



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mohamed Seddik Benyahia de Jijel
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'électronique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electronique

Spécialité : Micro-électronique

Diplôme/ Startup dans le cadre de l'Arrêté Ministériel 1275

Réf. / 2023

Thème

Mise au point d'un dispositif photovoltaïque de chargement de batteries via des bornes publiques

Présenté et soutenu par :

CHEKIROU Chaima

CHEKIROU Rokia

Encadré par :

Pr. MEZDOUR Douniazad

Date de soutenance : 17 juillet 2023.

Jury de soutenance :

M. REMMOUCHE Riad	Grade : MCA	Université MSB Jijel	Président
M. FATES Rachid	Grade : MCA	Université MSB Jijel	Examineur
Mme. MEZDOUR Douniazad	Grade : Prof	Université MSB Jijel	Rapporteur
M. BOUKABOU Abdelkrim	Grade : Prof	Université MSB Jijel	Représentant / startup Jijel
M. ARID Ahmed Rachid	Grade : Master	SONELGAZ Jijel	Représentant/Sec. Economique

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Nous remercions en premier lieu Allah le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail n'aurait pas avoir vu le jour sans l'aide et l'encouragement de notre encadreur **Pr Douniazad MEZDOUR** qui a su, par sa guidance, et son soutien nous orienter. Seul Dieu aura la récompensé. Qu'elle trouve nos vifs remerciements.

Nous remercions notre père, notre mère, nos sœurs et notre frère pour leurs encouragements, patience, financière et moral.

Nous tenons également à remercier notre enseignant M. Toufik BENKEDIDAH, aussi messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance, tout particulièrement : Mr. REMMOUCHE pour nous avoir fais l'honneur de présider le jury de ce mémoire. Nous souhaitons exprimer notre gratitude à Mr. FATES, Mr. BOUKABOU et Mr. ARID pour avoir accepté d'examiner ce travail, nous vous remercions pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail et pour vos précieux conseils et remarques.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos enseignants pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles, et aussi tous nos enseignants de toute notre carrière scolaire.

ROKIA et CHAIMA

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail

A notre chère mère, notre raison de vivre en témoignage de notre reconnaissance pour sa patience, son encouragement et ses sacrifices.

A notre cher papa pour son amour et son soutien.

<< A nos parents, nous disons merci d'avoir fait de nous celui que nous sommes aujourd'hui. Aucune dédicace ne pourra exprimer notre respect, nos considérations et notre grande admiration pour vous >>

A nos chères sœurs Asma et Hadjer et à notre cher frère Abderrahmane.

Si nous avons l'aval de dédicace de cette modeste contribution, nous la dédions en premier lieu à l'université de Jijel pour tout ce qu'elle a fait de nous et pour nous et à tous nos amis et tous les membres de notre promotion.

ROKIA et CHAIMA

SOMMAIRE

Remerciements.....	i
Dédicaces.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des acronymes.....	vi
Table des figures.....	viii
Liste des tableaux.....	x
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Photovoltaïque et suiveur solaire

I.1 Introduction.....	03
I.2 Rayonnement solaire.....	03
I.2.1 Définition.....	03
I.2.2 Composantes du rayonnement solaire.....	03
I.2.2.1 Rayonnement direct.....	04
I.2.2.2 Rayonnement diffus.....	04
I.2.2.3 Rayonnement réfléchi.....	04
I.3 Spectre du rayonnement.....	05
I.4 Gisement solaire.....	05
I.4.1 Définition.....	05
I.4.2 Gisement solaire de l'Algérie.....	06
I.5 Energie solaire photovoltaïque.....	07
I.6 Cellule photovoltaïque.....	08
I.6.1 Définition.....	08
I.6.2 Structure d'une cellule solaire.....	08
I.6.3 Principe de fonctionnement.....	09
I.6.4 Technologies de cellules solaires.....	09
I.6.4.1 Cellules à base de silicium monocristallin.....	09
I.6.4.2 Cellules poly-cristallines.....	10
I.6.4.3 Cellules amorphes.....	11
I.6.5 Paramètres électriques des cellules photovoltaïques.....	12
I.6.5.1 Courant court-circuit <i>I_{cc}</i>	12
I.6.5.2 Tension en circuit ouvert <i>V_{co}</i>	12

I.6.5.3 Puissance maximale P_{max}	13
I.6.5.4 Facteur de forme FF	13
I.6.5.5 Rendement de conversion η	13
I.6.6 Influence de l'éclairement sur les caractéristiques électrique d'une cellule.....	14
I.6.7 Influence de la température sur les caractéristiques électrique d'une cellule.....	15
I.7 Module Photovoltaïque.....	16
I.8 Panneau solaire photovoltaïque.....	16
I.9 Système photovoltaïque.....	17
I.10 Système autonome.....	17
I.10.1 Définition.....	17
I.10.2 Types de systèmes PV autonomes	18
I.10.3 Eléments du Système photovoltaïque autonome	18
I.11 Orientation et inclinaison des panneaux solaire	18
I.11.1 Choix de l'orientation des modules PV	18
I.11.2 Choix de l'inclinaison des modules PV	19
I.12 Suiveur solaire	19
I.13 Types de suiveurs solaires	19
I.13.1 Type de suiveurs solaires selon de stratégie de commande	20
I.13.1.1 Suiveurs solaires passifs	20
I.13.1.2 Suiveurs solaires actifs	20
I.13.2 Types de suiveur solaire selon les degrés de liberté.....	22
I.13.2.1 Suiveur solaire mono-axe	22
I.13.2.2 Suiveurs solaires à double axes	23
I.14 Intérêt de système de suivi solaire.....	23
I.15 Application du photovoltaïque	24
I.16 Conclusion.....	24

Chapitre II : Dimensionnement et description des éléments du projet

II.1 Introduction	25
II.2 Site d'expérimentation	25
II.2.1 Situation géographique de la région d'étude	25
II.2.2 Durée d'insolation	26
II.2.3 Irradiation solaire.....	26
II.2.4 Nombre de jours d'autonomie	26

II.3 Dimensionnement d'un système PV	27
II.3.1 Evaluation des besoins (étape1)	27
II.3.2 Energie solaire récupérable (étape2)	27
II.3.3 Définition des modules photovoltaïque (étape3).....	27
II.3.4 Dimensionnement de la batterie (étape4).....	28
II.3.5 Dimensionnement du régulateur (étape5).....	29
II.4. Description du système de suiveur solaire	30
II.4.1 Schéma synoptique et principe générale de système de poursuite	30
II.4.2 Description des composants électroniques utilisés	31
a. Capteurs de lumière.....	31
b. Résistances	33
c. Circuit de commande (Arduino UNO).....	33
d. Servomoteurs.....	37
e. Afficheur LCD (2 ×16).....	38
II.5 Conclusion.....	40

Chapitre III : Implémentation et réalisation pratique du projet

III.1 Introduction.....	41
III.2 Réalisation du montage.....	41
III.2.1 Réalisation d'un système suiveur.....	41
III.2.1.1 Partie programmation.....	41
III.2.1.2 Simulation du montage sous PROTEUS.....	44
III.2.1.3 Réalisation de la partie électronique.....	45
III.2.2 Assemblage du suiveur avec les autres éléments de l'installation PV.....	47
III.3 Conclusion.....	48
Conclusion générale	49
Biblio-webographie.....	50
Résumé	53

Liste des Acronymes

- **PV** : Photovoltaïque ;
- **K** : kelvin ;
- **Um** : micron mètre ;
- **W** : watt ;
- **m** : mètre ;
- ϵ : Albédo ;
- **E** : Energie ;
- **h** : constante de Planck ;
- **C** : vitesse de la lumière dans le vide ;
- **v** : Fréquence ;
- λ : Longueur d'onde ;
- **S** : seconde ;
- **H** : heure ;
- **Vco** : tension de circuit ouvert ;
- **k** : constante de Boltzmann ($1,381 \cdot 10^{-23}$ joule/K) ;
- **T** : ^{Température} de fonctionnement de la cellule en kelvin ;
- **Is** : courant de saturation de la cellule ;
- **A** : ampère ;
- **V** : volt ;
- **J** : Joule ;
- **P_{max}** : Puissance maximale ;
- **e** : Charge de l'électron ($1,6 \cdot 10^{-19}$ C) ;
- **Icc** : courant de court-circuit ;
- **Is** : courant de saturation de la cellule ;
- **FF** : facteur de forme ;
- η : Rendement de conversion ;
- **mpp** : point de puissance maximale ;
- **V_{mpp}** : tension au point de puissance maximale ;
- **I_{mpp}** : courant au point de puissance maximale ;
- **S** : surface de la cellule ;
- **E** : éclairement (W/m^2) ;

- **EVA** : Ethylène Acétate de Vinyle ;
- **j** : jour ;
- **MPPT** : maximum power point tracking ;
- **PC** : puissance crête de générateur photovoltaïque en WC ;
- **WC** : Watt Crête ;
- **N** : nombre d'heure équivalent ;
- **Cp** : constant des pertes d'énergie ;
- **Ct** : capacité totale des batteries en (Ah) ;
- **Ec** : l'énergie journalière consommée (Wh) ;
- **Nja** : nombre de jour d'autonomie ;
- **Vsys** : la tension de système (v) ;
- **Pd** : profondeur de décharge de la batterie ;
- **LDR** : Résistance Dépendant de la Lumière ;
- **VB** : Tension de batterie (V) ;
- **R_LDR** : Résistance de la LDR (Ω) ;
- **R** : résistance (en Ohm) ;
- **USB** : Universal Serial Bus ;
- **E/S** : Entré/Sortie ;
- **SRAM** : Static Random Access Module ;
- **EEPROM** : Electrically Erasable Programmable Read-Only-Memory;
- **MHz** : Méga Hertz ;
- **IDE** : Environnement de Développement Intégré ;
- **VCC** : Alimentation ;
- **PWM** : largeur d'impulsion modulée ;
- **LCD** : Liquid Crystal Display ;
- **LED** : light Emitting Diode ;
- **CC** : Courant Continu ;
- **ISIS**: Intelligent Schematic Input System;
- **R/W**: Read / Write (lecture / Ecriture) ;
- **f**: Fréquence en Hertz (Hz) ;

Table des figures

• Figure I.1 : Composantes du rayonnement solaire	04
• Figure I.2 : Analyse spectrale du rayonnement solaire	05
• Figure I.3 : Moyenne annuelle d'ensoleillement du monde	06
• Figure I.4 : Carte de durée moyenne d'ensoleillement en Algérie	07
• Figure I.5 : Structure basique d'une cellule solaire	08
• Figure I.6 : Cellule PV au Silicium monocristallin	10
• Figure I.7 : Cellule PV au Silicium polycristallin	10
• Figure I.8 : Cellule PV au Silicium amorphe	11
• Figure I.9 : Caractéristique I(V) d'une cellule photovoltaïque	12
• Figure I.10 : Influence de L'ensoleillement sur la caractéristique I(V) d'un module photovoltaïque	14
• Figure I.11 : Influence de l'ensoleillement sur la caractéristique P(V) d'un module photovoltaïque	14
• Figure I.12 : Influence de la température sur la caractéristique I(V) d'un module photovoltaïque.....	15
• Figure I.13 : Influence de la température sur la caractéristique P(V) d'un module photovoltaïque.....	15
• Figure I.14 : Module photovoltaïque.....	16
• Figure I.15 : Composants d'un champ de modules PV.....	17
• Figure I.16 : Classification des suiveurs solaires.....	20
• Figure I.17 : Stratégie de la commande en boucle ouverte.....	21
• Figure I.18 : Stratégie de la commande en boucle fermée.....	22
• Figure I.19 : Différentes architectures de suiveur mono-axe	23
• Figure I.20 : Suiveur solaire double axe.....	23
• Figure II.1 : Situation géographique de la wilaya de Jijel.....	25
• Figure II.2 : Rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidien à Jijel.....	26
• Figure II.3 : Schéma synoptique de suiveur solaire.....	30
• Figure II.4 : Photorésistance LDR.....	31
• Figure II.5 : Symbole d'une photorésistance	31
• Figure II.6 : Circuit équivalent de la photorésistance LDR.....	32
• Figure II.7 : Schéma de prototype des quatre capteurs.....	32

- Figure II.8 : Résistance 1k.....33
- Figure II.9 : Carte ARDUINO UNO R3.....34
- Figure II.10 : Cable USB type A/B (Arduino UNO).36
- Figure II.11 : Fils de pin d'Arduino de différents types.....36
- Figure II.12 : Plaque d'essai.36
- Figure II.13 : Câble servomoteur.....37
- Figure II.14 : Servomoteur SG90.....38
- Figure II.15 : Différents composant d'un servomoteur38
- Figure II.16 : Afficheur LCD.....39
- Figure II.17 : Broches d'afficheur LCD (2 ×16).....39
- Figure III.1 : Organigramme principale.....43
- Figure III.2 : Interface de logiciel Arduino.....44
- Figure III.3 : Montage du système sous PROTEUS-ISIS.....45
- Figure III.4 : Montage Circuit électrique des servomoteurs.....46
- Figure III.5 : Programme Arduino pour test de Servomoteur.....46
- Figure III.6 : Réalisation du montage sur la plaque d'essai.....47
- Figure III.7 : Composant d'un système PV autonome.....48

Liste des tableaux

- Tableau I.1 : Potentiel solaire en Algérie.....07
- Tableau II.1 : Consommation en énergie d'un téléphone portable realme C3.....27
- Tableau II.2 : Choix de tension de système.....28
- Tableau II.3 : Caractéristiques techniques de l'Arduino UNO.....35
- Tableau II.4 : Rôles des différentes branches de l'afficheur LCD (2 ×16).....40

Introduction générale

La plus grande partie de l'énergie consommée actuellement provient de l'utilisation des combustibles fossiles comme le pétrole, le charbon, et le gaz naturel ou encore provient de l'énergie nucléaire. Les études et les prévisions récentes, nous alertent que l'utilisation massive de ces ressources conduira certainement à l'épuisement total de ces réserves. En plus, tout le monde est convaincu du danger de ce processus sur l'environnement. À partir de ce constat, il est nécessaire de chercher d'autres ressources d'énergie de remplacement. Les énergies renouvelables, comme l'énergie photovoltaïque, éolienne ou hydraulique, représentent une solution de remplacement par excellence, de ce fait elles sont de plus en plus utilisées de nos jours. Ce type d'énergie n'est pas seulement gratuit et inépuisable, mais aussi très propre pour l'environnement [10].

L'énergie alternative qui peut répondre à la demande mondiale jusqu'à présent est l'énergie solaire. Elle apparaît comme une source importante telle que la quantité d'énergie solaire qui arrive à la surface de la terre durant une journée est dix fois plus grande que celle consommée par jour. L'Algérie de par sa situation géographique (superficie et exposition au soleil) demeure un pays favorable à l'utilisation permanente et au développement à grande échelle de cette énergie.

