

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Tasdawit Akli Muḥend Ulḥağ - Tubirett -



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محمد أولحاج
- البويرة -

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées

كلية العلوم والعلوم التطبيقية

Reference :...../MM/2022

المرجع:...../م/2022

Mémoire de Master

Présenté au :

Département : Génie Électrique.

Domaine : Sciences et Technologies.

Filière : Electronique.

Spécialité: Electronique des systèmes embarqués.

Réalisé par :

HAMMIM Nourelhouda

Et

NACEF Fatma-Zohra

Thème

Réalisation d'un système d'acquisition de données en vue de supervision et surveillance d'un système photovoltaïque en temps réel.

Soutenu le :/..../2022

Devant la commission composée de :

Mr. A. BOUZIDA	M.C.A	Univ. Bouira	Président
Mr. BOUCENNA	M.C.B	Univ. Bouira	Examineur
Mr. S. HAROUN	M.C.B	Univ. Bouira	Encadreur

Année universitaire : 2021/2022.

REMERCIEMENT

A DIEU notre créateur nous exprimons notre profonde reconnaissance et notre gratitude

Nous tenons aussi à exprimer notre gratitude à notre encadrent Mr «HAROUN Ismail»

Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail et d'assister à notre soutenance.

Enfin, nous remercions tous nos amis et tous ceux qui de près ou de loin nous ont toujours soutenu dans cette aventure.

Dédicaces

Avant tout, je tiens à remercier dieu, l'unique qui m'a offert le courage et la volonté nécessaire pour affronter les différentes difficultés de la vie.

Je dédie ce modeste travail :

➤ *A Mes très chers parents*

Je dédie ce mémoire à mon père HAMIM Mohammed et ma mère MENNANE Taous, pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études. Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction.

➤ *A mes chers frères*

Ahmed, Samir, Fateh, Abderrahim.

➤ *A mes très chères sœurs*

Khadidja, Hassna, Imane

➤ *A Mon mari Moussa*

Je remercie une personne de très grande importance dans ma vie, qui m'accompagne et qui me soutient tout le temps par la force et l'énergie. Je le remercie d'exister.

➤ *A mon binôme Aya*

Je la souhaite un très bon parcours et plein de succès et tout le bonheur du monde.

➤ *A ma chère amie oukas nourelhouda*

Je la remercie pour sa chère amitié à mon cœur, et je la souhaite tout le bonheur du monde.

➤ *A Toute la promotion 2021/2022*

Hamim Nourelhouda

Dédicaces

Avant tout, je tiens à remercier dieu, l'unique qui m'a offert le courage et la volonté nécessaire pour affronter les différentes difficultés de la vie.

Je dédie ce modeste travail à :

A mon cher père NACEF Mohamed, à ma chère mère TRIKI Farida pour leur aide et leur soutien tout au long de mes études, et qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui et j'espère qu'un jour je serai capable de leur donner au moins le minimum car quoi qu'on fasse on arrivera jamais à leurs rendre tout.

- *Mes chers frères
Akram et Taha.*
- *Mes très chères sœurs
Amel, Chourouk, Hiba, Rawneq et bb Dina .*
- *Mon mari Abdellah qui m'a soutenu et encouragé tout au long de ce travail.*
- *Mon binôme
HAMIM Nourelhouda, ainsi que sa famille.*
- *A Toute la promotion 2021/2022.*

Nacef Fatma-zohra

Sommaire

Introduction générale :	1
--------------------------------------	---

CHAPITRE I :

I.1 Introduction :.....	3
I.2 Cellule solaire et effet photovoltaïque :	3
I.2.1 Différents types des cellules photovoltaïques :	4
I.2.1.1 Cellules photovoltaïques monocristallin :.....	4
I.2.1.2 Cellules photovoltaïques poly cristallins :	4
I.2.1.3 Cellules solaires amorphes :.....	4
I.2.2 Caractéristiques électrique d'une cellule Photovoltaïque :.....	5
I.2.3 Paramètres d'une cellule photovoltaïque :.....	6
I.3 Module photovoltaïque :.....	6
I.3.1 Association des cellules dans un module :.....	7
I.3.1.1 Association des cellules photovoltaïque en série :	7
I.3.1.2 Association des cellules photovoltaïque en parallèles :.....	8
I.3.1.3 Branchement mixte (série & parallèle) :.....	9
I.3.2 Caractéristique courant-tension d'un module :	9
I.4 Positionnement et orientation des modules photovoltaïques :.....	10
I.4.1 Orientation des modules :	10
I.4.2 Positionnement de panneau et angle d'incidence du rayonnement solaire :	10
I.5 Système suiveur solaire :.....	11
I.5.1 Intérêt des panneaux mobiles par rapport aux panneaux fixes :	11
I.5.2 Types des suiveurs solaires selon la technologie utilisée :.....	12
I.5.2.1 Suiveur passif :	12
I.5.2.2 Suiveur actif :	13
I.5.3 Types des suiveurs solaires selon l'axe :	14
I.5.3.1 Suiveur à axe horizontal :.....	14
I.5.3.2 Suiveur à axe vertical incliné :	14
I.5.3.3 Suiveur à deux axes :	15
I.6 Supervision et surveillance d'un système photovoltaïque :.....	15

