diviseur de tension [3].

La tension délivrée par le capteur est donnée par La relation :

$$V_{LDR} = V_B \times \frac{R_1}{R_1 + R_{LDR}} \quad (I.5)$$

Sachant que :

$V_{LDR}$  : est la tension de sortie de la photorésistance [V]

$V_B$  : tension de batterie (tension d'alimentation) [V]

$R_{LDR}$  : résistance de la LDR [ $\Omega$ ]



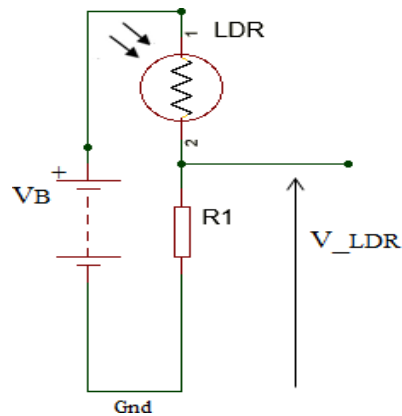


Figure II.5 : Circuit équivalent d'un capteur LDR [2].

## II.2.4 Résistances

Quatre résistances de  $10\text{ k}\Omega$  sont utilisées afin de protéger les entrées de la carte d'interface.



Figure II.6 : Résistance 10k.

## II.2.5 Câblage

### II.2.5.1 Cable USB

Le câble USB est utilisé pour l'alimentation de la carte Arduino et la connexion avec l'ordinateur qui permet à la fois d'alimenter un projet Arduino, de programmer la carte (via ArduinoIDE) mais aussi d'utiliser le Moniteur Série.



Figure II.7: Câble USB type A/B (Arduino UNO).

### II.2.5.2 Fils de pin d'Arduino

Ces fils sont utilisés pour relier et connecter les différents pins d'Arduino à la plaque d'essai.

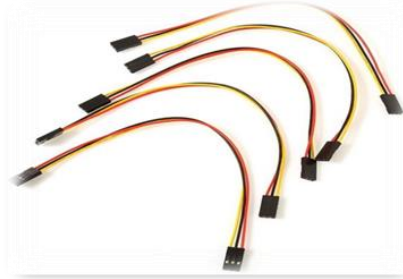


Figure II.8 : Fils de pin d'Arduino.

### II.2.6 Batterie 9V

Dans ce projet, nous avons utilisé une pile 9V pour alimenter l'Arduino et Servomoteur.



Figure II.9 : Batterie 9V.

### II.2.7 Plaque d'essai

Est une plaque en plastique isolant parsemé de nombreux trous nous permet de réaliser un montage électronique en insérant les pattes des composants et les fils dans les trous [7].

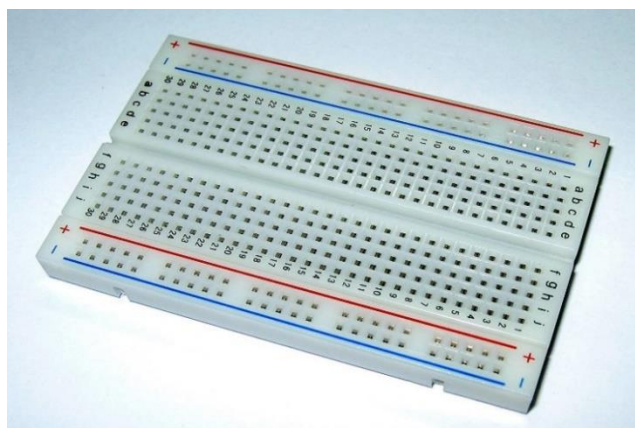


Figure II.10 : Plaque d'essai.

### II.2.8 Support de suivi de soleil

Ce support de suivi du soleil est fabriqué avec une machine CNC.

### II.2.8.1 CNC

CNC (Computer Numerical Control), C'est une machine entièrement ou partiellement automatique à laquelle les commandes sont transmis par des codes portés sur un support physique.



Figure II.11 : Machine-outil à commande numérique.

### II.2.8.2 Etapes de l'usinage de support avec la machine CNC

- a. On Crée un fichier numérique de la pièce souhaitée avec un logiciel adapté : CAO.
- b. On relie la machine à l'ordinateur.
- c. On insère le bloc de matériau sur la machine et placez-le par la pince hydraulique.
- d. Laissez tourner la fraiseuse, qui coupera la partie désirée dans le matériau.
- e. On retire la pièce.
- f. La finition (polissage, peinture...) [9].