Le solaire photovoltaïque est vu aujourd'hui comme une alternative énergétique principale pour la production de l'électricité propre. Ce moyen de production de l'énergie peut être utilisé dans les zones isolées et les endroits difficiles d'accès pour fournir l'électricité nécessaire pour l'éclairage et les besoins domestiques comme le chargement de batterie des portables ...etc.

Vu l'utilisation croissante des smartphones dans des applications connectées, les batteries sont très sollicitées et se déchargent rapidement. Un nombre important de personnes se retrouvent en panne à l'extérieur loin de toute source d'électricité et parfois dans des situations d'urgence.

Pour pallier ce problème nous proposons la réalisation d'un dispositif photovoltaïque autonome pour le chargement de batteries, en utilisant un panneau solaire intelligent, qui suit le mouvement du soleil pendant la journée tout en conservant la grande partie de l'énergie solaire. Cette dernière peut être perdue dans le cas des panneaux solaires fixes.

Le manuscrit est subdivisé en trois parties essentielles :

Nous abordons dans le premier chapitre quelques notions relatives à l'énergie photovoltaïques et les suiveurs solaires. Le second chapitre présente le dimensionnement et la description de tous les éléments constituant de notre projet.

Le dernier chapitre est totalement consacré à l'implémentation et la réalisation pratique du prototype final du projet de fin d'études.

Enfin, nous terminons notre manuscrit par une conclusion générale et quelques perspectives pour notre prototype.

Chapitre I : Energie photovoltaïque et suiveur solaire

I.1 Introduction

L'électricité solaire est une importante source d'énergie renouvelable qui pourrait être une alternative aux autres sources classiques afin de satisfaire les larges besoins d'énergie dans le futur. Cette énergie trouve tout son avantage dans des applications de petite et moyenne consommation dans des régions isolées et loin des lignes de distribution électrique.

Le premier chapitre est consacré à la présentation des généralités sur l'énergie renouvelable en générale et spécifiquement en Algérie. Dans cette première partie de notre étude, nous sommes concentrés plus précisément sur l'énergie solaire photovoltaïque, les différents détails et les éléments ayant un trait à cette ressource et sa transformation en énergie électrique.

I.2 Rayonnement solaire

I.2.1 Définition

Le rayonnement émis par le soleil est constitué d'ondes électromagnétiques dont une partie parvient constamment à la limite supérieure de l'atmosphère terrestre. En raison de la température superficielle du soleil (environ 5800 K), ce rayonnement électromagnétique se situe dans la gamme de longueur d'onde de la lumière visible (entre 0,4 et 0,75 μm) et dans le proche infrarouge (au-delà de 0,75 et jusqu'à 4 μm environ). L'énergie véhiculée par ce rayonnement, moyennée sur une année et sur l'ensemble de la limite supérieure de l'atmosphère, correspond à un éclairage de $340 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Un bilan énergétique montre que, sur cette quantité d'éclairage qu'apporte le soleil au système **terre + atmosphère**, environ $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ sont réfléchis vers l'espace ; seul le reste est absorbé, pour un tiers par l'atmosphère et pour les deux tiers par la surface de la terre [1,2].

I.2.2 Composantes du rayonnement solaire

Suite à l'atténuation du rayonnement solaire par les différents phénomènes atmosphériques, le rayonnement solaire sur une surface au sol est composé de :

I.2.2.1 Rayonnement direct

Les rayons du soleil atteignent le sol sans subir de modification (sans diffusion par l'atmosphère). Les rayons restent parallèles entre eux [3]. Ce rayonnement peut être mesuré par un pyréliomètre.

I.2.2.2 Rayonnement diffus

C'est le rayonnement provenant de toute la voûte céleste. Il est dû à l'absorption et à la diffusion d'une partie du rayonnement solaire par l'atmosphère et à sa réflexion par les nuages, la poussière, etc. Il peut être mesuré par un pyranomètre avec écran masquant le soleil.

I.2.2.3 Rayonnement réfléchi

C'est la partie de l'éclairement solaire réfléchi par le sol. Ce rayonnement dépend directement de la nature du sol (neige, sable...). Il se caractérise par un coefficient propre de la nature du lieu appelé Albédo ε ($0 \leq \varepsilon \leq 1$)[4].

Le Rayonnement global est le résultat de la superposition des trois compositions : direct, diffus et réfléchi [4]. Il est mesuré par un pyranomètre ou un Solari mètre sans écran.

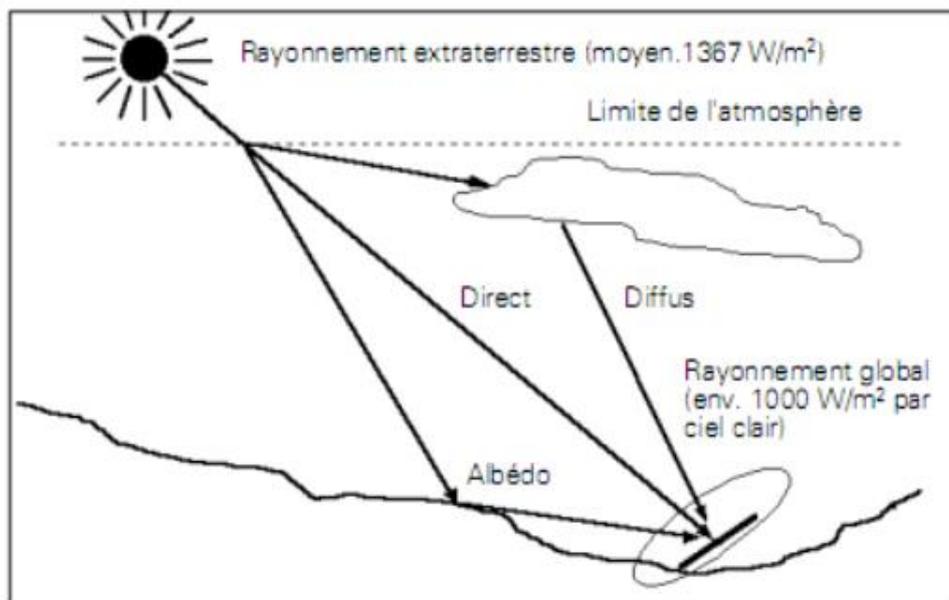


Figure I.1 : Composantes du rayonnement solaire [5].

I.3 Spectre du rayonnement

La lumière peut être considérée comme des ondes électromagnétiques de longueur d'onde λ ou des photons, corpuscules possédant une énergie E liée à λ par la relation suivante [6]

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (\text{I.1})$$

Avec : h : constante de planck ($\text{j} \cdot \text{s}^{-1}$)

c : vitesse de la lumière dans le vide ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

ν : Fréquence (s^{-1})

λ : Longueur d'onde (m)

Les longueurs d'ondes du rayonnement solaire terrestre sont comprises entre $0,2\mu\text{m}$ (ultra-violet) et $4\mu\text{m}$ (infra-rouge) avec un maximum d'énergie pour $0,5\mu\text{m}$. 97,5% de l'énergie solaire est comprise entre $0,2\mu\text{m}$ et $2,5\mu\text{m}$. De $0,4\mu\text{m}$ à $0,8\mu\text{m}$, le spectre correspond au domaine du visible (Figure I.2).

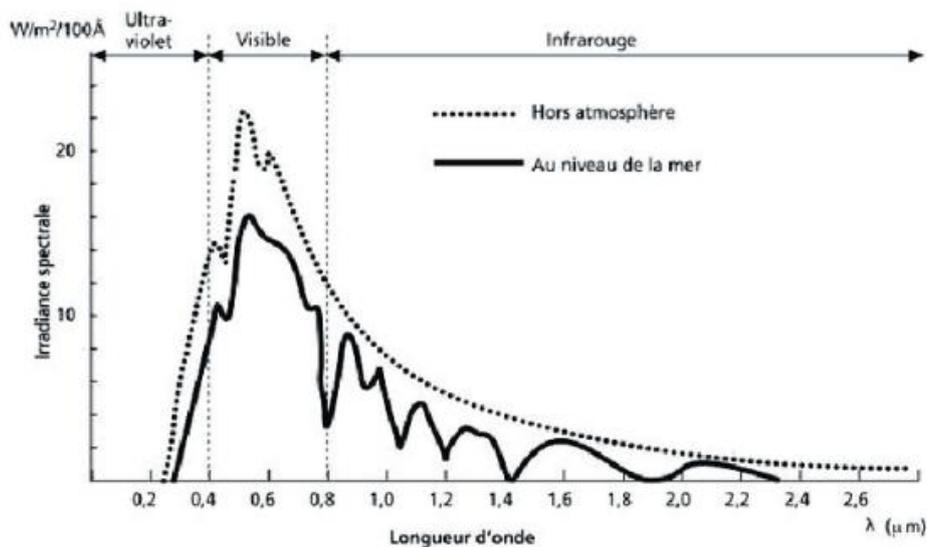


Figure I.2 : Analyse spectrale du rayonnement solaire [7].

I.4 Gisement solaire

I.4.1 Définition

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Son évolution peut se faire à partir des données de l'irradiation solaire globale. Il est utilisé pour étudier et simuler le fonctionnement

d'un système énergétique solaire et faire un dimensionnement le plus exact possible compte tenu de la demande à satisfaire. Il est utilisé dans des domaines aussi variés que l'agriculture, la météorologie et les applications énergétiques [8].

I.4.2 Gisement solaire de l'Algérie

De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde comme le montre la figure (I.3) :

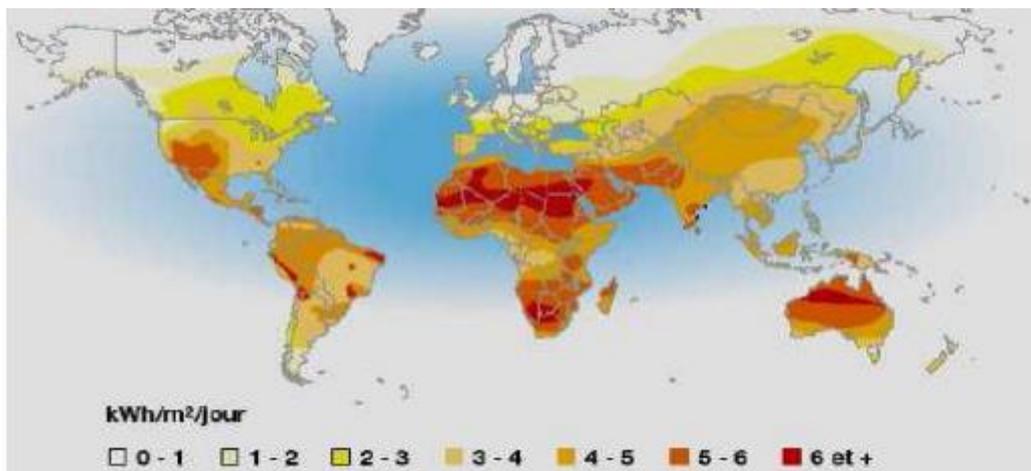


Figure I.3 : Moyenne annuelle d'ensoleillement du monde [9].

La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara). L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1m^2 est de l'ordre de 5 KWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 KWh/m^2 /an au Nord et 2263 kwh/m^2 /an au Sud du pays (Figure I.4). Au Sahara, ce potentiel peut constituer un facteur important de développement durable s'il est exploité de manière économique [9].

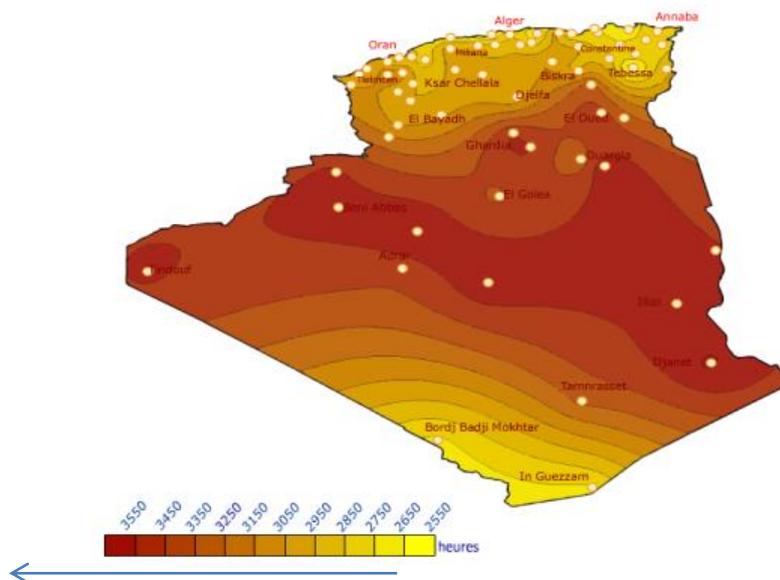


Figure I.4 : Carte de durée moyenne d’enseillement en Algérie [8]

La répartition du potentiel solaire par région climatique au niveau du territoire algérien est représentée dans le tableau (I.1) selon l’enseillement reçu annuellement.

Tableau I.1 : Potentiel solaire en Algérie [9]

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d’enseillement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (Kwh/m ² /an)	1700	1900	2650

I.5 Energie solaire photovoltaïque

L’énergie solaire photovoltaïque est l’une des énergies renouvelables la plus utilisée et la plus abondante sur terre. Elle consiste à convertir directement par un phénomène physique appelé effet photovoltaïque, le rayonnement électromagnétique (solaire ou autre) en électricité. C’est l’une des formes non polluantes et silencieuses de conversion de l’énergie solaire, elle se produit au moyen d’un dispositif de conversion appelé cellule photovoltaïque (PV).

I.6 Cellule photovoltaïque

I.6.1 Définition

La cellule PV ou photopile est un dispositif électronique capable de transformer l'énergie solaire (lumineuse) en énergie électrique par l'effet photovoltaïque. Elle est composée de matériaux semi-conducteurs, elle peut être conçue à base d'une homo-jonction ou d'une hétérojonction.

I.6.2 Structure d'une cellule solaire

Une cellule photovoltaïque est constituée généralement de plusieurs couches [6] :

- 1- D'une fine couche semi-conductrice (matériau possédant une bande interdite, qui joue le rôle de barrière d'énergie que les électrons ne peuvent franchir sans une excitation extérieure).
- 2- D'une couche antireflet permettant une pénétration maximale des rayons solaires,
- 3- D'une grille conductrice sur le dessus ou cathode et d'un métal conducteur sur le dessous ou anode,
- 4- Les plus récentes possèdent même une nouvelle combinaison de multicouches réfléchissants justes en dessous du semi-conducteur, permettant à la lumière de rebondir plus longtemps dans celui-ci pour améliorer le rendement.