I.6.1 L'intérêt de la surveillance et la supervision des systèmes PV :.....	15
I.6.2 Les systèmes de surveillance et de supervision des champs photovoltaïques :	16
I.6.2.1 Les systèmes de supervision de type commercial :	16
I.6.2.2 Systèmes de Supervision proposés dans la littérature :	16
I.7 Conclusion :	17

CHAPITRE II :

II.1 Introduction :	18
II.2 Structure général de système à réaliser :	18
II.3 Panneau solaire :	19
II.3.1 Caractéristique la cellule photovoltaïque :	19
II.3.2 Montage des cellules PV :	20
II.4 Système de d'acquisition et de supervision :	21
II.4.1 Schéma synoptique de système de supervision :	21
II.4.1.1 Carte Arduino UNO :	22
II.4.1.2 Capteur de luminosité TSL2561 :	22
II.4.1.3 Capteur de courant tension INA219 :	23
II.4.1.4 Capteur de température DS18B20 :	24
II.4.2 Montage global de système de supervision :	25
II.5 Suiveur solaire a deux axes :	26
II.5.1 Schéma synoptique et Principe de fonctionnement du suiveur solaire :	26
II.5.1.1 Le système de mesure de lumière :	27
II.5.1.2 Les actionneurs de suiveur solaire (Servomoteurs) :	29
II.5.3 Montage global de suiveur solaire	31
II.6 Conclusion	31

CHAPITRE III :

III.1 Introduction	33
III.2 Programmation des Cartes Arduino	33
III.2.1 L'environnement de programmation Arduino IDE	33
III.2.2 Description du logiciel Arduino :	34
III.2.3 Organigramme et code de suiveur solaire et système d'acquisition :	34
III.2.3.1 Organigramme et code de suiveur solaire :	34
III.2.3.2 Organigramme et code de système d'acquisition :	36
III.3 Interface graphique de supervision sous LabVIEW :	37
III.3.1 L'environnement LabVIEW :	38

III.3.2 Développement de l'interface Graphique de supervision :	38
III.3.2.1 Front panel :	39
III.3.2.2 bloc diagram :	41
III.4 Conclusion	43

CHAPITRE IV :

IV.1 Introduction.....	44
IV.2 Tests Pratiques	44
IV.2.1 Mesure des paramètres du panneau solaire réalisé.....	44
IV.2.1.1 Mesure de Courant de court-circuit	44
IV.2.1.2 Mesure de Tension circuit ouvert	45
IV.2.2 Test et évaluation du système d'acquisition.....	45
IV.2.2.1 Mesures acquises par l'Arduino de système d'acquisition	46
IV.2.2.2 Mesures acquises affichées sur l'interface graphique sur LABVIEW .	46
IV.2.3 Test et évaluation du suiveur solaire	49
IV.2.3.1 Comparaison des mesures courant et tension du panneau fixe et avec suiveur.....	49
IV.2.3.2 Comparaison de la puissance du panneau fixe et avec suiveur	50
IV.2.4 Test et évaluation des mesures de température de l'éclairement	51
IV.6 Conclusion	52
Conclusion générale :	53
Bibliographie	54

Listes des figures

CHAPITRE I :

Figure I.1 : Construction et fonctionnement d'une cellule PV typique.....	3
Figure I.2 : Différents types de cellules photovoltaïques.....	5
Figure I.3 : Schéma électrique équivalent d'une cellule PV.....	5
Figure I.4 : Construction d'un module photovoltaïque.....	7
Figure I.5 : Groupement en série de cellules identiques et sa caractéristique résultante.....	8
Figure I.6 : Groupement en parallèle de cellules identiques et sa caractéristique résultante.....	8
Figure I.7 : Groupement mixte de N_s cellules identiques et ses caractéristiques résultantes.....	9
Figure I.8 : Courbe $I = f(V)$ d'un panneau photovoltaïque.....	10
Figure I.9 : Dépendance des performances d'un panneau PV de l'angle.....	11
Figure I.10 : comparaison entre la production avec suiveur et la production avec système fixe.....	12
Figure I.11 : Suiveur passif.....	13
Figure I.12 : Suiveur solaire actif.....	13
Figure I.13 : Types des suiveurs solaires selon l'axe.....	15

CHAPITRE II :

Figure II.1 : Schéma général de système à réaliser.....	18
Figure II.2 : Vue avant et arrière de la cellule utilisée pour le panneau PV.....	19
Figure II.3 : Branchement série/parallèle des cellules PV dans le panneau.....	20
Figure II.4 : Image de panneau solaire construit.....	20
Figure II.5 : Schéma synoptique du système de supervision.....	21
Figure II.6 : Structure d'une carte Arduino UNO.....	22
Figure II.7 : Module TSL2561 et son schéma interne.....	23