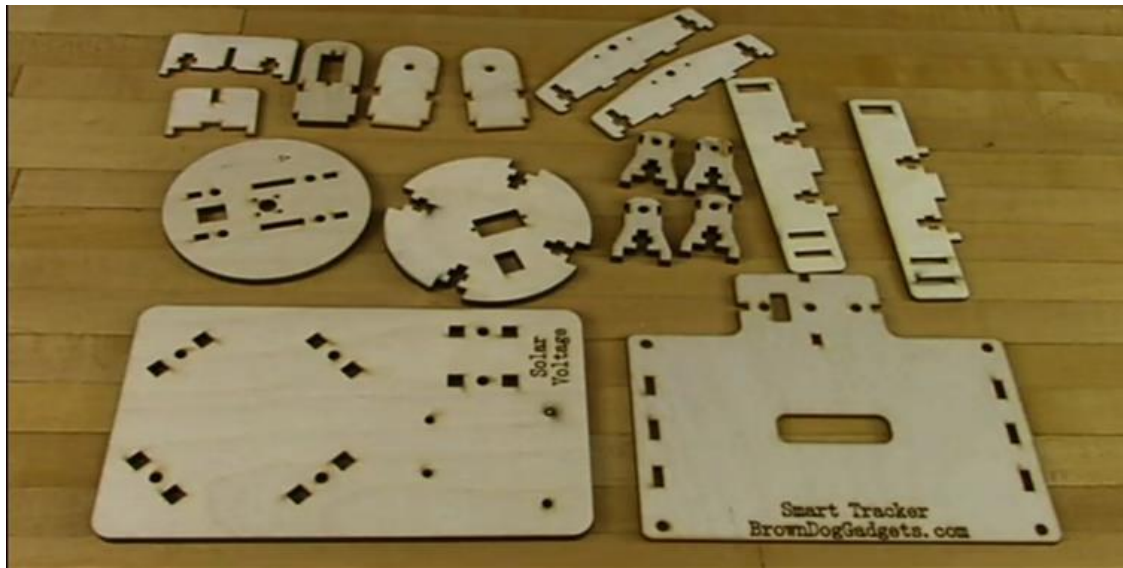


Figure II.12 : Pièces de support après l'usinage.

## II.2.9 Logiciels utilisés

### II.2.9.1 Logiciel Arduino IDE

Arduino IDE (Environnement Développement Intégré) permet de programmer l'Arduino en écrivant, modifiant et convertissant un programme en un ensemble d'instructions accessibles à la carte, le langage utilisé est le langage Arduino [3].

- 1) Barre de menus.
- 2) Barre de boutons.
- 3) Onglets des fichiers ouverts.
- 4) Editeur de code pour écrire le programme.
- 5) Zone de messages des actions.
- 6) Console d'affichage des messages de compilation.

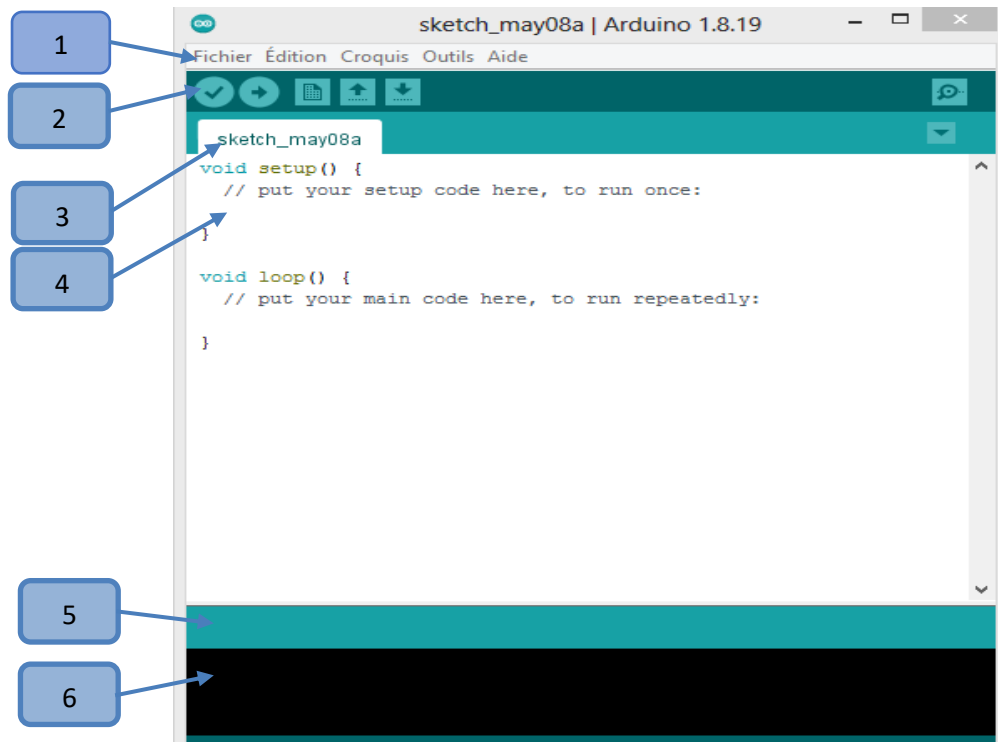


Figure II.13: Interface de logiciel Arduino (IDE).

### II.2.9.2 Proteus 8 Professional

C'est un logiciel de réalisation de carte électronique de la famille CAO (Conception Associé par Ordinateur), il permet la création des schémas de n'importe quel montage électronique, de plus, il peut simuler les circuits en temps réel [3].