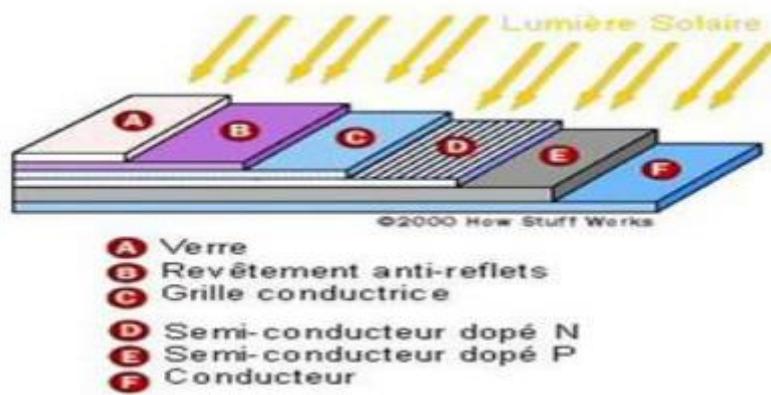


Figure I.5 : Structure basique d'une cellule solaire [6].

I.6.3 Principe de fonctionnement

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé effet photovoltaïque. L'effet photovoltaïque se manifeste quand un photon est absorbé dans un dispositif composé de semi-conducteurs dopés p (positif) et n (négatif), dénommé jonction **p-n** (ou **n-p**). Sous l'effet de ce dopage, un champ électrique est présent dans le matériau de manière permanente. Quand un photon incident (grain de lumière) interagit avec les électrons du matériau, il cède son énergie (**hν**) à l'électron qui se retrouve libéré de sa bande de valence et subit donc le champ électrique intrinsèque. Sous l'effet de ce champ, l'électron migre vers la face supérieure laissant place à un trou qui migre en direction inverse. Des électrodes placées sur les faces supérieure et inférieure permettent de récolter les électrons et de leur faire réaliser un travail électrique pour rejoindre le trou de la face antérieure, ainsi se crée un courant électrique.

I.6.4 Technologies de cellules solaires

Il existe essentiellement deux technologies de fabrication de cellules photovoltaïques : la production de cellules issues de plaques de silicium cristallin et les cellules obtenues directement par des procédés en couches minces. Généralement les technologies les plus répandues sont à base de silicium. On cite si dessous les types de cellules photovoltaïques les plus répandues.

I.6.4.1 Cellules à base de silicium monocristallin

Les cellules photovoltaïques en silicium monocristallin sont les photopiles de la première génération, elles sont fabriquées à base de silicium pur et constitués d'un seul cristal de silicium de grande taille. Elles présentent un rendement le plus élevé [18 à 24 %]. Ces cellules sont en général octogonales et d'une couleur uniforme foncée (bleu marine ou gris) [4] (figure I.6). Elles sont notamment recommandées dans les zones à fort ensoleillement [10]. Elles sont utilisées en extérieur pour les fortes et moyennes puissances (habitations, relais, télécommunications...).



Figure I.6 : Cellule PV au Silicium monocristallin [10]

I.6.4.2 Cellules poly-cristallines

Aujourd'hui, ce sont les cellules photovoltaïques les plus utilisées au monde pour la production électrique. Elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé sous forme de cristaux multiples. Les différentes orientations des cristaux sont visibles de près. Les cellules sont en général de forme rectangulaire et sont bleu nuit avec des reflets (aspect bleuté mosaïque) (Figure I.7). Elles offrent actuellement un meilleur compromis entre prix et performance [10] avec un rendement de 11 à 13 % (18% en Laboratoire) [4].

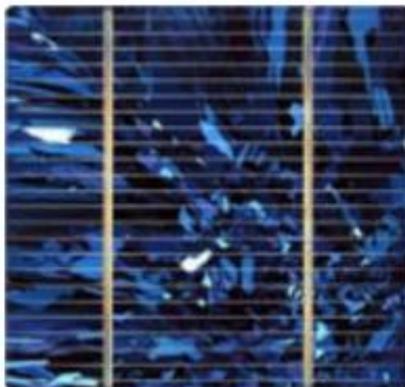


Figure I.7 : Cellule PV au Silicium poly-cristallin [10]

I.6.4.3 Cellules amorphes

Enfin, Ce type de cellules, sont adaptés aux régions à faible ensoleillement. Celui-ci, possède le moins bon rendement (5 à 7%). Ce type de silicium est moins cher que les siliciums cristallins, ils représentent aujourd'hui environ 10 % du marché des panneaux photovoltaïques. On les différencie grâce à leur couleur gris foncé uniforme [10].



Figure I.8 : Cellule PV au Silicium amorphe [10]

I.6.5 Paramètres électriques des cellules photovoltaïques

Les propriétés électriques de la cellule photovoltaïque sont synthétisées dans des graphes qu'on appelle caractéristique courant-tension et caractéristique puissance-tension (Figure I.9).

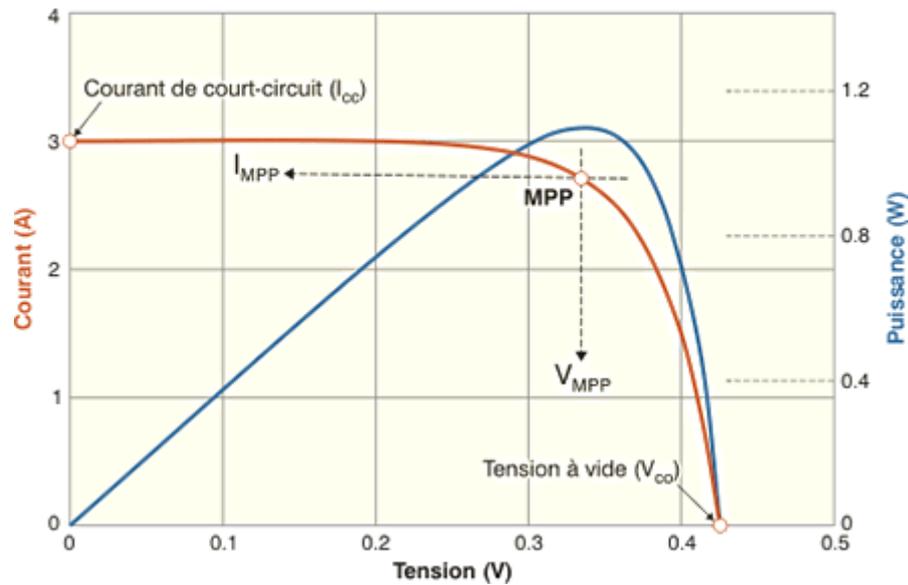


Figure I.9 : Caractéristique I(V) d'une cellule photovoltaïque [13]

I.6.5.1 Courant court-circuit I_{cc}

C'est le courant pour lequel la tension aux bornes de la cellule ou du générateur PV est nulle. Il croît linéairement avec l'intensité d'illumination de la cellule et dépend de la surface éclairée, de la longueur d'onde du rayonnement, de la mobilité des porteurs de charges et de la température [11, 12].

I.6.5.2 Tension en circuit ouvert V_{co}

La tension à circuit ouvert est obtenue lorsqu'aucun courant ne circule dans la cellule. Elle décroît avec la température et varie peu avec l'intensité lumineuse.

$$V_{co} = \frac{KT}{e} \ln \left(\frac{I_{cc}}{I_s} + 1 \right) \quad (I.2)$$

Avec : V_{co} : tension de circuit ouvert en Volt (V).

K : constante de Boltzmann ($K = 1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

T : Température de fonctionnement de la cellule (Kelvin).

e : Charge de l'électron ($e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C).

I_{cc} : courant de court-circuit en Ampère (A).

I_s : courant de saturation de la cellule en Ampère (A).

I.6.5.3 Puissance maximale P_{max}

C'est le point où le générateur travaille en rendement maximal et produit une puissance de sortie maximale. Elle correspond donc à la tension maximale multipliée par le courant maximum ($V_{mpp} \times I_{mpp}$) [14] qui représente **80 %** environ du produit ($V_{co} \times I_{cc}$)

$$P_{max} = V_{mpp} \times I_{mpp} \quad (I.3)$$

I.6.5.4 Facteur de forme FF

On appelle facteur de forme, le rapport entre la valeur maximale de la puissance pouvant être extraite P_{max} de la photopile sous les conditions de mesures standardisés, et le produit ($I_{cc} \times V_{co}$) où :

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{co} \times I_{cc}} = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{co} \times I_{cc}} \quad (I.4)$$

I.6.5.5 Rendement de conversion η

Il est défini comme étant le rapport entre la puissance électrique maximale fournie par la cellule P_{max} et la puissance solaire incidente. Il s'agit donc d'un pourcentage qui permet d'évaluer l'efficacité des cellules photovoltaïques.

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{solaire}} = \frac{P_{max}}{E \times S} \quad (I.5)$$

I.6.6 Influence de l'éclairement sur les caractéristiques électrique d'une cellule

Les figures (I.10) et (I.11) représente les courbes I(V) et P(V) pour différents niveaux de rayonnement à une température constante ($T= 25^{\circ}\text{C}$).

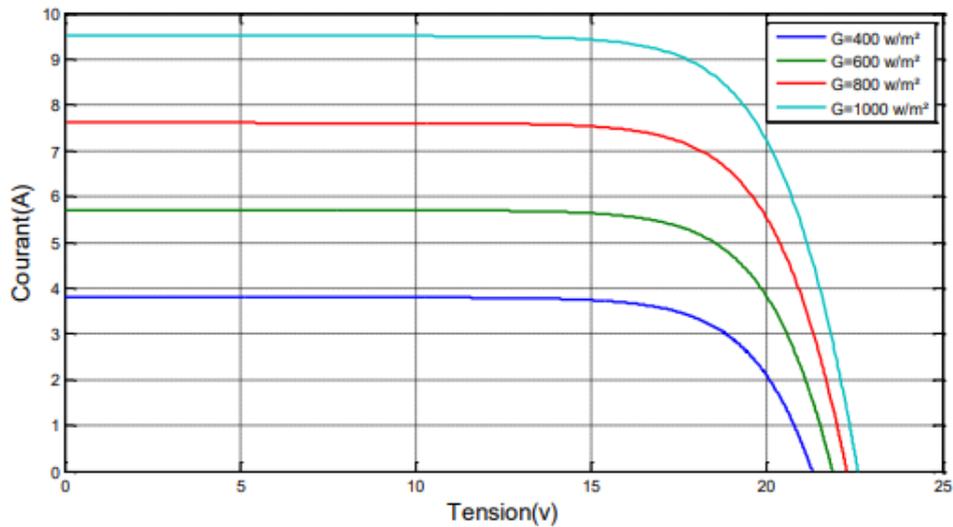


Figure I.10 : Influence de L'ensoleillement sur la caractéristique I(V) d'un module photovoltaïque[11].

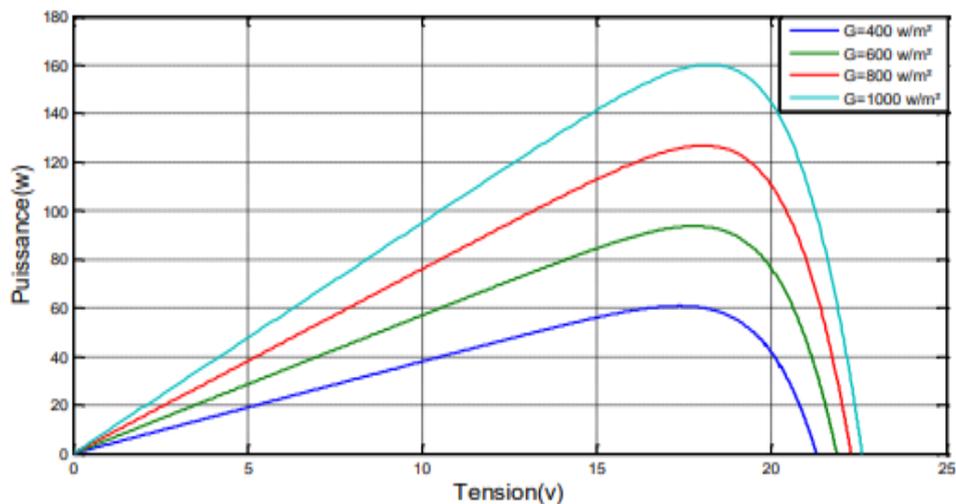


Figure I.11 : Influence de l'ensoleillement sur la caractéristique P(V) d'un module photovoltaïque[11].

Les fortes variations du niveau d'irradiation provoquent des variations relativement importantes du courant optimal, alors que les variations relatives de la tension optimale restent faibles. Ceci implique que la puissance optimale de la cellule (P_{\max}) est pratiquement

proportionnelle à l'éclairement et les points de puissance maximale se situent à peu près à la même tension.

I.6.7 Influence de la température sur les caractéristiques électrique d'une cellule

Les figures (I.12) et (I.13) représentent respectivement les courbes I(V) et P(V) pour différentes valeurs de températures à une irradiation constante.

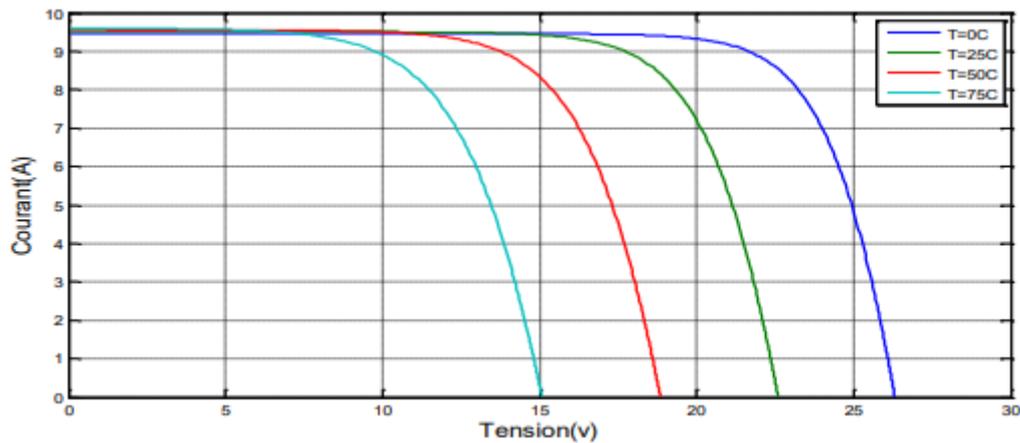


Figure I.12 : Influence de la température sur la caractéristique I(V) d'un module photovoltaïque [11]

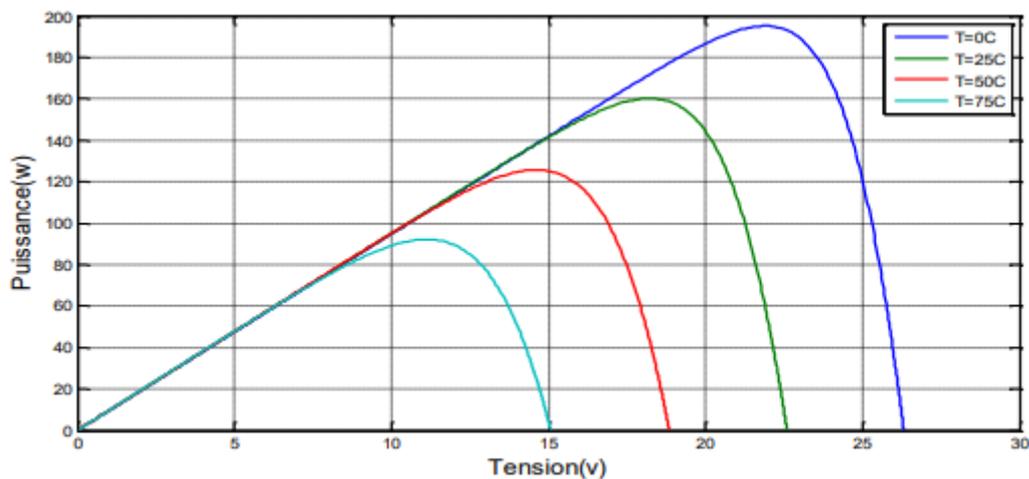


Figure I.13 : Influence de la température sur la caractéristique P(V) d'un module photovoltaïque [11].