Figure II.8 : Module Capteur courant tension INA219 et sa structure.....	24
Figure II.9 : Capteur de température DS18B20 et son branchement.....	25
Figure II.10 : Montage de système de supervision (FRITZING).....	26
Figure II.11 : Schéma synoptique du suiveur solaire.....	27
Figure II.12 : Structure d'une LDR standard.....	28
Figure II.13 : Montage potentiométrique pour un capteur LDR.....	28
Figure II.14 : Montage des LDRS dans le système suiveur.....	29
Figure II.15 : Principe de fonctionnement des LRDs dans le système suiveur.....	29
Figure II.16 : Servomoteur MG996.....	31
Figure II.17 : Montage du circuit électrique du système suiveur solaire.....	31

CHAPITRE III :

Figure III.1 : Fenêtre principale de l'environnement de développement d'Arduino....	33
Figure III.2 : Organigramme du suiveur solaire	35
Figure III.3 : Programme Arduino pour le système suiveur solaire.....	36
Figure III.4 : Organigramme du système d'acquisition.....	36
Figure III.5 : Programme Arduino pour le système de surveillance.....	37
Figure III.6 : Logo de logiciel LabVIEW de national instrument.....	38
Figure III.7 : Somme de deux octets.....	38
Figure III.8 : Vue Générale de la face avant.....	39
Figure III.9 : Vue d'éclairage de la face avant.....	40
Figure III.10 : vue du Température de la face avant.....	40
Figure III.11 : Vue du Puissance Electrique de la face avant.....	41
Figure III.12 : Programme en langage G de l'interface graphique.....	42

CHAPITRE IV :

Figure IV.1 : Mesure de courant de court-circuit de panneau réalisé.....	44
Figure IV.2 : Mesure de tension de circuit ouvert de panneau réalisé.....	45
Figure IV.3 : Grandeurs mesurées et envoyées vers le port série de l'Arduino.....	46
Figure IV.4 : Vue générale du système de surveillance.....	47
Figure IV.5 : Vue de l'éclairement.....	47
Figure IV.6 : Vue de la température.....	48
Figure IV.7 : Vue de courant, tension et puissance.....	48
Figure IV.8 : Variation de courant au long de la journée pour le cas fixe et avec suiveur.....	49
Figure IV.9 : Variation de tension au long de la journée pour le cas fixe et avec suiveur.....	49
Figure IV.10 : Variation de la puissance au long de la journée pour le cas fixe et avec suiveur.....	50
Figure IV.11 : Variation de la température au long de la journée.....	51
Figure IV.12 : Variation de l'éclairement au long de la journée.....	51

Nomenclatures

PV : Photovoltaïque

I_{cc} : Courant de court-circuit

V_{co} : Courant de circuit ouvert

MPP : Point de puissance maximal

V_{opt} : Tension optimale

I_{opt} : Courant optimal

E / S : Entrée sortie

USB : Universal Serial Bus

IDE : Environnement de développement intégré

DC : Courant continu

G_{pv} : Générateur photovoltaïque

G_h : Gauche haut

G_b : Gauche bas

D_h : Droite haut

D_b : Droite bas

LDR : Résistances dépendantes de la lumière

LABVIEW: Laboratoire Virtual Instrument Engineering Workbench

I_{sat} : est le courant de saturation,

K : est la constante de Boltzmann ($1,38110^{-23}J/K$),

T : est la température effective des cellules en Kelvin(K),

e : est la charge de l'électron ($e=1,6 \cdot 10^{-19} C$),

n : est le facteur d'idéalité de la jonction ($1 < n < 3$),

I_P : est le courant fourni par la cellule lorsqu'elle fonctionne en générateur,

V_P : est la tension aux bornes de cette même cellule,

I_{ph} : est la photo -courant de la cellule dépendant de l'éclairement et de la température ou bien courant de (court-circuit),

R_{sh} : est la résistance shunt caractérisant les courants de fuite de la jonction,

R_{ser} : est la résistance série représentant les diverses résistances de contacts et de connexions. I_d : le courant qui traverse la diode.

MCU: Microcontroller.

EVA: éthylène-vinyl- acétate.

IDE: Integrated Development Environment.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale :

Les sources d'énergie conventionnelles, obtenues de notre environnement, tendent à diminuer avec une rapidité relative due à ses utilisations irrationnelles par l'humanité. Cette origine incontrôlée des énergies naturelles, mène notre système écologique à l'instabilité.

La diminution des sources de pétrole, gaz naturel et sources naturelles de charbon mènent à faire un effort de trouver des nouvelles sources d'énergie pour permettre une réduction dans l'utilisation des sources naturelles de combustible.

Les énergies renouvelables en général, et l'énergie solaire photovoltaïque en particulier s'imposent comme la solution d'avenir pour satisfaire de façon durable les besoins énergétiques. Propre et inépuisable, l'électricité produite par les rayonnements solaires reste pourtant onéreuse suite à aux technologies utiliser dans la production de l'énergie photovoltaïque à savoir les panneaux solaires. C'est dans cette optique que s'inscrit ce projet.

Ce travail consiste à concevoir et de réaliser un système photovoltaïque doté d'un suiveur solaire et d'un système d'acquisition de données météorologique et électrique du système PV en temps réel.

Le suiveur solaire à réaliser consiste à mesurer et déterminer la direction de l'ensoleillement le sens puis diriger le panneau vers lui selon deux axes en actionnant deux servomoteurs.