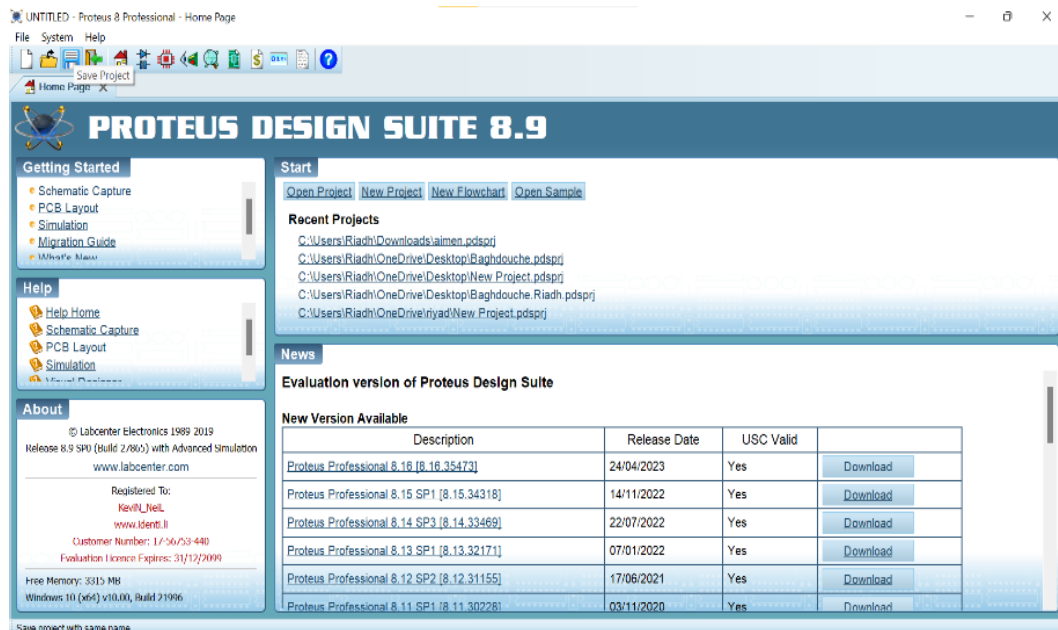


Figure II.14 : Interface de Proteus.

## II.3 Conception d'un suiveur de soleil

### II.3.1 Carte de commande de suiveur solaire

Dans cette dernière étape, nous nous concentrons sur la mise en œuvre matérielle et les tests de la technique choisie dans cette étude. La partie électronique joue un rôle essentiel dans la commande de l'ensemble du système. Ainsi, il est important de déterminer la technologie choisie ainsi que les blocs qui seront utilisés.

Dans notre cas, nous avons opté pour l'utilisation d'une carte Arduino UNO comme circuit intégré pour exécuter le programme qui sera écrit en langage C [2].

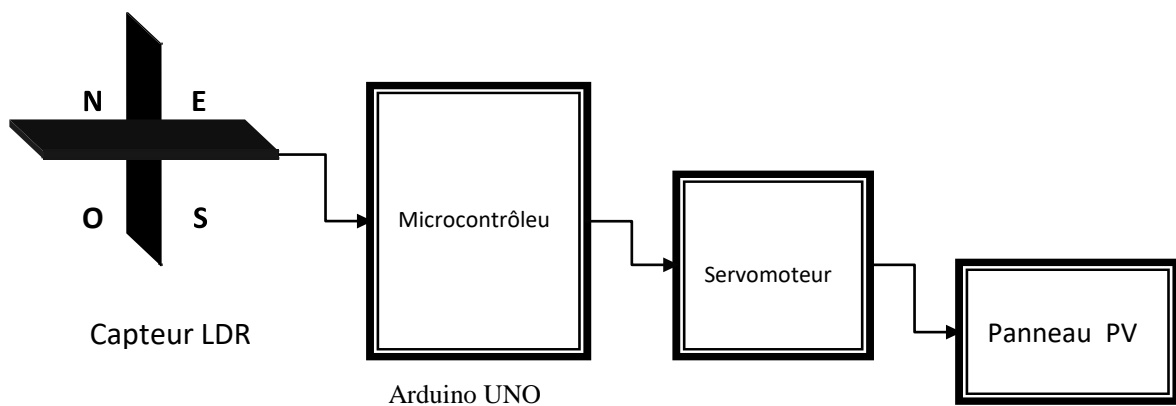


Figure II.15 : Carte de commande de suiveur solaire [2].

### II.3.2 Câblage et fonctionnement de système

Le système vise à ajuster en temps réel l'orientation des capteurs solaires afin de positionner le panneau dans la meilleure position par rapport à l'incidence du rayonnement solaire. Étant donné que la position du soleil varie tout au long de la journée et de l'année, avec des changements d'latitude et d'azimut (d'est en ouest au fil de la journée, et en hauteur selon la saison), il est nécessaire de suivre ces variations.

Le principe du système repose sur le fait que la lumière reçue par les photorésistances est identique lorsque le capteur est aligné avec la source lumineuse. Ainsi, la mesure de la tension aux bornes de chaque photorésistance permet de déterminer la lumière reçue. Cette mesure est réalisée en connectant les ports de broche 0 à 3 de la carte Arduino.