On remarque que la température a un effet négligeable sur la valeur du courant de court-circuit. Par contre, la tension en circuit ouvert baisse assez fortement lorsque la température augmente. Par conséquent l'augmentation de la température se traduit aussi par une diminution de la puissance maximale disponible [11].

I.7 Module Photovoltaïque

Les puissances demandées par les charges couramment utilisées nécessitent des tensions supérieures à celles que peuvent fournir les cellules. Il faut donc envisager des groupements. Pour cela les cellules PV sont assemblées (série, parallèle ou mixte) pour former un module (figure I.14).

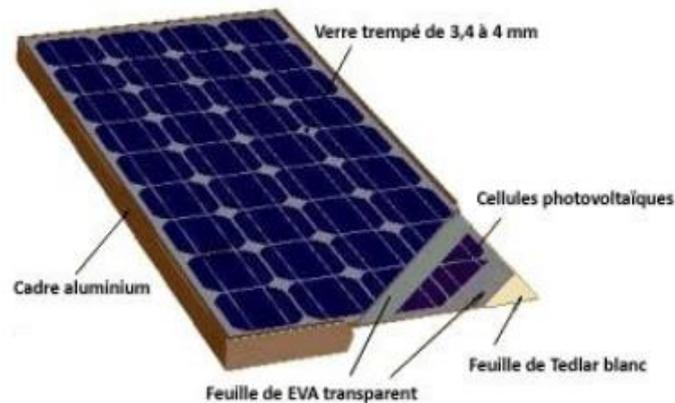


Figure I.14 : Module photovoltaïque [15]

Ces cellules sont protégées de l'humidité, la corrosion et du bris par encapsulation dans un polymère EVA (éthylène-vinyl- acétate) et protégé sur la surface avant d'un verre trempé à haute transmission et de bonne résistance mécanique, et sur la surface arrière de polyéthylène. Les modules sont généralement entourés d'un cadre rigide en aluminium anodisé comprenant des trous de fixation.

I.8 Panneau solaire photovoltaïque :

Le panneau solaire ou (champ solaire) se compose de modules photovoltaïques interconnectés en série et/ou en parallèle afin de produire la puissance requise. Ces modules sont montés sur une armature métallique qui permet de supporter le champ solaire avec un angle d'inclinaison spécifique [5].

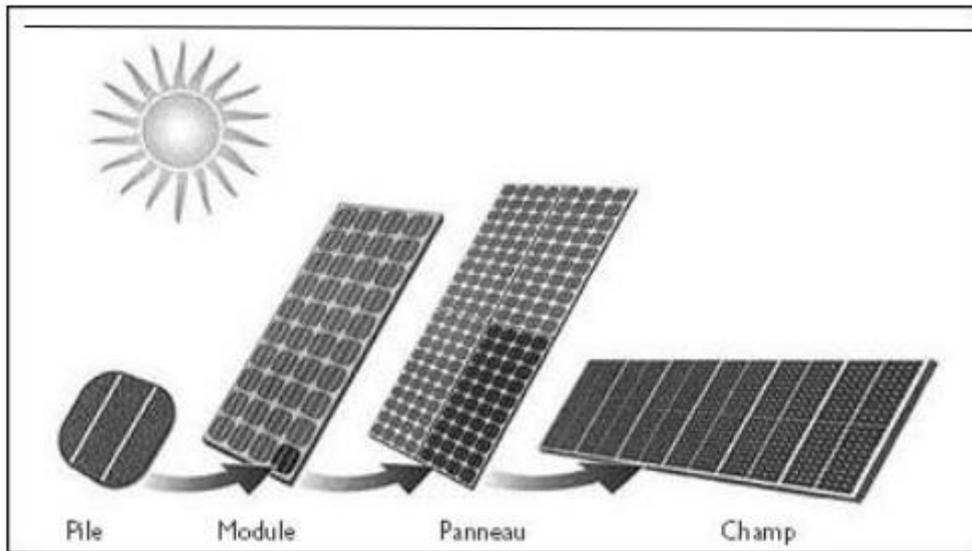


Figure I.15 : Composants d'un champ de modules PV [15].

I.9 Système photovoltaïque

Un système photovoltaïque est le regroupement de plusieurs composants (panneaux PV, convertisseurs, câbles, protections,... etc.) assurant la conversion et l'acheminement de l'énergie solaire sous forme d'électricité continue ou alternative jusqu'aux points d'utilisation ou de stockage [16]

Les systèmes photovoltaïques sont classés en trois types : autonomes, hybrides et reliés au réseau. Le type de systèmes dépend des besoins, de l'emplacement et du budget [17].

- Dans notre projet on s'intéresse à un système photovoltaïque autonome.

I.10 Système autonome

I.10.1 Définition

C'est un système photovoltaïque complètement indépendant d'autres sources d'énergie et qui alimente l'utilisateur en électricité sans être connecté au réseau électrique. Dans la majorité des cas, un système autonome exigera des batteries ou autre moyens de stockage pour stocker l'énergie afin d'assurer la fourniture à l'utilisateur continuellement et même durant les périodes de la non disponibilité de l'énergie solaire (par exemple les périodes nocturnes, les périodes non ensoleillées) [13]. Les systèmes PV autonomes servent

habituellement à alimenter les maisons, les chalets ou les camps dans les régions éloignées ainsi qu'à des applications comme la surveillance à distance et le pompage de l'eau [17].

II.10.2 Types de systèmes PV autonomes

a. Système autonome au fil du soleil

Les systèmes au fil du soleil sont des systèmes sans stockage. Ils exploitent directement l'énergie solaire sans aucune source d'appoint [18]. Ces systèmes sont simples mais leur inconvénient est la coupure de l'alimentation en absence du soleil.

b. Système autonome avec stockage

Les systèmes avec stockage sont des systèmes qui contiennent des moyens de stockage qui servent à alimenter les charges durant les périodes ayant un ensoleillement faible (passage des nuages, ...) ou une absence totale de l'ensoleillement (les nuits). Ils emmagasinent l'énergie durant la présence de l'excès d'énergie photovoltaïque et de la restituer durant les autres périodes d'insuffisance d'énergie.

II.10.3 Eléments du Système photovoltaïque autonome

Le système PV autonome se compose de quatre éléments principaux :

- Un générateur PV ;
- Un système de stockage ;
- Un système de régulation de charge ;
- Un système de conversion.

II.11 Orientation et inclinaison des panneaux solaire

II.11.1 Choix de l'orientation des modules PV

Les modules photovoltaïques sont orientés généralement plein sud pour les sites de l'hémisphère Nord, et plein Nord pour les sites de l'hémisphère Sud. L'utilisation d'une boussole est fortement recommandée pour éviter toute approximation qui risquerait d'introduire une perte de puissance consécutive à une mauvaise orientation [19].

II.11.2 Choix de l'inclinaison des modules PV

Pour que les modules PV produisent un maximum d'énergie, il faut que leur surface soit perpendiculaire aux rayons solaires. On doit donc incliner les modules PV pour qu'ils soient face au soleil. La valeur d'inclinaison correspond à l'angle que font les modules avec l'horizontal [19].

Le rendement d'un module PV dépend de l'orientation de ce dernier par rapport au rayonnement solaire. Pour garder le rendement constant du module PV considéré, ces paramètres d'orientation doivent être ajustés tout au long de la journée d'où la nécessité de la poursuite du soleil et donc d'un suiveur solaire [19].

I.12 Suiveur solaire

Un suiveur de Soleil (traquer solaire) est une installation de production d'énergie solaire utilisant le principe de l'héliostat [10]. Une telle installation permet d'orienter les panneaux solaires en fonction de la course du soleil afin d'en augmenter la productivité et le rendement. Selon les saisons et les heures de la journée, la position du soleil varie.

L'utilisation d'un suiveur solaire permet de positionner en permanence les panneaux solaires selon la meilleure inclinaison possible, généralement perpendiculaire au soleil, afin qu'ils soient exposés au maximum [20].

I.13 Types de suiveurs solaires

On peut classer les suiveurs solaires 'trackers solaires' selon deux critères à savoir : la stratégie de mise en mouvement (commande) et le degré de liberté du suiveur (figure I.16).

Selon la stratégie de commande, on peut classer les suiveurs en suiveurs à base active et passive. Les suiveurs à base active peuvent être classés à leur tour en suiveurs commandés en boucle ouverte et fermée [21].

Selon le degré de liberté du suiveur, on peut trouver dans cette catégorie, les suiveurs à un axe de rotation et les suiveurs à deux axes [21].

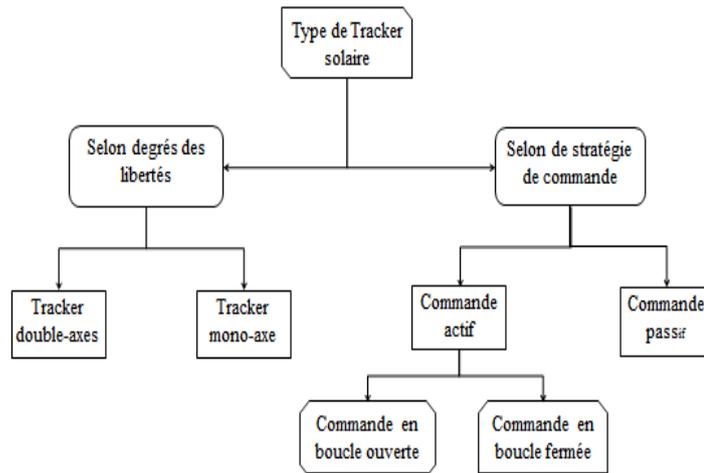


Figure I.16 : Classification des suiveurs solaires [21].

I.13.1 Type de suiveurs solaires selon de stratégie de commande

I.13.1.1 Suiveurs solaires passifs

Le premier type des suiveurs passifs est constitué dans son architecture de deux tubes en cuivre montés sur les côtés Est et Ouest du panneau PV. Le tube en cuivre est rempli de fluide chimique capable de se vaporiser à basse température. En effet, lors de l'exposition au soleil, la température d'un côté du panneau solaire augmente, ce qui conduit à la vaporisation du fluide dans le tube en cuivre. La partie du fluide vaporisé occupe ainsi, un plus grand volume interne, et sa partie liquide est décalée vers le côté ombragé. Cette opération de transfert de masse ajuste l'équilibre du panneau PV en le faisant tourner vers la source des rayons solaires. Ce type de suiveur ne consomme aucune énergie pour le repositionnement du panneau [21].

I.13.1.2 Suiveurs solaires actifs

Les suiveurs solaires actifs utilisent le principe de la détection de lumière, suivant la trajectoire solaire en cherchant à optimiser au maximum l'angle d'incidence du rayonnement solaire sur leur surface. L'avantage de ces derniers par rapports aux suiveurs passifs c'est qu'ils représentent une meilleure précision de suivi et ne nécessitent aucune intervention manuelle pour les ajuster [22].

a- Suiveurs en boucle ouverte

Les suiveurs en boucle ouverte déterminent la position du soleil en utilisant des algorithmes commandés par ordinateurs ou par des systèmes de synchronisation. Elles n'emploient aucune sensibilisation mais déterminent la position du soleil par des données pré enregistrées (la latitude, la longitude du site, la date du jour et l'heure) pour un emplacement particulier [21].

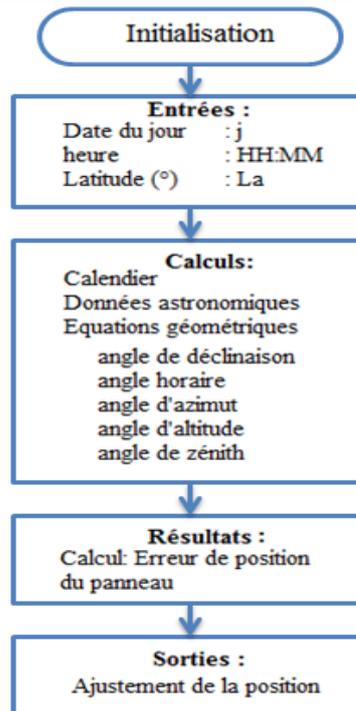


Figure I.17 : Stratégie de la commande en boucle ouverte [20].

b- Suiveurs en boucle fermé

Les suiveurs en boucle fermée se basent sur le principe de la détection de la lumière dans le ciel, et ainsi, suivre instantanément la trajectoire du soleil en utilisant des capteurs de lumière, des photocellules. Leur principe de fonctionnement est basé sur la différence de potentiel reçue par chaque capteur de lumière [21].

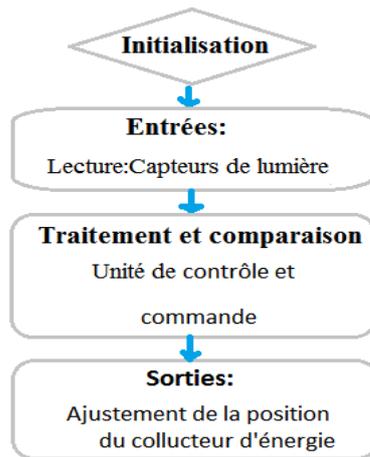
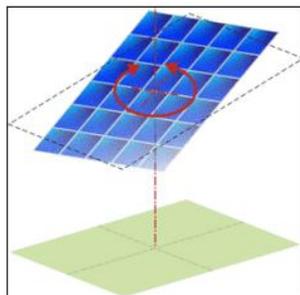


Figure I.18 : Stratégie de la commande en boucle fermée [21].