L'acquisition de données consiste à mesurer les grandeurs climatiques avec un capteur de température et un capteur d'éclairement, et les grandeurs électriques à l'aide d'un capteur de tension et de courant. Ensuite, une carte d'ARDUINO se charge de l'acquisition et l'envoi des données numériques vers un ordinateur via une connexion USB. En fin, une interface graphique sous le logiciel LABVIEW sera développée dans l'ordinateur qui permettra le suivi et la surveillance de la variation des paramètres météorologique et électrique de l'installation PV.

Pour arriver à cette finalité, ce mémoire est réparti en quatre chapitres :

Le premier chapitre sera consacré à la présentation des généralités sur les systèmes Photovoltaïques, une description d'un suiveur solaire et leur intérêt et nous avons montré aussi la nécessité d'un système d'acquisition de données pour surveillance des systèmes PV.

INTRODUCTION GENERALE

Dans le deuxième chapitre, on s'intéresse à la description matérielle détaillée de notre système à réaliser, en commençant par le schéma synoptique du suiveur et celui de système d'acquisition et la description des différentes cartes et capteurs utilisée, et on termine par les schémas de branchements électroniques de l'ensemble du système.

Dans le troisième chapitre, nous allons présenter la partie programmation de notre système ainsi que le développement de l'interface graphique de supervision sous l'environnement LABVIEW.

Le quatrième et dernier chapitre, est consacré pour la finalisation et des essais pratiques de notre prototype. Nous présentons dans ce chapitre les résultats obtenus par le système d'acquisition ainsi que l'avantage de système suiveur solaire réalisé. Une conclusion et une présentation des perspectives des travaux sont présentées à la fin du manuscrit.

CHAPITRE I :
Généralités sur les
systemes photovoltaïques

I.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons détailler les éléments ayant trait à la production de l'énergie solaire et sa transformation en énergie électrique. Ainsi que les systèmes de supervisions et de surveillances disponibles pour les panneaux solaires.

I.2 Cellule solaire et effet photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à établir une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière [1]. La tension générée peut varier entre 0.3 V et 0.7 V en fonction du matériau utilisé et de sa disposition ainsi que de la température de la cellule et du vieillissement de la cellule. La figure I.1 illustre une cellule photovoltaïque (PV) typique où sa constitution est détaillée.

Une cellule PV est formée d'une jonction PN. Lorsque les photons sont absorbés par le semi-conducteur, ils transmettent leur énergie aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons de ces atomes se libèrent et créent des électrons (charges N) et des trous (charges P). Ceci crée alors une différence de potentiel entre les deux couches. Cette différence de potentiel est mesurable entre les connexions des bornes positives et négatives de la cellule. A travers une charge continue, on peut en plus récolter des porteurs.

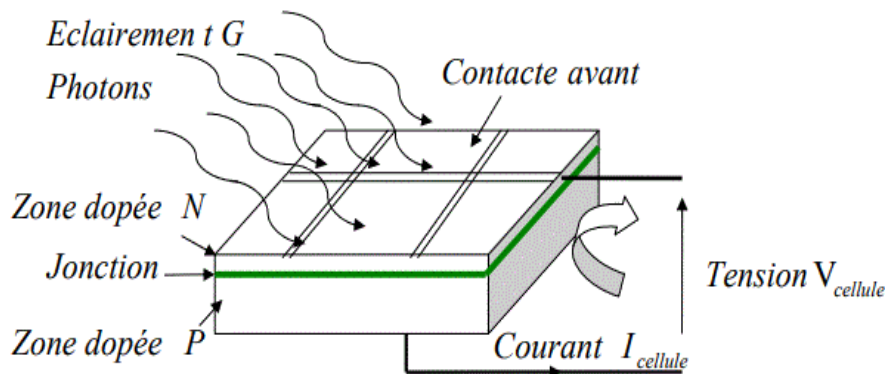


Figure I.1 : Construction et fonctionnement d'une cellule PV typique.

I.2.1 Différents types des cellules photovoltaïques**I.2.1.1 Cellules photovoltaïques monocristallin**

Les panneaux solaires monocristallins sont des panneaux photovoltaïques fabriqués à base de silicium pur. Ils présentent un rendement le plus élevé [18 à 24%]. Les panneaux solaires monocristallins sont notamment recommandés dans les zones à fort ensoleillement [2].

I.2.1.2 Cellules photovoltaïques poly cristallins

Aujourd'hui, ce sont les panneaux photovoltaïques les plus utilisés au monde en offrant un meilleur compromis entre prix et performance ils présentent un taux de rendement [14 à 18%].

Alors que les cellules d'un panneau solaire monocristallin sont constituées d'un seul cristal de silicium de grande taille, les cellules du panneau solaire poly cristallin sont issues de la fonte de chutes de silicium monocristallin.

Les morceaux sont chauffés, fondus puis refroidis et assemblés pour créer une cellule.

L'ensemble des cellules rassemblées forme un panneau poly cristallin [2].