Le programme compare ensuite ces tensions et envoie des commandes aux servomoteurs pour les faire pivoter dans la direction des photorésistances qui reçoivent le plus de lumière,

afin de maintenir le panneau solaire perpendiculaire au rayonnement solaire et optimiser la production d'énergie [2].

### II.3.3 Simulation d'un circuit électronique et conception de son circuit imprimé

#### II.3.3.1 Conception du schéma électronique reliant les LDR

Ces broches représentent une carte électronique de J1 à J6 comme suit :

J1 : diviseur de tension en bas à droite ; J2 : diviseur de tension en haut à droite.

J3 : diviseur de tension en bas à gauche ; J4 : diviseur de tension en haut à gauche.

J5 : alimentation ( $V_{cc}=5v$ ) ; J6 : la masse (Ground=0v).

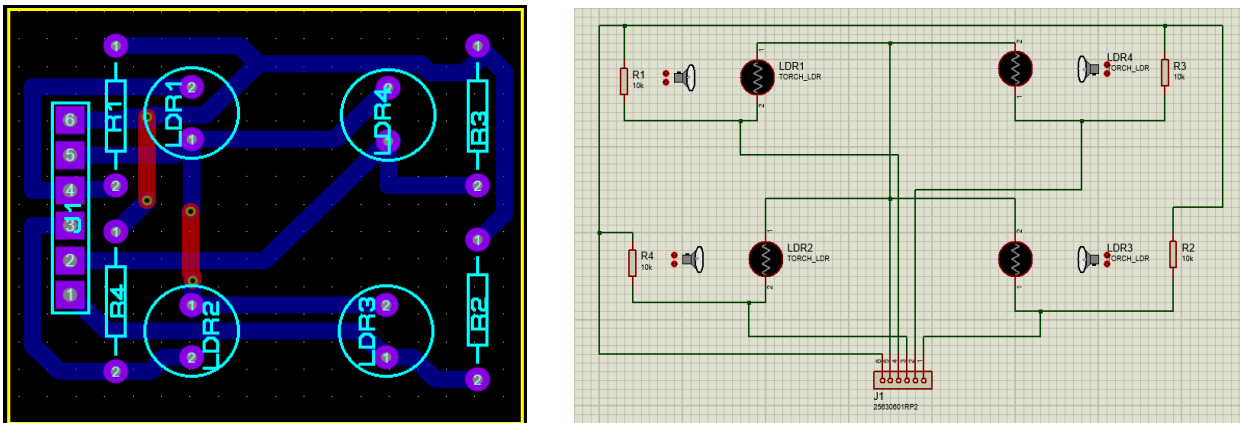


Figure II.16 : Câblage électronique de la carte imprimée.

#### II.3.3.2 Le circuit réalise en 3D

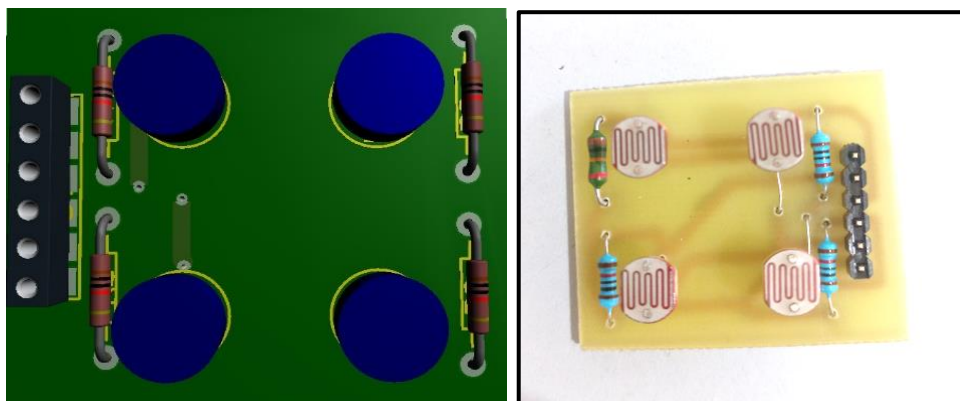


Figure II.17 : Carte électronique 3D.