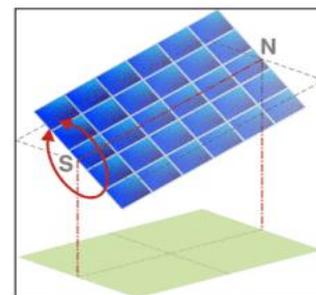
I.13.2 Types de suiveur solaires selon les degrés de liberté

I.13.2.1 Suiveur solaire mono-axe

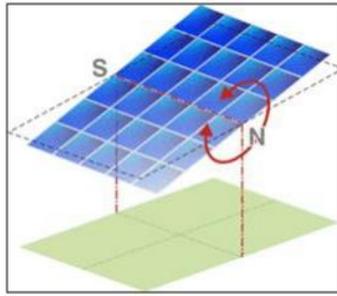
Il permet une rotation selon l'axe d'azimut seulement, c'est-à-dire d'est en ouest, l'angle d'inclinaison du panneau est fixe. Il est placé selon l'angle le plus propice à recevoir un maximum de rayons de soleil, il est le plus souvent utilisé en raison de sa simplicité [20]. Ce type comporte plusieurs architectures :



a- Suiveur solaire simple longitudinal verticale



b- Suiveur solaire simple axe



c- Suiveur solaire simple axe transversal

Figure I.19 : Différentes architectures de suiveur mono-axe [19].

I.13.2.2 Suiveurs solaires à double axes

Ce type de suiveur solaire utilise deux moteurs pour avoir une rotation à deux axes (figure I.20). Le premier assure la rotation en azimut (d'est en ouest, à mesure de l'avancée de la journée) et l'autre l'inclinaison des capteurs (selon la saison et l'avancée du jour) [19]

Ce type de système fournit de meilleures performances, et est généralement employé pour commander les télescopes astronomiques [20].

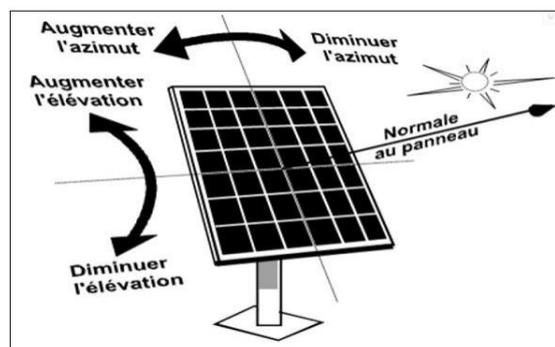


Figure I.20 : Suiveur solaire double axe [20]

I.14 Intérêt de système du suivi solaire

- Les systèmes de suivi 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%.
- La surface du parc solaire est réduite tout en gardant le même potentiel.

- Les progrès de la technologie et de la fiabilité des composants électroniques et mécaniques ont considérablement réduit les problèmes de maintenance à long terme des suiveurs solaires.
- Le temps de retour sur investissement est réduit (amortissement du système en 4 ans (en moyenne)).
- Exploitation optimale du rayonnement solaire même en présence des nuages.
- Gain intéressant, notamment aux heures de la journée les moins ensoleillées.
- Simplicité de mise en œuvre.

I.15 Application du photovoltaïque

L'énergie photovoltaïque est exploitée dans une large gamme d'applications [23] :

- L'éclairage domestique et public ;
- Éléments de signalisation ;
- Télécommunications ;
- Électrification des sites isolés ;
- Exploitations agricoles et d'élevage ;
- Conservation de vaccins et éclairage des centres de santé ;
- Pompage.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur le domaine photovoltaïque. On a commencé par donner l'essentiel sur les cellules solaires. La liaison de ces cellules (série et/ou parallèle) a été également traitée. Cette liaison constitue le module photovoltaïque ; alors que la liaison de ces modules aboutit au panneau ou générateur photovoltaïque. Nous avons vu aussi les caractéristiques courant-tension. De même, nous avons donné un aperçu sur le système de suivi solaire ainsi que son intérêt par rapport au système fixe.

Chapitre II : Dimensionnement et description des éléments de projet

II.1 Introduction

Ce projet est représenté par la réalisation d'un dispositif photovoltaïque autonome de chargement de batterie à partir d'un panneau solaire intelligent, qui suit le mouvement du soleil pendant la journée. Ce système assure la continuité des radiations solaires et donc, il assure correctement la charge de batterie de système PV.

Ce chapitre est divisé en trois parties. Au début, nous présentons le site d'expérimentation. Ensuite nous exposons le dimensionnement détaillé de notre système photovoltaïque autonome. Enfin, nous consacrons la dernière partie pour l'implémentation matérielle d'un traqueur solaire.

II.2 Site d'expérimentation

II.2.1 Situation géographique de la région d'étude

La wilaya de Jijel fait partie du Sahel littoral de l'Algérie. Elle est située au Nord-Est du entre les latitudes $36^{\circ} 10$ et $36^{\circ} 50$ Nord et les longitudes $5^{\circ} 25$ et $6^{\circ} 30$ Est. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la wilaya de Mila, au Sud - Est par la wilaya de Constantine et au Sud - Ouest par la wilaya de Sétif. La wilaya de Skikda délimite la frontière Est, et la wilaya de Bejaia borde la frontière Ouest. La wilaya de Jijel s'étant sur une superficie de 2.398,69 Km² [24].

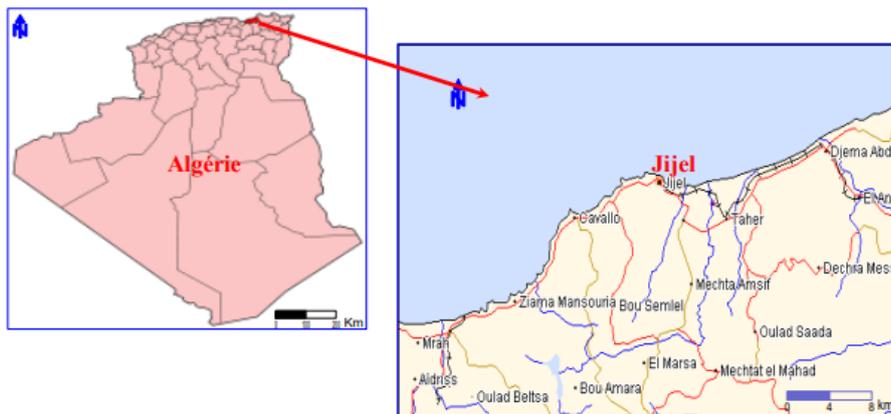


Figure II.1 : Situation géographique de la wilaya de Jijel [24].

II.2.2 Durée d'insolation

Elle traduit la durée pendant laquelle le soleil éclaire le dispositif cible, exprimée en heure. À Jijel, il y a une moyenne 2675 heure de soleil par an. Avec un maximum enregistré au mois de juillet 350 h et un minimum de 135 h enregistré à décembre [25].

II.2.3 Irradiation solaire

La source de notre système étant le soleil, donc il est important d'avoir un profil d'irradiation solaire du site au cours de l'année [26].

La période la plus lumineuse de l'année dure 3,4 mois, du 7 mai au 19 août, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré supérieur à 6,7 kWh. Le mois de l'année le plus lumineux à Jijel est juillet, avec une moyenne de 7,7 kWh [26].

La période la plus sombre de l'année dure 3,4 mois, du 31 octobre au 12 février, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré inférieur à 3,4 kWh. Le mois de l'année le plus sombre à Jijel est décembre, avec une moyenne de 2,3 kWh [26].

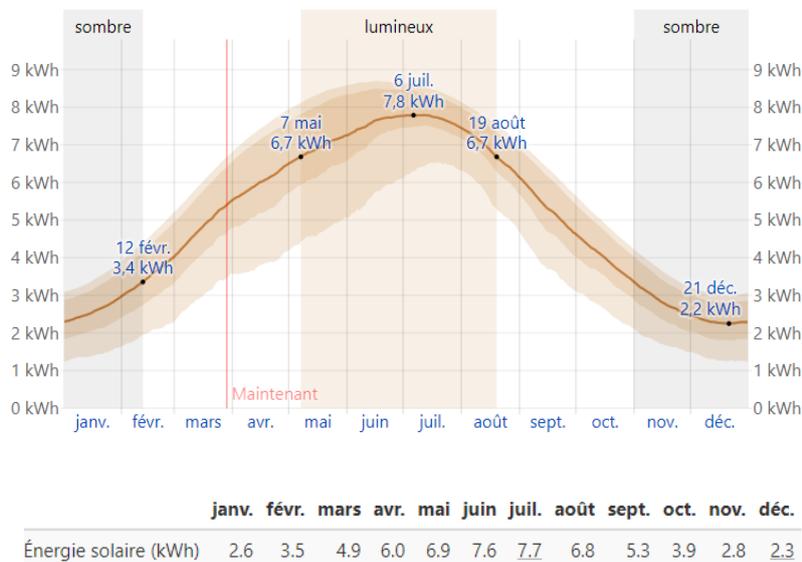


Figure II.2 : Rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidien moyen à Jijel [26].

II.2.4 Nombre de jours d'autonomie

Il représente le nombre de jours nuageux pendant lesquels le soleil est absent (ensoleillement très défavorable). Cela dépend directement de la météo de lieu. Pour une

utilisation normale en pays tempérés (cas de Jijel) on peut admettre une autonomie de cinq à huit jours.

II.3 Dimensionnement d'un système PV

II.3.1 Evaluation des besoins (étape1)

Il s'agit d'estimer la consommation électrique journalière (ou besoin journalier exprimé en Wh/j ou en Ah/j) d'un téléphone portable de type (realme C3) totalement déchargé. Elle est donnée par le produit de la puissance nominale de ce téléphone en Watt (W) et le nombre d'heure d'utilisation par jour.

Tableau II.1 : Consommation en énergie d'un téléphone portable type Realme C3.

Appareil	Nombre	Puissance (W)	Durée d'utilisation (h)	Consommation journalière (Wh/j)
Téléphone Portable (Realme C3)	1	10	3	30

II.3.2 Energie solaire récupérable (étape2)

Avant toute installation pratique, il est fortement nécessaire de définir et de bien choisir l'orientation et l'inclinaison des panneaux afin qu'ils puissent recevoir le maximum de rayonnement solaire et délivrer à leur tour un maximum de puissance

II.3.3 Définition des modules photovoltaïque (étape3)

a. Calcul de la puissance crête PC

$$P_C = \frac{E_C}{N \cdot C_p} \quad (\text{II.1})$$

P_C : la puissance crête de générateur photovoltaïque (WC)

E_C : l'énergie journalière consommée (Wh).

N : nombre d'heure équivalent et on appelle aussi le nombre d'heure d'exposition aux conditions standard STC (1000 W/m² à 25°C). Il est égale à l'énergie fournie par le soleil en KWh /m2/j.

➤ à Jijel, le soleil fourni 4.563 kWh/m²/j.

Cp : constant des pertes d'énergie (0.65- 0.75).

$$\mathbf{A.N : } P_c = \frac{EC}{N \cdot Cp} = \frac{30}{4.563 \times 0.75} = 8.766 \text{ Wc.} \quad \mathbf{(II.2)}$$

Avec : Ec=30 Wh ; Cp =0.75 ; N= 4.563 kw/m² /j.

b. Choix de la tension de système

La tension de système dépend de la puissance crête Pc. De façon générale, le tableau suivant donne la valeur de la tension du système photovoltaïque en fonction de la puissance crête [27].

Tableau II.2 : Choix de tension de système.

Puissance crête (Wc)	Pc < 500 Wc	500 < Pc < 2KWc	Pc ≥ 2 KWc
Tension du système (V)	12	24	48

➤ A partir de ces données, la tension de notre système est :

V_{sys} = 12V ; (Pc < 500 wc).

c. Choix de type de module

Il existe trois types des modules (mono cristallin, poly cristallin et amorphe). On choisit ce qui est disponible sur le marché.

II.3.4 Dimensionnement de la batterie (étape4)

a. Calcul de la capacité de la batterie

La capacité de la batterie est dimensionnée de telle sorte à pouvoir assurer suffisamment d'énergie au équipement pendant toute la durée de l'autonomie prévue (Nja) et ce sans

franchir la profondeur de décharge maximale des batteries (Pd). La capacité de la batterie, exprimée en Ampère-heure (Ah), est donnée par la relation suivante.

$$Ct = \frac{Ec \times Nja}{V_{sys} \times Pd} \quad (\text{II.3})$$

Ct : Capacité totale des batteries en (Ah).

Ec : Energie journalière consommée (Wh).

Nja : Nombre de jour d'autonomie.

Vsys : Tension de système (v).

Pd : Profondeur de décharge de la batterie.

$$\text{A.N: } Ct = \frac{Ec \times Nja}{V_{sys} \times Pd} = \frac{30 \times 7}{12 \times 0.8} = 21.875 \text{ Ah} \quad (\text{II.4})$$

Avec : Ec= 30 Wh ; Nja = 7 jour ; Vsys = 12 v ; Pd= 0.8

b. Choix de technologie

Le choix d'une batterie bonne repose essentiellement sur les paramètres suivants :

- L'entretien.
- le coût.
- la disponibilité sur le marché.
- la durée de vie.
- Le recyclage.

II.3.5 Dimensionnement du régulateur (étape5)

La puissance nominale de régulateur doit être supérieure à La puissance maximale de générateur photovoltaïque [27].

$$P_{\text{Régulateur}} \geq 1.5 \times Pc \quad (\text{II.5})$$

La tension maximale admissible de régulateur doit être supérieure à La tension à vide de générateur photovoltaïque [27].

$$V_{\text{entré rég}} \geq 1.5 \times V_{co} \quad (\text{II.6})$$

Le courant d'entrée de régulateur doit être supérieur au courant de sortie de générateur photovoltaïque [27].

$$I_{\text{entré rég}} \geq 1.5 \times I_{\text{cc}} \quad (\text{II.7})$$

1.5 : est un coefficient de sécurité 20% pour tenir compte de l'influence de la température ambiante [27].

II.4. Description du système de suiveur solaire

On a choisi un système de poursuite active double axial pour assurer un suivi complet de la course soleil (en azimut et en zénith).

II.4.1 Schéma synoptique et principe générale de système de poursuite

La figure (II.3) présente le schéma synoptique général de notre réalisation. Il est constitué de deux parties : la partie commande et la partie opérative : la partie commande comporte un microcontrôleur Arduino ATmega 328, la partie opérative comporte deux servomoteurs l'un assure le mouvement horizontale du module par la variation des tensions délivrer par deux photorésistance (LDR Est, LDR Ouest) et l'autre assure le mouvement verticale par la variation des tensions délivrer par deux photorésistances (LDR Nord, LDR Sud) .