I.2.1.3 Cellules solaires amorphes

Enfin, il y a les panneaux photovoltaïques à base de cellules amorphes. Elles sont produites à partir de « *gaz de silicium* ».

Ce type de cellules, sont adaptés aux régions à faible ensoleillement. Celui-là, 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 [2].

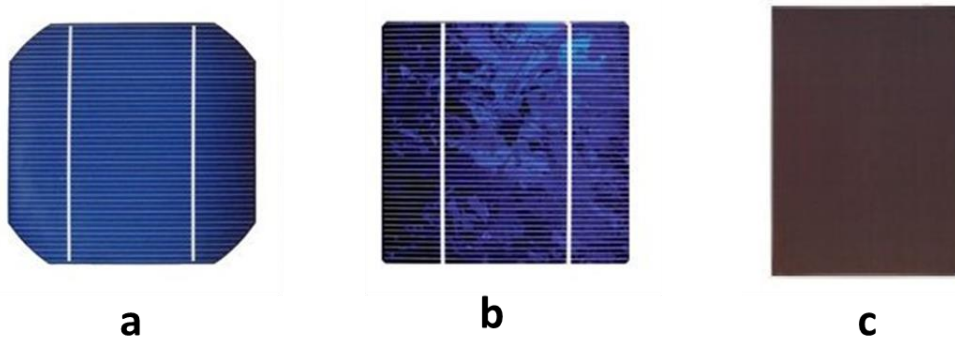


Figure I.2 : Différents types de cellules photovoltaïques

(a) cellule monocristallins, (b) cellule poly cristallins, (c) cellule amorphe.

I.2.2 Caractéristiques électrique d'une cellule Photovoltaïque

La figure I.3 présente le schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque sous éclairage, il correspond à un générateur de courant monté en parallèle avec une diode, deux résistances parasites sont introduites dans ce schéma [3].

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

La résistance série (**R_s**) est la résistance interne de la cellule ; elle dépend principalement de la résistance du semi-conducteur utilisé.

La résistance shunt (**R_{sh}**) est due à un courant de fuite au niveau de la jonction ; elle dépend de la façon dont celle -ci a été réalisée [3].

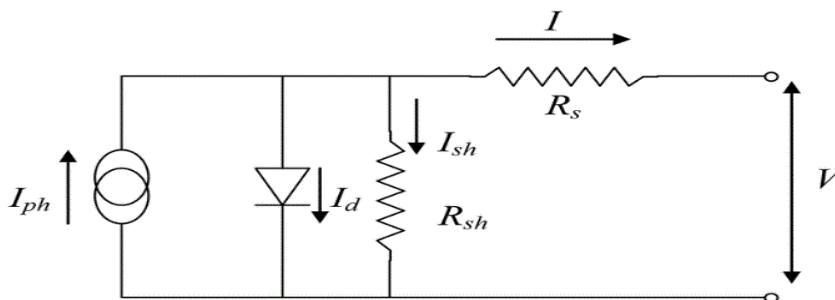


Figure I.3 : Schéma électrique équivalent d'une cellule PV.

Le modèle mathématique pour la caractéristique courant-tension d'une cellule PV est donné par la formule suivante [3].

$$I_{PV} = I_{ph} - I_{sat} \left[\exp\left(\frac{e(V_{pv} + (I_{pv} \cdot R_{ser}))}{nKT}\right) - 1 \right] - \frac{V_{pv} + (I_{pv} \cdot R_{ser})}{R_{sh}}$$

Où :

I_{sat} : est le courant de saturation,

K : est la constante de Boltzmann ($1,38110^{-23}J/K$),

T : est la température effective des cellules en Kelvin(K),

e : est la charge de l'électron ($e=1,6 \cdot 10^{-19} C$),

n : est le facteur d'idéalité de la jonction ($1 < n < 3$),

I_P : est le courant fourni par la cellule lorsqu'elle fonctionne en générateur,

V_P : est la tension aux bornes de cette même cellule,

I_{ph} : est la photo -courant de la cellule dépendant de l'éclairement et de la température ou bien courant de (court-circuit),

R_{sh} : est la résistance shunt caractérisant les courants de fuite de la jonction,

R_{ser} : est la résistance série représentant les diverses résistances de contacts et de connexions.

I_d : le courant qui traverse la diode.

I.2.3 Paramètres d'une cellule photovoltaïque

➤ **Courant de court -circuit (I_{cc})**

C'est le courant pour lequel la tension aux bornes de la cellule ou du générateur PV est nulle. Dans le cas idéal (R_s nulle et R_{sh} infinie).

➤ **Tension de circuit-ouvert (V_{CO})**

La tension à circuit ouvert est obtenue quand le courant qui traverse la cellule est nul. Elle dépend de la barrière d'énergie, et décroît avec la température et varie peu avec l'intensité lumineuse.

I.3 Module photovoltaïque

Pour produire plus de puissance, les cellules solaires sont assemblées pour former un module figure **I.4**.