II.3.4 Partie programmation

II.3.4.1 Organigramme

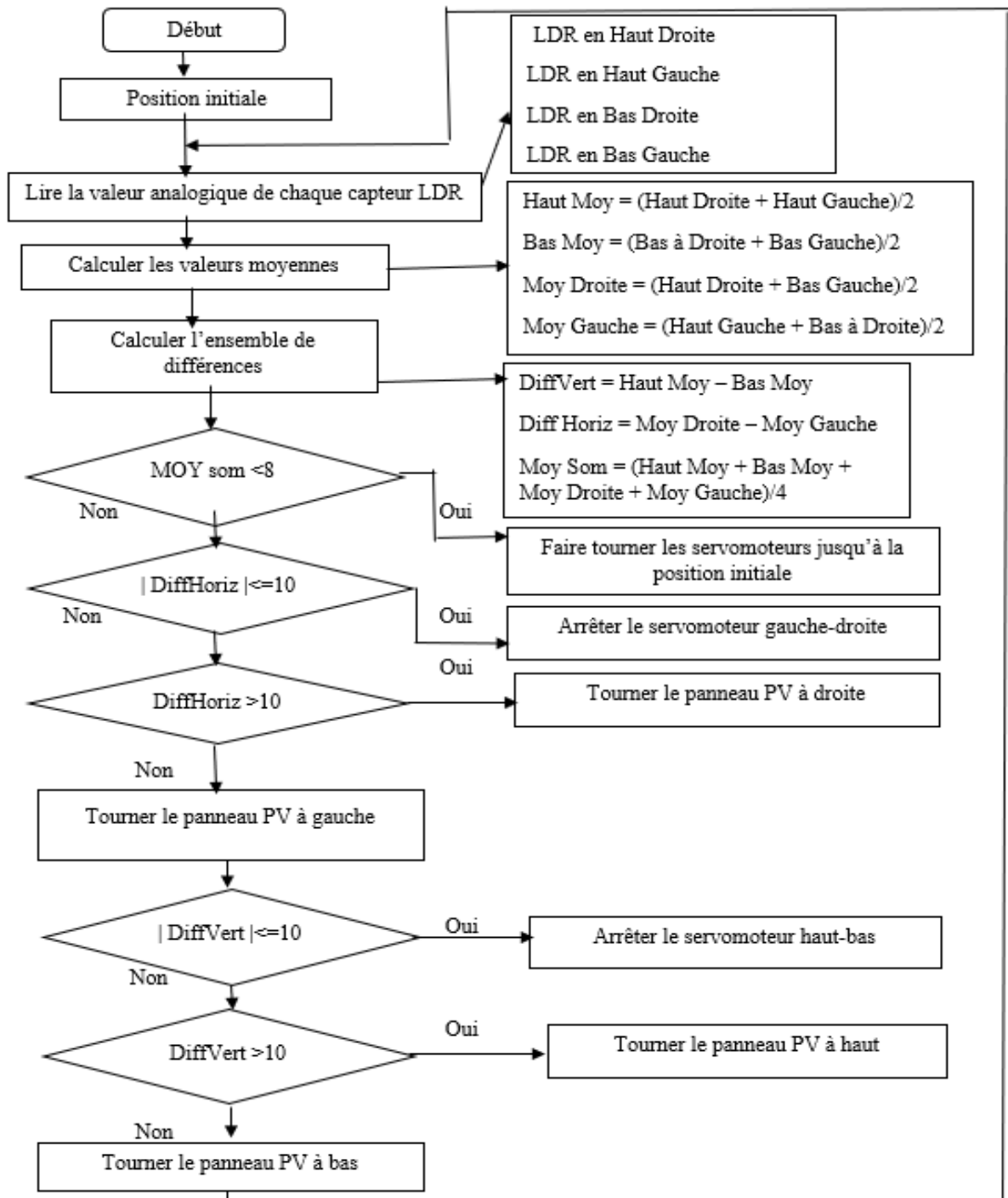
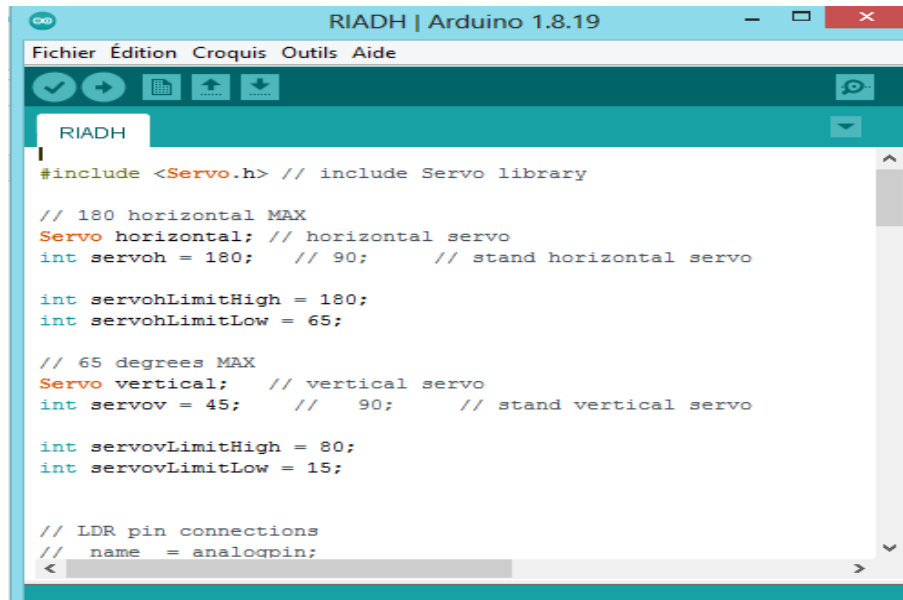


Figure II.18 : Organigramme principale de la poursuite solaire à deux axes.