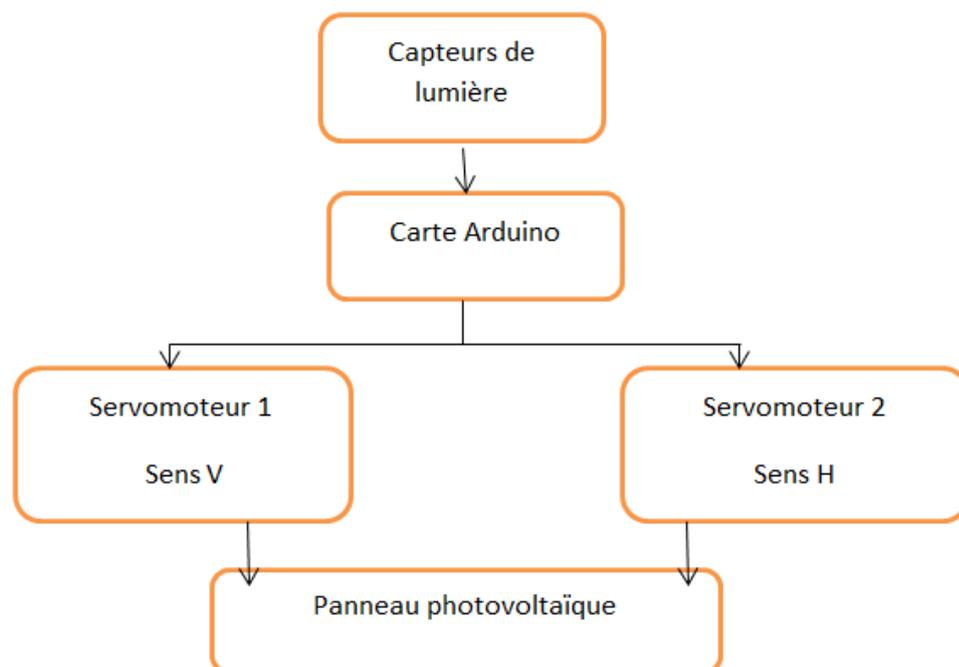


Figure II.3 : Schéma synoptique de suiveur solaire.

Ce système est basé sur la comparaison de tensions délivrées par les quatre capteurs photorésistance et qui sont envoyés sous forme d'un signal électrique vers la carte Arduino pour traitement. Elles vont être converties dans cette dernière, en valeurs numérique à traiter afin de gérer la commande des deux moteurs qui auront pour rôle de rétablir la position du panneau photovoltaïque face au rayonnement solaire afin d'obtenir un grand rendement.

II.4.2 Description des composants électroniques utilisés

a. Capteurs de lumière

Le capteur qu'on a utilisé c'est la photorésistance (Figure II.4) ou **LDR** (**L**ight **D**ependant **R**esistor ou Résistance Dépendant de la Lumière). C'est un composant électronique, dont la valeur en Ohm, dépend de la lumière à laquelle il est exposé (lumière incidente). En effet sa résistance varie en fonction du flux lumineux incident, elle est inversement proportionnelle à la lumière reçu. Le choix s'est porté sur cette dernière vu que son temps de réponse est beaucoup plus court par rapport à la photodiode [19].

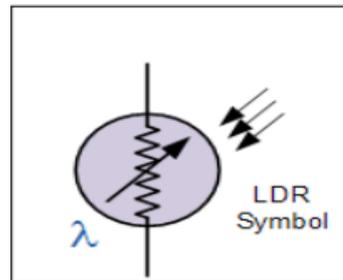
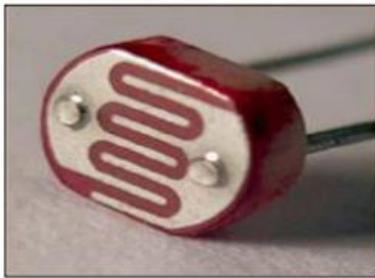


Figure II.4 : Photorésistance LDR [19]

Figure II.5 : Symbole d'une photorésistance [19]

- Circuit équivalent de la photorésistance :

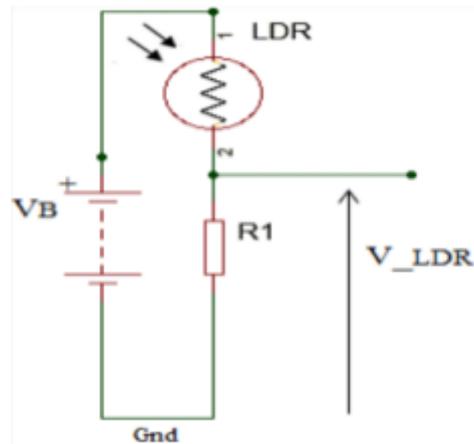


Figure II.6 : Circuit équivalent de la photorésistance LDR [19].

La tension délivrée par le capteur LDR est donnée par la relation suivante :

$$V_{LDR} = V_B \times \frac{R_1}{R_1 + R_{LDR}} \quad \text{(II.8)}$$

Dont : V_B : Tension de batterie (V).

R_{LDR} : Résistance de la LDR (Ω).

Un système de poursuite biaxial nécessite quatre photorésistances distribuées selon les quatre points cardinaux tels que c'est présenté dans la figure (II.7).

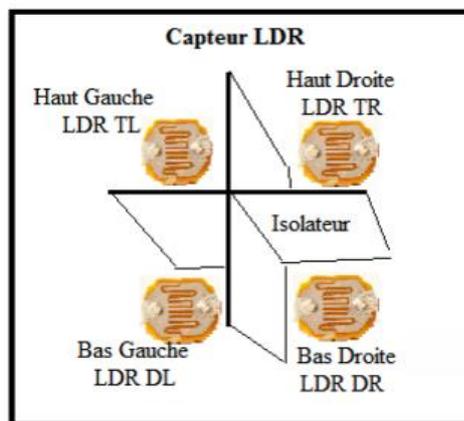


Figure II.7 : Schéma de prototype des quatre capteurs [19].

b. Résistances

Quatre résistances de 1 K Ω sont utilisées afin de protéger les entrées de la carte d'interface.



Figure II.8 : Résistance 1k.

c. Circuit de commande

Le circuit de commande de notre système est basé complètement sur la carte arduino. L'avantage de ce circuit programmable est de simplifier les schémas électroniques et par conséquent réduire l'utilisation de composant électronique. Pour notre projet, on utilise la carte programmable Arduino Uno [19].

1. Présentation de l'Arduino

Arduino est une plateforme électronique open source accompagnée d'un matériel (hardware) et d'un logiciel (software) pour concevoir, développer et tester des prototypes et produits électroniques complexes [19].

Le hardware se compose principalement d'une carte Arduino et le software se compose d'un environnement de programmation unique regroupant éditeur de code, compilation de debug, un langage de C/C++ compatible avec d'autre source et des bibliothèques de code open source permettant d'étendre les fonctionnalités du microcontrôleur [19].

2. Définition de la carte Arduino

Une carte Arduino est une petite carte électronique plane, flexible ou rigide, généralement composé d'Epoxy ou de fibre de verre. Elle possède des pistes électriques disposées sur une, deux ou plusieurs couches (en surface et /ou en interne) qui permettent la mise en relation électrique des composants électroniques. Chaque piste relie tel composant à tel autre. Cette carte est équipée d'un microcontrôleur. Le microcontrôleur permet à partir

d'évènements détectés par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs : la carte Arduino est donc une interface programmable [19].

3. Présentation de la carte Arduino

La carte Arduino (Figure II.9) comporte plusieurs composantes électroniques et chacun d'eux a un rôle différent de l'autre [19] :

- Connecteur d'alimentation de l'Arduino : permet de brancher une alimentation de tension entre (9 à 12).
- Port USB (universal serial bus): permet d'alimenter la carte en énergie électrique et de téléviser encore le programme dans la carte.
- Bouton reset : pour réinitialiser le programme à zéro.
- Sortie d'alimentation : pour alimenter des divers montages de faible puissance comme des capteurs (0 à 5V) par exemple.
- Entrés analogiques : permet de brancher des capteurs et des détecteurs analogiques
- Microcontrôleur : son rôle est de stocker et l'exécuter le programme.
- Entrés et sorties numériques : permet de brancher des actionneurs et des détecteurs.
- Port série numérique (entrés / sorties) : pour supprimer une entrée/ sortie numérique si utilisé.

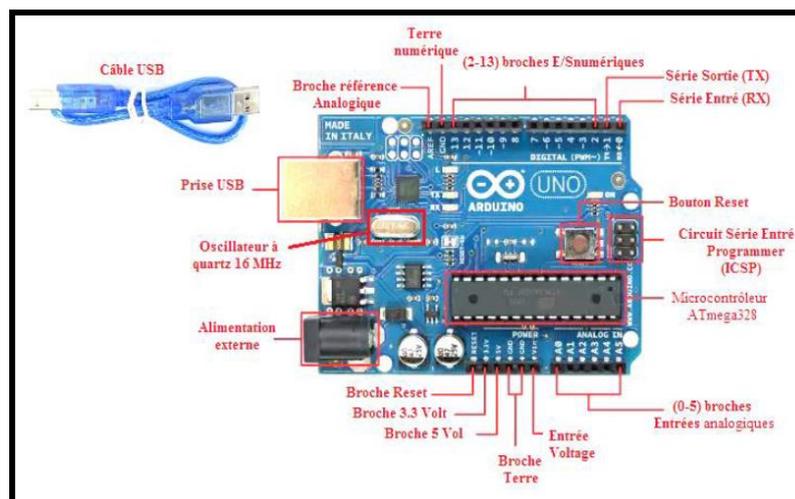


Figure II.9 : Carte ARDUINO UNO R3[19].

4. Caractéristiques techniques de l'Arduino UNO

Les caractéristiques techniques de l'Arduino UNO sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.3 : Caractéristiques techniques de l'Arduino UNO [19].

Eléments	Caractéristiques
Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandé)	7-12V
Tension d'alimentation (limite)	6-20V
Broche E/S numériques	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)
Broche d'entrée analogique	6 (utilisable en broches E/S numérique)
Intensité Maxi disponible par broche E/S (5V)	40Ma
Intensité Maxi disponible pour la sortie 3,3V	50Ma
Mémoire programme flash	32 KB (ATmega328) dont 0,5 sont utilisés par le boot loader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 KB (ATmega 328)
Mémoire EEPROM (mémoire non volatil)	1KB (ATmega 328)
Vitesse d'horloge	16 MHz

5. Accessoires d'Arduino

Dans ce projet on a utilisé quelques accessoires d'Arduino : le câble USB, fils de pin et la plaque d'essai [19].

- **Câble USB** : il permet à la fois d'alimenter un projet Arduino, de programmer la carte (via Arduino IDE) mais aussi d'utiliser le moniteur série (figure II.10).



Figure II.10 : Câble USB type A/B (Arduino UNO) [19].

- **Fils de pins** : Il existe trois types de ces fils {type :(mal/mal), type :(mal/femelle) et le type :(femelle/femelle)} qui sont utilisés pour brancher et connecter la carte Arduino avec d'autres pièces à l'aide d'une plaque d'essai pour les tests. (Figure II.11)



Figure II.11 : Fils de pin d'Arduino de différents types [19].

- **Plaque d'essai** : C'est un dispositif qui permet de réaliser le prototype d'un circuit électronique. Elle est utilisée dans la plupart des expériences d'Arduino et en électronique en générale. (Figure II.12)

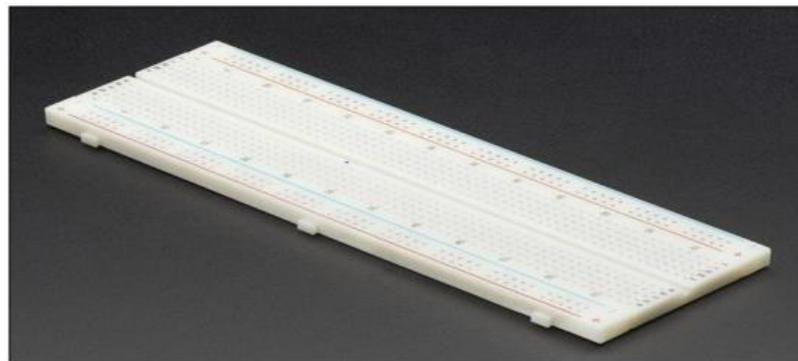


Figure II.12 : Plaque d'essai [19].

d. Servomoteur

Un servomoteur est un système qui a pour but de produire un mouvement précis en réponse à une commande externe, c'est un actionneur (système produit une action) qui mélange l'électronique, la mécanique et l'automatique (Figure II.13). Un servomoteur peut tourner avec une liberté d'environ 180° et garder de manière relativement précise l'angle de rotation que l'on souhaite obtenir [19]. Il est composé de deux parties :

La première partie qui contient des éléments visibles :

- Les fils qui sont en nombre de trois : (marron : la masse ; Rouge : VCC ; Jaune : signal de commande)



Figure II.13 : Câble servomoteur [10].

- L'axe de rotation sur lequel est monté un accessoire en plastique ou en métal ;
- Le boîtier qui le protège.

Et la deuxième partie qui contient les éléments invisibles :

- Un potentiomètre, pour contrôler la position de l'axe du moteur ;
- Un axe dépassant hors du boîtier avec différents bras ou roues de fixation ;
- Un moteur à courant continu (CC) souvent de petite taille. ;
- Une carte électronique d'asservissement ;
- Un réducteur de vitesse.



Figure II.14 : Servomoteur SG90 [19].

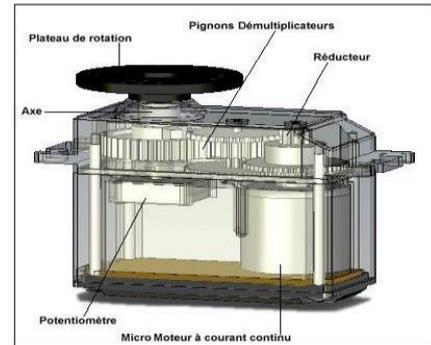


Figure II.15: Différents composant d'un servomoteur [19].

- **Principe de fonctionnement du servomoteur**

Les servomoteurs sont commandés par l'intermédiaire d'un câble électrique qui leurs transmet des consignes de position sous forme d'un signal codé en largeurs d'impulsions communément appelé PWM. Cela signifie que c'est la durée des impulsions qui détermine l'angle absolu de l'axe de sortie et donc la position de bras de commande du servomoteur. En effet, un petit circuit électronique permet de contrôler le moteur à courant continu en fonction de la position d'un potentiomètre intégré au servomoteur. La sortie du moteur à courant continu est reliée mécaniquement à une série d'engrenages qui augmente la force (le couple) du servomoteur en réduisant la vitesse de rotation de celui-ci.