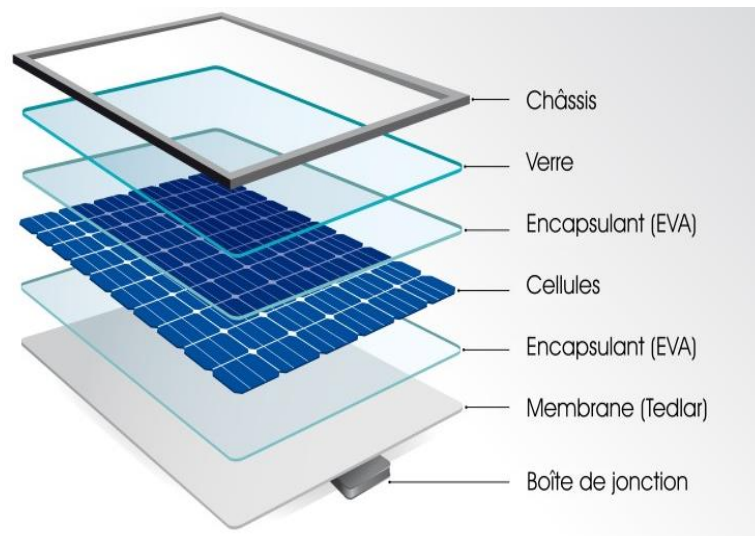


Figure I.4 : Construction d'un module photovoltaïque.

Ces cellules sont protégées de l'humidité 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 d'une ou de polyéthylène [4].

I.3.1 Association des cellules dans un module

Les connections en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension.

I.3.1.1 Association des cellules photovoltaïque en série

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

La figure 1.5 montre la caractéristique résultante (I_{sc} , V_{sco}) obtenue en associant en série (indices) n cellules identiques (I_{cc} , V_{co})[5].

$$I_{sc} = I_{cc} \quad \text{et} \quad V_{sco} = NsV_{co}$$

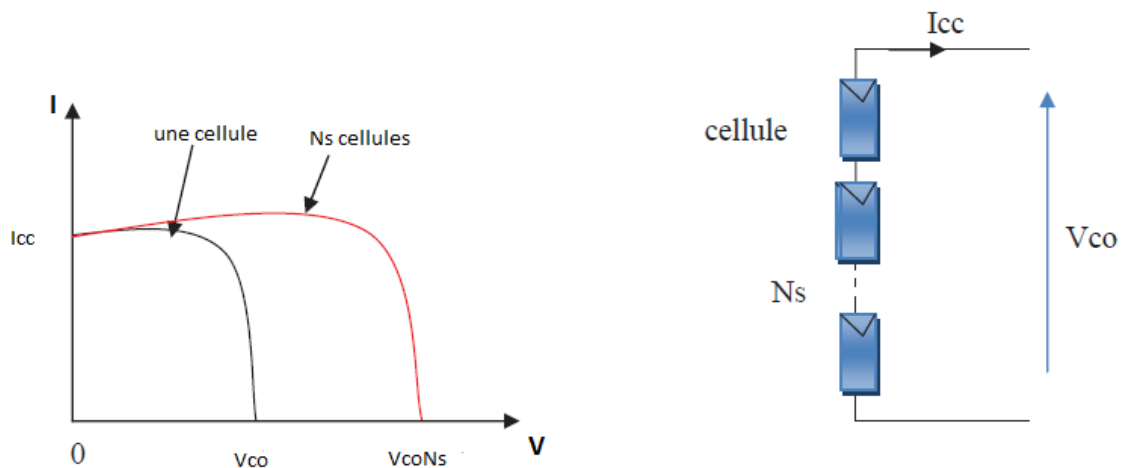


Figure I.5 : Groupement en série de cellules identiques et sa caractéristique résultante.

I.3.1.2 Association des cellules photovoltaïque en parallèles

Les propriétés du groupement en parallèle des cellules sont duales de celles du groupement en série.

Ainsi dans un groupement de cellules connectées en parallèles, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante du groupement est obtenue par addition des courants à tension donnée.

La figure 1.6 montre la caractéristique résultante (I_{pcc}, V_{co}) obtenue en associant en parallèle (indice p) n_p cellules identiques (I_{cc}, V_{co})[5].

$$I_{pcc} = n_p I_{cc} \quad \text{et} \quad V_{pco} = V_{co}$$

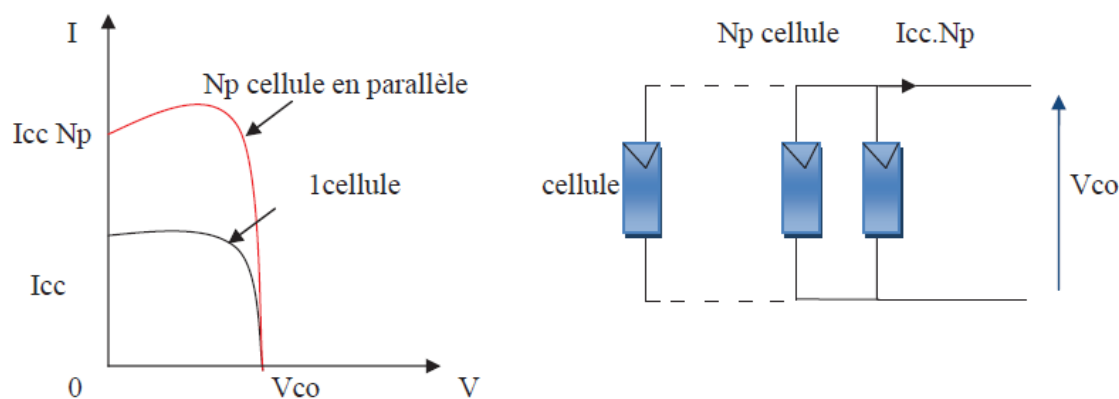


Figure I.6 : Groupement en parallèle de cellules identiques et sa caractéristique résultante.