### II.3.4.2 Aperçu du programme

La carte Arduino UNO est une carte programmable et peut être programmée avec le logiciel Arduino [1].



```

ARDUINO | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

RIADH

#include <Servo.h> // include Servo library

// 180 horizontal MAX
Servo horizontal; // horizontal servo
int servoh = 180; // 90; // stand horizontal servo

int servohLimitHigh = 180;
int servohLimitLow = 65;

// 65 degrees MAX
Servo vertical; // vertical servo
int servov = 45; // 90; // stand vertical servo

int servovLimitHigh = 80;
int servovLimitLow = 15;

// LDR pin connections
// name = analogpin;

```

Figure II.19 : Interface du programme dans logiciel Arduino.

### II.3.5 Partie simulation

La simulation de notre schéma globale a été fait à l'aide du logiciel PROTEUS-ISIS qui permet de tester et récupérer en temps réel les résultats de simulation [1].

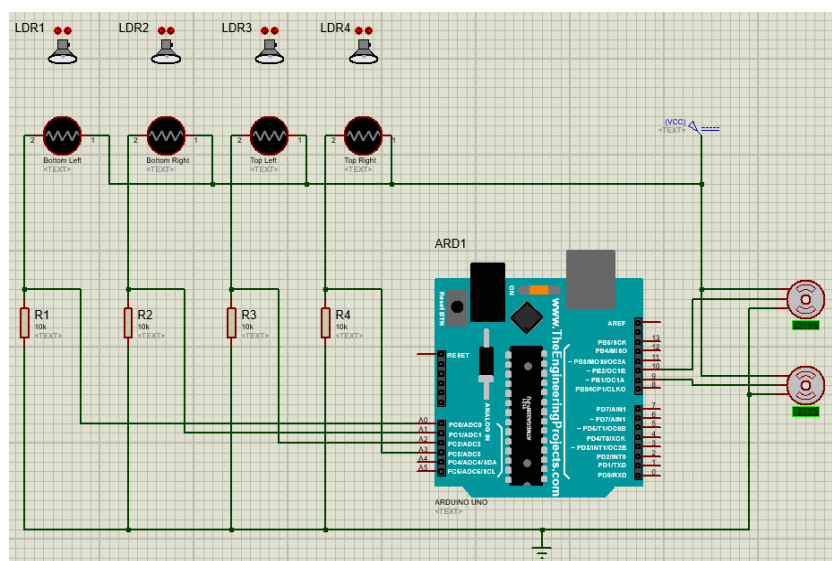


Figure II.20 : Montage du système sous le logiciel Proteus-ISIS.

### II.3.6 Partie mécanique

Notre structure mécanique est constituée de deux parties mobiles. Une partie sur l'axe d'horizon pour la variation d'azimut du panneau par rapport au soleil et l'autre partie sur l'axe vertical pour la variation d'élévation du panneau [2].

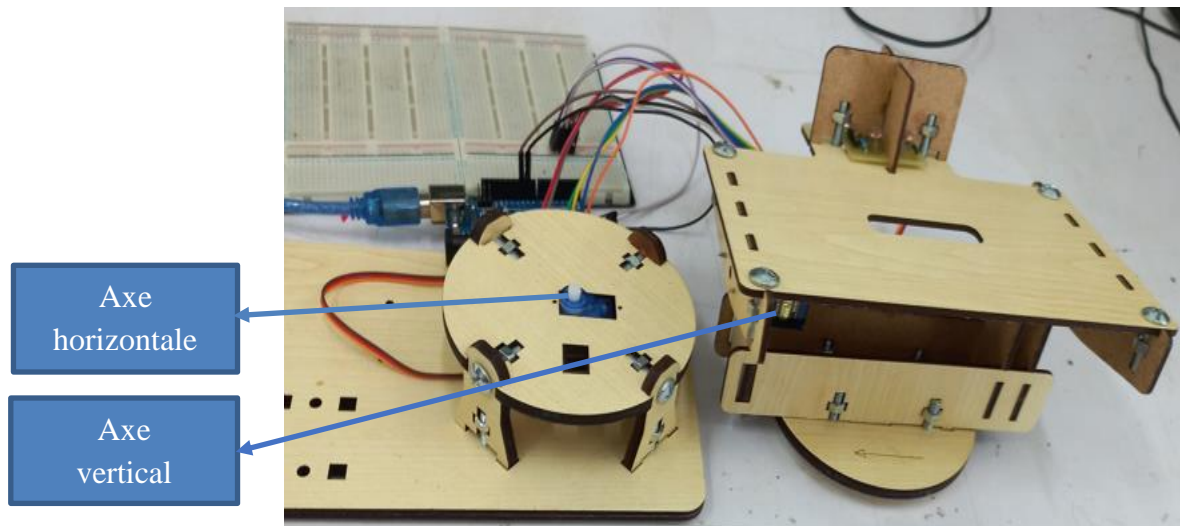
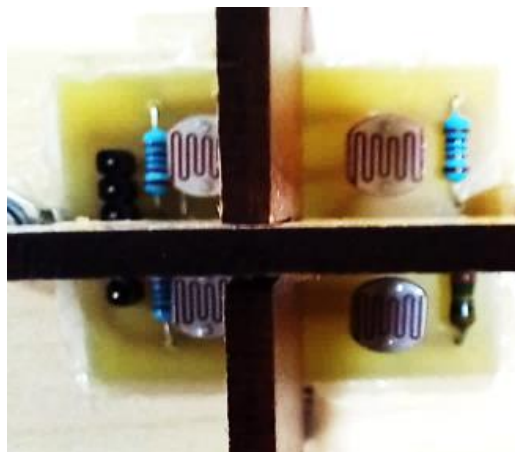


Figure II.21 : Présentation de l'axe d'horizon et l'axe vertical.