Quand le moteur tourne, les engrenages s'animent, le bras bouge et entraine avec lui le potentiomètre. Le circuit électronique ajuste continuellement la vitesse du moteur pour que le potentiomètre (et par extension le bras) reste toujours au même endroit [21].

e. Afficheur LCD (2 ×16)

1. Définition

Un afficheur à cristaux liquides, autrement appelé afficheur LCD (Liquid Crystal Display), est un type d'écran utilisé dans nombreux ordinateurs, téléviseurs, appareils photo numérique, tablettes et téléphone cellulaires. Les écrans LCD sont très minces, mais sont réellement composés de plusieurs couches. Ces couches comprennent deux panneaux polarisés, avec une solution de cristaux liquides entre eux. La lumière est projetée à travers la couche de cristaux liquides et est colorée, ce qui produit l'image visible [19].

Plusieurs afficheur sont disponible sur le marché et diffèrent les unes des autres, non seulement par leur dimensions, (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), mais aussi par leurs

caractéristiques techniques et leur tension de service. Certains sont dotés d'un rétro-éclairage de l'affichage. Cette fonction fait appel à des LED montées derrière l'écran du module, cependant, cet éclairage est gourmand en intensité (de 80 à 250 mA) [19].

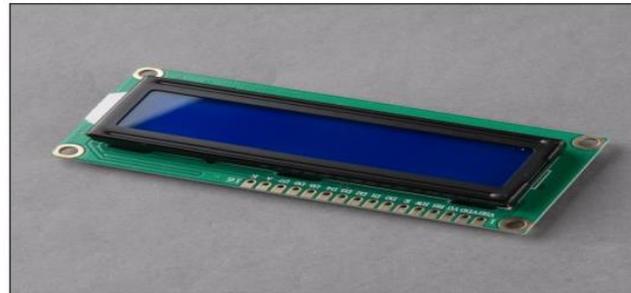


Figure II.16 : Afficheur LCD [19].

Dans notre travail, nous avons utilisé un afficheur LCD (Figure II.16) de dimensions (2×16) pour afficher la position des deux servomoteurs (servo1 et servo2) et donc la position de panneau solaire (inclinaison et orientation).

2. Connecteur de l'afficheur LCD (2 ×16)

L'afficheur (2 ×16) possède un connecteur de 16 broches situés en haut et à gauche de l'écran. Ce connecteur véhicule plusieurs signaux dont une partie forme un bus de communication parallèle 4 ou 8 bits selon la configuration choisie ainsi que les signaux permettant de contrôler la communication entre l'Arduino et l'écran. La figure (II.17) ci-dessous donne la nomenclature des broches de ce connecteur [19].

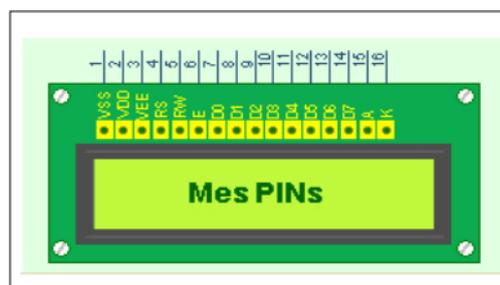


Figure II.17 : Broches d'afficheur LCD (2 ×16) [19].

Le rôle de ces broches est donné dans le tableau ci- dessous:

Tableau II.4 : Rôles des différentes branches de l'afficheur LCD (2 ×16) [19].

N°	Nom	Rôle
1	VSS	Masse
2	VDD	+5V
3	V0	Réglage de contraste
4	RS	Sélection de registre (commande ou donnée)
5	R/W	Lecture ou écriture
6	E	Entrée de validation
7 à 14	D0 à D7	Bits de données
15	A	Anode du rétro éclairage (+5V)
17	K	Cathode du rétro éclairage (la masse)

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents éléments constituant le système d'installation photovoltaïque autonome. Ainsi, le dimensionnement de chaque élément. De même, nous avons réservé une autre partie pour la description de système de poursuite de soleil commandé par une carte Arduino.

Chapitre III : Implémentation et réalisation pratique

III.1 Introduction

Après avoir décrit la partie théorique de notre système, nous abordons la partie la plus importante du mémoire qui est la conception et la réalisation du prototype.

III.2 Réalisation du montage

La réalisation de notre projet consiste à le diviser en deux parties essentielles, à savoir le montage suiveur de soleil en premier lieu, puis le montage de charge de batteries destiné à la charge des smartphones via le panneau solaire.

III.2.1 Réalisation d'un système suiveur

Notre réalisation se décompose en quatre parties principales :

- La programmation du suiveur sous Arduino C.
- La simulation du montage adéquat sous PROTEUS.
- Le montage électronique sur plaque d'essai.
- L'assemblage de la partie mécanique.

Donc, le bon fonctionnement de notre système se base essentiellement sur l'ensemble de ces différentes parties.

III.2.1.1 Partie programmation

a. Organigramme de fonctionnement

Avant de passer à la programmation nous avons établi un organigramme qui possède l'avantage d'être plus clair et sert à montrer la logique de déroulement du programme. Chaque action est symbolisée par un rectangle et chaque test est symbolisé par un losange comme représenté dans la figure (III.1). L'organigramme est constitué de plusieurs actions :

Action1 : Déclaration des différentes variables utilisées

Nous déclarons dans cette première étape les différentes variables concernant les deux servomoteurs et leurs différentes positions, les photorésistances LDR utilisés dans notre

réalisation, en s'appuyant encore à autres variables permettant le déroulement de notre programme.

Action 2 : Acquisition des données et calcul correspondants

On lit et calcul les différentes tensions provenant des LDR et enfin on calcule les moyennes entre chaque deux LDR.

Action 3 : Test des valeurs acquises

On ordonne des tests des égalités entre les différentes moyennes qu'on a déjà calculées.

Action 4 : Commande des deux servomoteurs

On ordonne aux servomoteurs de tourner dans le bon sens.

Action 5 : Reprise de processus

On revient à l'étape 1 (en boucle) chaque minute les nouvelles valeurs des tensions.

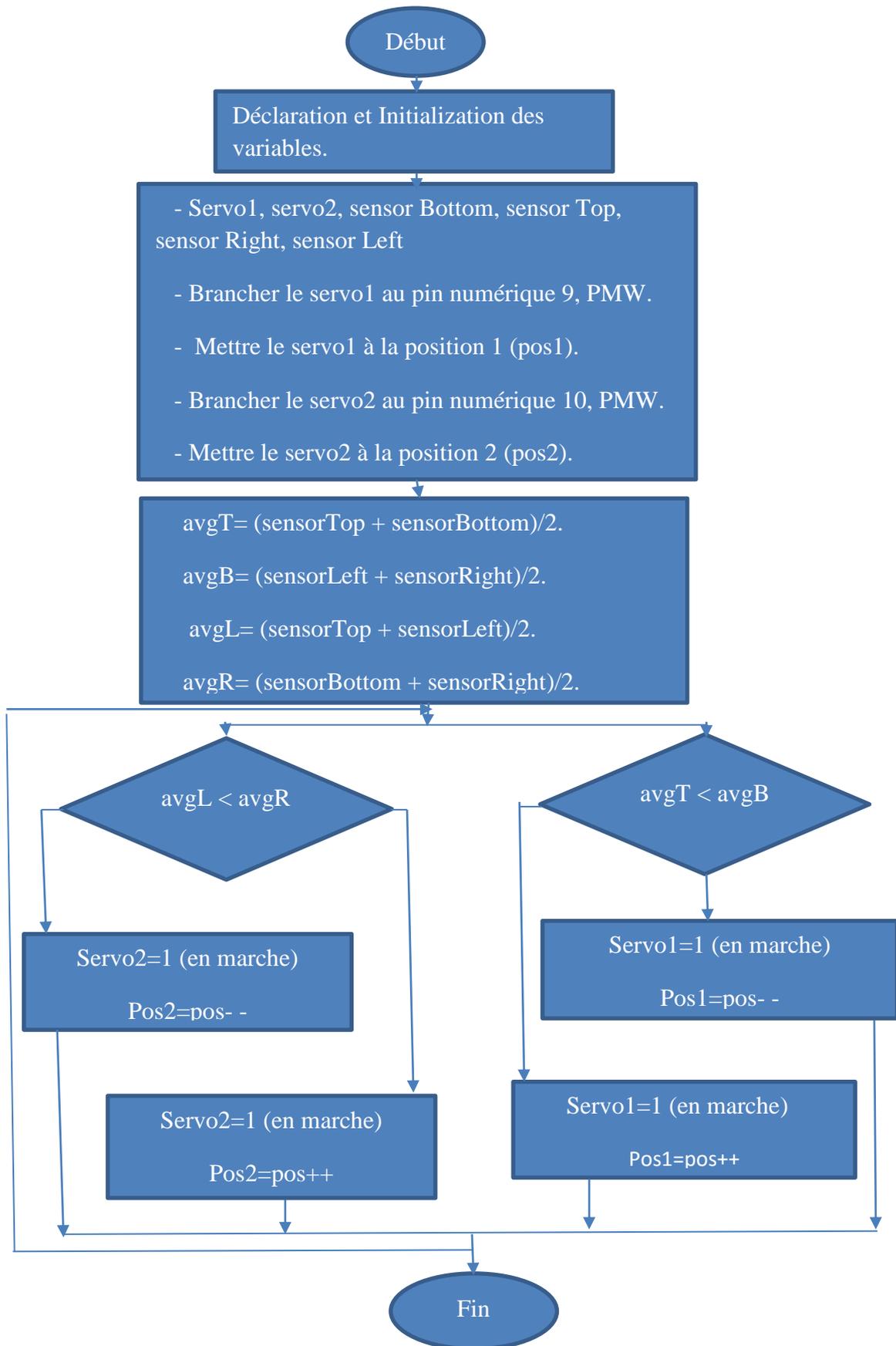


Figure III.1 : Organigramme principale.

b. Programmation

La carte Arduino UNO est une carte programmable, elle peut être programmée avec le logiciel Arduino dont une partie du programme est visible sur la figure (III.2)



```
ldr_servo_lcd | Arduino 1.8.19
Fichier Édition Croquis Outils Aide

ldr_servo_lcd
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Servo.h>

void UpDown();
void LeftRight();
Servo servo1;
Servo servo2;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
void setup() {

    lcd.begin(16,2);
    lcd.print("servo1 ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("servo2 ");
    servo1.attach(9);
    servo2.attach(10);

    servo1.write(90);
    servo2.write(90);
}

void loop() {

    int sensorTop = analogRead(A0);
    int sensorBottom = analogRead(A1);
    int sensorLeft = analogRead(A2);
    int sensorRight = analogRead(A3);
```

Figure III.2 : Interface de logiciel Arduino.

Nous avons mis en place notre code afin que nos servomoteurs ne puissent se déplacer qu'à des zones données prédéfinis avec une vitesse programmée. Dont, le servomoteur horizontal pour la variation d'azimut du panneau par rapport au soleil et le servomoteur vertical pour la variation d'élévation du panneau solaire.

III.2.1.2 Simulation du montage sous PROTEUS

PROTEUS est une suite logicielle destinée à l'électronique développée par la société Labcenter Electronics. Les logiciels incluent dans PROTEUS permettent la CAO dans le domaine électronique, deux logiciels principaux composent cette suite logicielle : ISIS et ARES [19].

Afin d'assurer le bon fonctionnement de notre montage, nous avons choisi de réaliser la simulation globale à l'aide du logiciel PROTUS ISIS qui va nous permettre de tester et de récupérer en temps réel les résultats de la simulation. La figure (III.3) illustre le montage simulé.

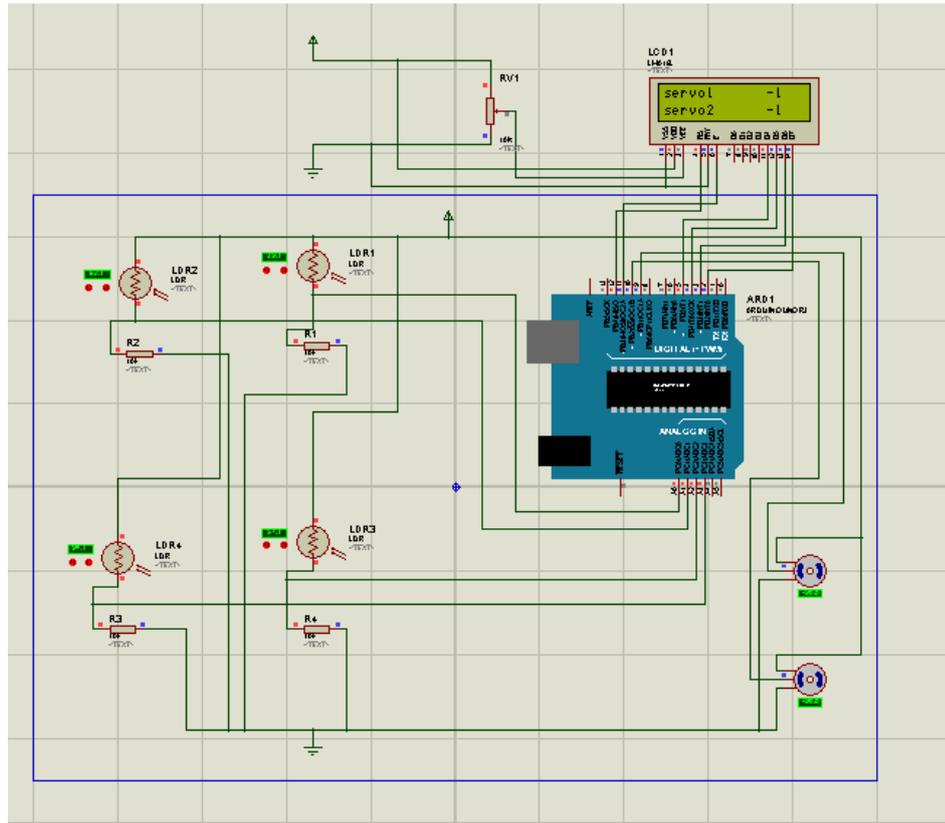


Figure III.3 : Montage du système sous PROTEUS-ISIS.

Les quatre LDR sont destinés à la commande des deux axes du suiveur solaire. Elles fonctionnent en parité, c'est-à-dire deux à deux. En orientant la lumière vers la LDR1 le servo-moteur 1 prend un sens de direction, puis en orientant la lumière vers la LDR2 le même servo-moteur tourne au sens contraire. De cette façon nous pouvons assurer l'orientation de l'azimut du panneau solaire par rapport au soleil. De même pour les deux autres LDR (LDR3 et LDR4) on peut contrôler verticalement l'élévation du panneau solaire via le deuxième servo-moteur.