I.3.1.3 Branchement mixte (série & parallèle)

La caractéristique électrique globale courant/tension du GPV se déduit donc théoriquement de la combinaison des caractéristiques des cellules élémentaires supposées identiques qui le composent par deux affinités de rapport N_s parallèlement à l'axe des tensions et de rapport N_p parallèlement à l'axe des courants, ainsi que l'illustre la figure 1.7, N_s et N_p sont respectivement les nombres total de cellules en série et en parallèle.

$I_{gcc} = N_p \cdot I_{cc}$: courant de court-circuit du module résultant.

$V_{gco} = N_s \cdot V_{co}$: tension du circuit ouvert du module résultant.

Les générateurs photovoltaïques sont alors réalisés en vue d'augmenter la tension (Regroupement en série) ou augmenter le courant (Regroupement en parallèle) par l'association d'un grand nombre de cellules élémentaires de même technologie et de caractéristiques identiques. Le câblage série-parallèle est donc utilisé pour obtenir un module PV (ou panneau PV) aux caractéristiques souhaitées (courant et tension suffisants) [6].

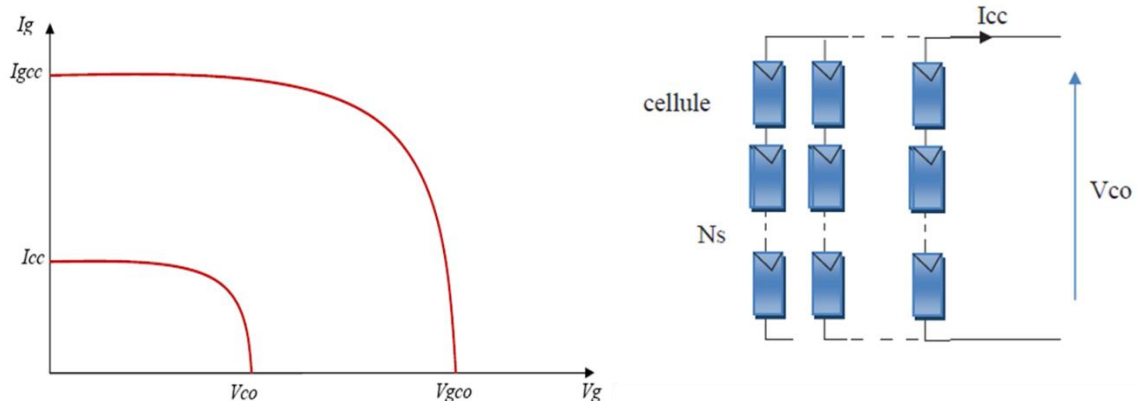


Figure I.7 : Groupement mixte de N_s cellules identiques et ses caractéristiques résultantes.

I.3.2 Caractéristique courant-tension d'un module

La figure ci-dessous montre la caractéristique courant-tension $I = f(V)$ d'un panneau photovoltaïque typique sous des conditions constantes d'irradiation et température donnés.

Trois grandeurs physiques définissent cette courbe : Sa tension à vide : **V_{co}** , son courant court-circuit : **I_{cc}** , et son point de puissance maximal : **MPP** (en

anglais : maximal power point) obtenu pour une tension et un courant optimaux : V_{opt} , I_{opt} (parfois appelés aussi V_{mpp} , I_{mpp}).

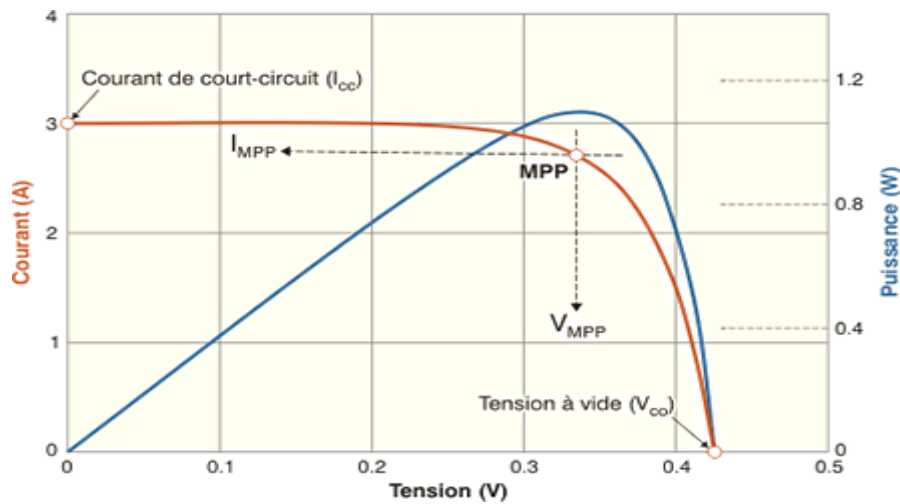


Figure I.8 : Courbe $I = f(V)$ d'un panneau photovoltaïque.