#### II.3.6.1 Position des capteurs LDR

Pour le fonctionnement de notre model, nous avons placé les capteurs dans chaque position, pour cela, on à utiliser une boucle de forme plus (+) pré-calculée, afin d'isoler les capteurs et pour couvrir toutes les directions et avoir une meilleure précision.



Figures II.22 : Prototype des capteurs

### II.3.6.2 Description de la structure

Nous avons employé deux servomoteurs, l'un pour le mouvement azimutal et l'autre pour l'élévation, et l'autre pour l'élévation. Les moteurs sont réglables, ce qui signifie qu'ils sont contrôlés par le programme Arduino après comparaison des tensions.

Le programme Arduino les contrôle après avoir comparé les tensions. Ce dernier leur donnera la direction, la direction du déplacement à effectuer pour trouver la position du rayonnement maximal et assurera la poursuite du point maximum. Une fois ce point atteint, les moteurs seront arrêtés [2].

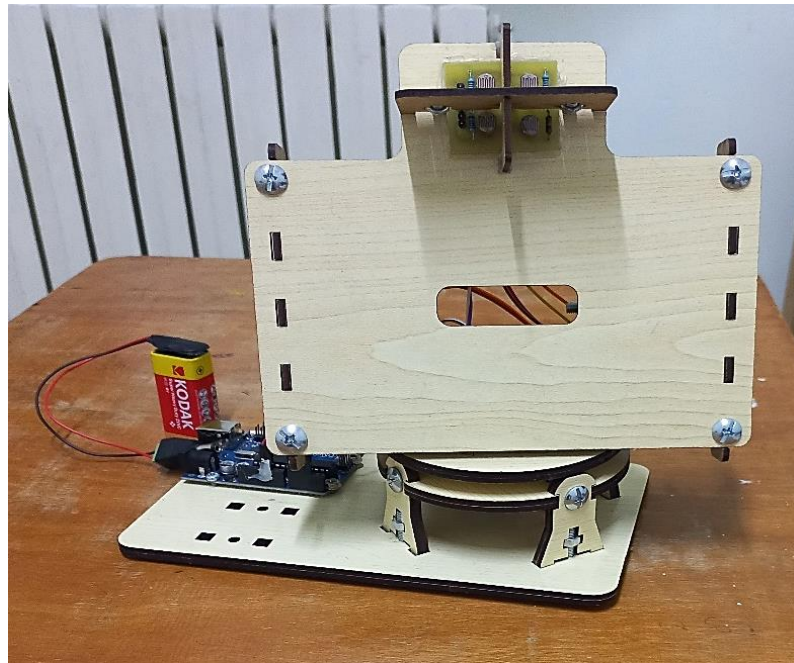


Figure II.23 : Présentation de notre traqueur solaire finalisée.

## II.4 Conclusion

La réalisation du suiveur solaire nécessite un bon choix des composants électroniques utilisés pour ne pas compliquer le principe de la commande et pour réduire la consommation énergétique du suiveur.

Pour conclure, nous pouvons dire que nous avons réussi à réaliser le principal objectif de ce projet, soit élaborer et faire fonctionner un suiveur solaire, s'adaptant aux trajectoires de lumière afin d'en récupérer le maximum possible.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

## **Conclusion générale**

La conversion de l'énergie solaire dépend fortement de la quantité de rayonnement solaire interceptée par le collecteur solaire qui est influencée par plusieurs facteurs parmi lesquels la position de la surface réceptrice par rapport au rayonnement solaire. En effet, la position idéale des collecteurs est que le rayonnement doit tomber verticalement sur la surface du collecteur afin de maximiser la quantité de rayonnement reçu.

Le but de ce travail qui est intitulé « Conception et réalisation d'un prototype de traqueur solaire à base d'Arduino » réside dans la mise en œuvre d'une solution technique permettant de transformer un panneau photovoltaïque fixe en un panneau mobile afin d'améliorer son rendement. Pour cela, le système que nous avons pu réaliser s'est avéré fonctionnel et capable de suivre la position du soleil.

Dans le premier chapitre, nous avons donné un aperçu général sur l'énergie solaire et les systèmes suiveurs de soleil et leurs différents types.

Le deuxième chapitre, consistait à la présentation des différents dispositifs sélectionnés pour l'élaboration de notre prototype, aussi la simulation, la programmation de la carte de commande ainsi que le montage de notre système.