III.2.1.3 Réalisation de la partie électronique

Après le bon fonctionnement de la simulation sous PROTEUS, nous sommes passés à la réalisation de notre montage électronique en suivant les étapes suivantes :

1. Test de fonctionnement des deux servomoteurs :

- ✓ On réalise le montage suivant :

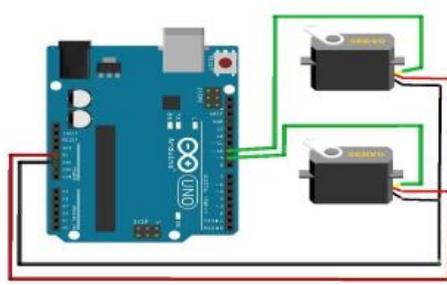


Figure III.4: Montage Circuit électrique des servomoteurs.

- ✓ On injecte le programme suivant pour tester les servomoteurs

```
servo1
#include "Servo.h"

Servo servo; // création de l'objet "servo"

void setup() {
  servo.attach(10); // attache le servo au pin spécifié
}

void loop() {
  servo.write(180); // demande au servo de se déplacer à cette position
  delay(1000); // attend 1000 ms entre changement de position

  servo.write(0); // demande au servo de se déplacer à cette position
  delay(4000); // attend 1000 ms entre changement de position

  servo.write(90); // demande au servo de se déplacer à cette position
  delay(1000); // attend 1000 ms entre changement de position
}
```

Figure III.5 : Programme Arduino pour test de Servomoteur.

- ✓ On a aussi testé les LDR avant leur utilisation.

2. Réalisation du montage sur une plaque d'essai

Dans cette étape (Figure III.6), nous avons réalisé ce test sur la plaque d'essai pour tester la connexion entre les capteurs (LDR) et les actionneurs (servomoteurs).

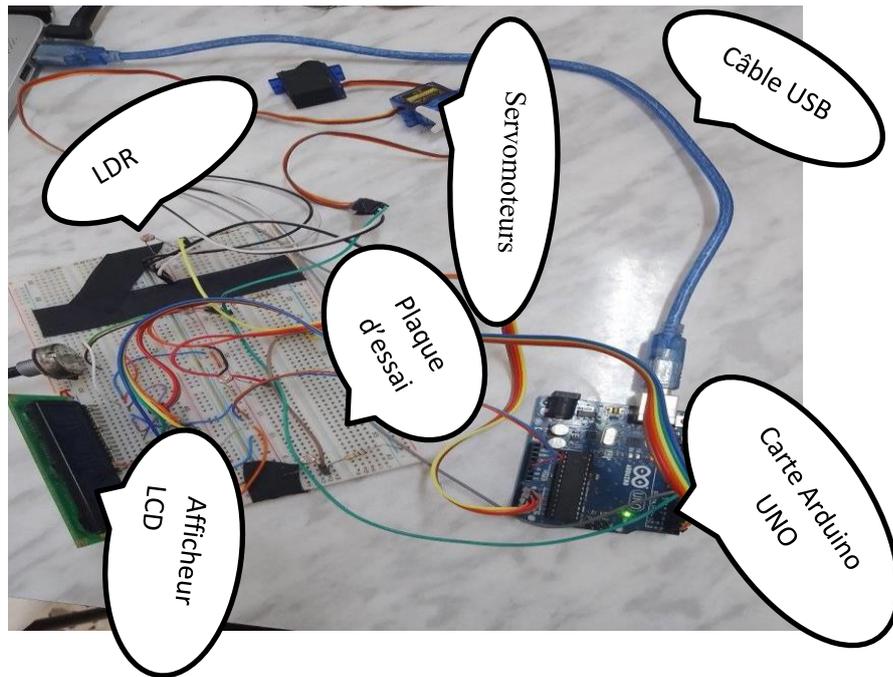


Figure III.6 : Réalisation du montage sur la plaque d'essai.

Pour assurer le bon fonctionnement de notre suiveur, il est préférable de placer les capteurs LDR sous forme croix (x), et optiquement isolé entre eux de manière à ce que leur éclairage ne soit identique que s'ils sont pointés vers le soleil.

III.2.2 Assemblage du suiveur avec les autres éléments de l'installation PV

Notre système PV se compose d'un suiveur solaire qu'on a réalisé dans la première partie, une batterie et un régulateur de charge qui comporte un port USB pour le chargement de batteries des smartphones.



a. Mini panneau solaire.



b. Batterie de stockage.



c. Régulateur de charge avec port USB.

Figure III.7 : Composant d'un système PV autonome.

L'ordre de branchement et de débranchement de notre installation solaire est très important. Si on le réalise dans le mauvais ordre, nous risquons fortement de fausser le paramétrage du régulateur.

Pour une connexion au régulateur, il faut :

1. Brancher le RÉGULATEUR au parc BATTERIE
2. Brancher le RÉGULATEUR au parc PANNEAUX

Pour une déconnexion au régulateur, il faut :

1. Débrancher le parc PANNEAUX au RÉGULATEUR
2. Débrancher le parc BATTERIE au RÉGULATEUR

III.3 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté les différentes étapes et la méthodologie suivies pour la conception et la réalisation de notre prototype.

Nous avons réalisé un système de poursuite solaire fonctionnel, les deux servomoteurs tournent et font donc tourner notre montage complet en suivant la source de lumière utilisée et donc l'alimentation de clé USB par l'énergie électrique.

Nous pouvons dire que la réalisation du suiveur de soleil nécessite un bon choix des composants électroniques utilisés et nécessite la bonne connaissance de leur fonctionnement.

Conclusion générale

Les travaux présentés dans ce mémoire ont montré plus en détails les bonnes décisions à prendre pour installer un dispositif photovoltaïque de chargement de batterie dans les endroits isolés, tout en contournant la problématique d'orientation et d'inclinaison des panneaux solaires pour une meilleure optimisation la production d'énergie électrique.

Dans la partie initiale, nous avons donné des notions générales sur l'énergie solaire photovoltaïque. Nous avons abordé la cellule PV, son principe de fonctionnement et ces différentes technologies. Ainsi nous avons présenté globalement un aperçu sur les systèmes PV et ces éléments. Nous avons terminé cette première partie par des notions sur les systèmes suiveurs en montrant leurs intérêts par rapport aux systèmes fixes.

La deuxième partie est réservée pour le dimensionnement du système PV autonome. Ce dimensionnement a été envisagé d'une manière optimale ni trop dimensionné ni trop surdimensionné, en montrant les composants à choisir. Nous avons faits aussi une description détaillée du matériel utilisé pour la réalisation d'un suiveur solaire. Le dernier chapitre est totalement consacré pour la réalisation pratique de montage le plus adéquat pour notre projet.

Ce projet était pour nous l'occasion pour examiner les connaissances acquises au cours de notre cursus, et par la suite réaliser un projet multidisciplinaire, associant l'instrumentation, l'électronique, la mécanique, la programmation et les énergies renouvelables.

En perspective, nous souhaitons améliorer notre dispositif en lui ajoutant des systèmes de protection contre le changement brusque du climat, en plus d'un système de contrôle de l'état du dispositif à distance.

Biblio-webographie

- [1] J.M. Navarro, “Cellules Photovoltaïques Organiques Transparentes Dans Le Visible,” Thèse de doctorat, Université Toulouse III, Paul Sabatier, 2008.
- [2] A.T. Singo, “Système d’alimentation photovoltaïque avec stockage hybride pour l’habitat énergétiquement autonome,” Thèse de doctorat, Université de Henri Poincaré, Nancy-I, 2010.
- [3] Z. Zerrouki, R. Bereksi Reguig, “ Dimensionnement d’un système photovoltaïque autonome,” Mémoire de Master, Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen, 2016/2017.
- [4] S. Fellouah, S. Mesbahi, “ Etude d’un système photovoltaïque connecte au réseau,” Mémoire de Fin d’Etudes de master, Université Mouloud Mammeri , Tizi-Ouzou, 2015.
- [5] I. Bendjamâa, “Modélisation et commande d’un système de stockage photovoltaïque,” Mémoire de magister, Université Abou-Bakr Belkaid , Tlemcen, 2011/2012 .
- [6] K. HELALI, “Modélisation d’une cellule Photovoltaïque : Etude Comparative ,” Mémoire de Magister, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 2012.
- [7] M. BOUZEGANE, F. GAOUAOUI, “Alimentation d’un moteur à courant continu par une source photovoltaïque,” Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 2018.
- [8] R. M’hammedi, C. Ben Amrani, “ Etude Techno économique d’un système photovoltaïque (maison solaire) sur le site d’Adrar,” Mémoire de Master, Université Ahmed Draya, Adrar, 2019/2020.
- [9] M. Hadj Belkacemi, “ Modélisation et Etude Expérimentation d’un Capteur Solaire non Vitré et Perforé ,” Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid , Tlemcen, 2011.
- [10] M. Meziane, “Conception et réalisation d’un système photovoltaïque à base d’une carte Arduino,” Memoire de Master, Université Larbi Ben M’hidi , Oum El bouaghi, 2020/2021.
- [11] M. Bouzegane, F. Gaouaoui, “ Alimentation d’un moteur à courant continu par une source photovoltaïque, “ Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 2018.

- [13] H. Meghellet, L. Hocine, “ Contribution à l’étude d’un système photovoltaïque,” Mémoire de Master, Université Colonel Ali Mohand Oulhadj , Bouira, 2018.
- [14] H. Meghellet, L. Hocine, “ Contribution à l’étude d’un système photovoltaïque,” Mémoire de Master, Université Colonel Ali Mohand Oulhadj , Bouira, 2018.
- [16] I. Doudou Boukary, “ Etude de faisabilité d’installation solaire photovoltaïque pour les stations-service de Total Niger,” Mémoire de Master , Niger, 2016.
- [17] A. Daoud, “ Contrôle de la Puissance d’un Générateur Photovoltaïque pour le Pompage Solaire ,” Thèse de Doctorat Es-Sciences Spécialité Électronique Option Systèmes Photovoltaïques, Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf, Oran, 2013.
- [18] Y. Garah, “ Etude d’une chaine de conversion d’énergie Photovoltaïque raccordée au Réseau électrique ,” Mémoire de fin d’études de master, Université Larbi Ben M’Hidi, Oum El Bouaghi, 2015.
- [19] M. Bechou, “ Réalisation d’un tracker solaire commandé par une carte ARDUINO ,” Mémoire de master, Université Saad Dahleb Blida1, Blida, 2016/2017.
- [20] N. Abbass, “Conception et réalisation d’un suiveur solaire à base d’une carte Arduino nano,” Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri, Tizi Oozou, 2018.
- [21] S. Bensaoucha, S. Djloud, “ Réalisation d’un suiveur solaire à base d’Arduino ,” Mémoire de master, Université de Msila, Msila, 2019/2020.
- [22] B. Rabeh, D. Ayoub, “Conception et réalisation d’un suiveur solaire bi-axial à base de capteurs de lumière ,” Université Kesdi Merbah, Ouargla, 2016.
- [23] <https://lenergie-solaire.net/energie-solaire-photovoltaique/applications>
- [24] Chapitre d’un mémoire de magister, 2014 intitulé “ Présentation de l’environnement d’étude et de l’investigation in situ ”.
- [25] <https://www.climatsetvoyages.com/climat/algerie/jijel>
- [26] <https://fr.weatherspark.com/y/51515/M%C3%A9t%C3%A9o-moyenne-%C3%A0-Jijel-Alg%C3%A9rie-tout-au-long-de-l'ann%C3%A9e>

[27] S. Zairi, S. Boubiada, “Etude et dimensionnement d'un centrale Photovoltaïque,” mémoire de master, Université Mohamed Khider, Biskra, 2020.

Résumé

Notre travail ayant comme objectif la réalisation d'un moyen de secours PV de chargement de batterie des smartphones dans des endroits publics à partir d'un panneau solaire intelligent, qui suit le mouvement du soleil pendant la journée. Ce système assure la continuité des radiations solaires et donc, il assure correctement la charge de batterie et l'alimentation du clé USB .

Notre dispositif instrumental sera fixé sur une structure mécanique que nous avons réalisée à base de deux servomoteurs avec leurs circuits de commande permettant ainsi la rotation du panneau PV selon les deux directions horizontale et verticale. Ce dispositif est réalisé à base de quatre capteurs photorésistifs de type LDR qui sont disposées d'une manière à ce que leurs éclairément ne soit identiques durant l'exposition vers le soleil. Les signaux issus des capteurs sont transmis aux entrées d'un microcontrôleur de type ATmega 328 dans Arduino UNO qui permet la comparaison des niveaux de tension pour la commande de sens de rotation des deux servomoteurs en affichant leurs positions à l'aide d'un afficheur LCD.

Mots clés : PV, batterie, suiveur solaire, Arduino, servomoteur, afficheur LCD.

Abstract

Our work having as objective the realization of a means of emergency PV battery charging of smartphones in public places from a smart solar panel, which follows the movement of the sun during the day. This system ensures the continuity of solar radiation and therefore, it ensures the battery charge correctly.

Our instrumental device will be fixed on a mechanical structure that we have made based on two servomotors with their control circuits, thus allowing the rotation of the PV panel in both horizontal and vertical directions. This device is made on the basis of four LDR-type photoresist sensors which are arranged in such a way that their illumination is not identical during exposure to the sun. The signals from the sensors are transmitted to the inputs of an ATmega 328 type microcontroller in Arduino UNO, which allows the comparison of voltage levels for controlling the direction of rotation of the two servomotors by displaying their positions using a display LCD.

Key words: PV, battery, solar tracker, Arduino, servomotor, LDR, LCD.

ملخص

يتمثل مشروعنا في انجاز نظام ضوئي يسمح بشحن بطاريات الهواتف الذكية في الأماكن العامة عن طريق استعمال لوحة ذكية والتي تتبع حركة الشمس أثناء النهار. يضمن هذا النظام استمرارية الاشعاع الشمسي وبالتالي يضمن شحن البطارية بشكل صحيح.

سيتم تثبيت جهازنا الالي على هيكل ميكانيكي صنعناه على أساس محركين مع دوائر التحكم الخاصة بهم، مما يسمح بتدوير اللوحة الكهروضوئية في كلا الاتجاهين الأفقي والرأسي. تم تصنيع هذا الجهاز على أساس أربعة مستشعرات مقاومة للضوء مرتبة بطريقة تجعل الإضاءة عليهم غير متطابقة أثناء التعرض للشمس. يتم إرسال الإشارات من المستشعرات الى مدخلات أردوينو مما يسمح بمقارنة مستويات الجهد للتحكم في اتجاه دوران المحركين ثم عرض مواقعهم باستخدام شاشة عرض.

الكلمات المفتاحية: الألواح الشمسية، بطارية، متتبع شمسي، أردوينو، محركات السارفوموتور، مقاومات ضوئية، الشاشة الكريستالية.