Ce projet de fin d'études était pour nous l'occasion précieuse de faire un travail multidisciplinaire, associant l'instrumentation, l'électronique, la mécanique, la programmation et les énergies renouvelables.

## Bibliographie

- [1] Azzi Omar, Ben bahan Youcef, « Réalisation d'un système de suiveur à base Arduino », Mémoire de Master, Université Mohamed Khider de Biskra, 2020.
- [2] Belkebir Katia, Chaabi Siham, « Conception et réalisation d'un suiveur de soleil à base d'une carte Arduino UNO », Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2017.
- [3] Bara Meriem, Bennouri Sabrina, « Etude et conception d'un suiveur solaire pour application photovoltaïque », Mémoire de Master, Centre Universitaire Abd elhafid Boussouf -Mila, 2020.
- [4] Ben ghedier Iman, « Etude et commande d'un suiveur solaire par un système de contrôle distribuée DCS ABB AC 500 », Mémoire de Master, Université de Ghardaïa, 2020.
- [5] Mekki Walid Badr-eddin, Mohammed Belhadj Abdelkader Welid, « Conception et réalisation d'un panneau solaire à base d'Arduino », Mémoire de Master, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent, 2019.
- [6] Meziane Manal, Benkara Salima, « Conception et réalisation d'un système photovoltaïque à base d'une carte Arduino », Mémoire Master, Université Larbi Ben M'hidi - Oum El bouaghi, 2021.
- [7] Bensaoucha Seyf, Djloud Snoussi, « Réalisation d'un suiveur solaire à base d'Arduino », Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, 2020
- [8] Chetehouna Tarek, Ghilani Omar, Amamra Imad, « Réalisation d'un Suiveur Solaire à deux axes Commandé par une Carte Arduino », Mémoire de master, Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued, 2022.
- [9] <https://prototechasia.com/usinage-plastique-cnc/usinage-cnc-explications#:~:text=Le%20principe%20de%20l'usinage%20CNC&text=Ces%20machines%20sont%20automatis%C3%A9es%20et,d'obtenir%20la%20pi%C3%A8ce%20finie-11.05.2023.00:34>

## Résumé

La technologie photovoltaïque a révolutionné les énergies renouvelables. Notre objectif dans ce projet est d'améliorer le rendement énergétique des panneaux solaires mobiles par rapport aux systèmes fixes. Pour cela, nous avons conçu un dispositif d'instrumentation fixé sur une structure mécanique. Cette structure est composée de deux servomoteurs et de leurs circuits de commande, ce qui permet au panneau solaire de tourner dans les deux directions, horizontale et verticale. Nous avons également développé une lunette équipée de quatre capteurs photo résistifs de type "LDR". Ces capteurs sont disposés de manière à ce que leur exposition à la lumière soit identique uniquement lorsque la lunette est pointée vers le soleil. Les signaux provenant des capteurs sont transmis aux entrées d'une carte Arduino de type "UNO". Cette carte compare les niveaux de tension afin de commander les deux moteurs. En fin de compte, le système que nous avons réalisé est capable de suivre fidèlement la position d Mots clés : énergie photovoltaïque, énergie solaire, rayonnement solaire soleil avec un rendement élevé.

## ملخص

تعد التكنولوجيا الكهروضوئية ثورة في الطاقات المتجددة. يقوم مشروعنا على صنع متتبع شمس تلقائي باستعمال حساسات ضوئية. الهدف من هذا المشروع هو تحسين المكاسب في الطاقة الكهربائية للوحة شمسية تتحرك نسبة إلى النظام الثابت. سيتم تثبيت جهازنا بواسطة هيكل ميكانيكي يتحرك بواسطة محركين ذو تيار مستمر من نوع سيرفو مع دوائر التحكم الخاصة بهم يتيح تدوير اللوحة في الاتجاهين الأفقي والعمودي. بالنسبة لهذا التطبيق لقد صنعنا متتبعاً مكوناً من أربعة أجهزة استشعار مقاومة للضوء من نوع LDR. يتم نقل الاشارات الصادرة من أجهزة الاستشعار إلى مدخلات " Arduino UNO" الذي يسمح بمقارنة مستويات الجهد للسيطرة على المحركين مما يسمح بتوجيه اللوحة نحو الشمس.

أخيراً، فإن النظام الذي حققناه قادر على متابعة اشعة الشمس واعطاء مردود أعلى من الطاقة الكهربائية مقارنة بالنظام الثابت.

## Abstract

Photovoltaic technology is the revolution of renewable energies, our work has as objective the improvement of the gain in electrical energy of the solar tracker moving relative to the fixed system. Our instrument device will be fixed on a mechanical structure that we made based on two DC motors with their control circuits allowing rotation of the panel in both horizontal and vertical directions. For this application, we have made a telescope made of four photoresist sensors type 'LDR' which are arranged in such a way that their illumination is identical only if the telescope is pointed towards the sun. Finally, the system we have achieved is able to follow the sun's rays and give a higher yield of electrical energy compared to the fixed system.