I.4 Positionnement et orientation des modules photovoltaïques

Comme mentionné auparavant, l'énergie fournie par le panneau PV dépend fortement de la quantité d'éclairement solaire absorbée par ce dernier. Cette quantité dépend de l'orientation et le positionnement du panneau par rapport au soleil. Pour collecter le maximum d'énergie, le panneau PV doit être constamment orienté perpendiculairement aux rayons solaires.

I.4.1 Orientation des modules

L'orientation des modules doit être 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 [7].

I.4.2 Positionnement de panneau et angle d'incidence du rayonnement solaire

L'angle formé par les rayons du soleil et le panneau solaire est appelé angle d'incidence (noté α). La production est maximale si les rayons du soleil atteignent la surface du panneau perpendiculairement à midi (heure solaire) figure I.9. Chaque fois que cet angle diminue ou augmente, la surface (m^2) du panneau exposé aux rayons

diminue et donc en partant de la puissance produite, le rendement diminue aussi, d'où l'importance de l'orientation des panneaux par rapport à la position du Soleil [8].

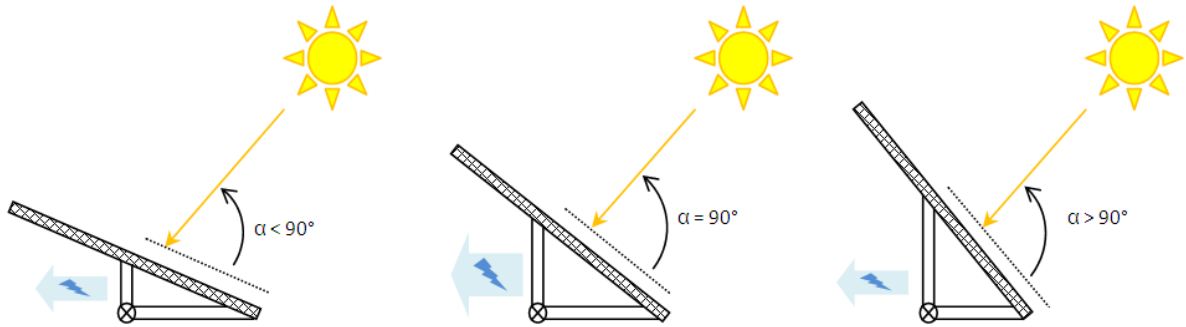


Figure I.9 : Dépendance des performances d'un panneau PV de l'angle.

Cependant si l'on désire maximiser la puissance générée par un panneau PV et avoir un rendement optimal, il faut tenir compte de tous ces paramètres et contraintes liées à l'orientation du module ainsi que la position du soleil. Ceci peut être assurée par un système de poursuite solaire (ou encore dit tracker solaire (appellation courante) permettant de suivre le soleil tout au long de la journée.

I.5 Système suiveur solaire

Un Traqueur solaire, ou suiveur de soleil est un dispositif permettant à un télescope héliographique (observer le soleil ou certains de ses effets dans l'atmosphère), ou à 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 [9]. 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 (perpendiculaire au rayonnement si possible). Cette adaptation en temps réel a pour effet de substantiellement augmenter la captation et production d'énergie [9].

I.5.1 Intérêt des panneaux mobiles par rapport aux panneaux fixes

Au cours de la journée, le soleil se déplace continuellement, alors qu'un panneau photovoltaïque est fixe dans sa position perdant ainsi une considérable quantité d'énergie, qui pourrait être disponible. Dans une installation fixe, l'énergie rendue par les modules PV est maximale seulement à midi comme indiqué sur la figure I.10 [10].

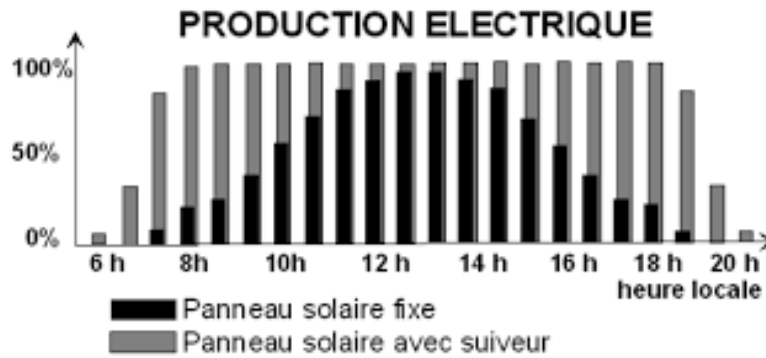


Figure I.10 : comparaison entre la production avec suiveur et la production avec système fixe

Pour cela si les modules PV sont toujours orientés vers le soleil, la puissance générée est toujours celle maximale. Les panneaux photovoltaïques placés sur des suiveurs de soleil ont un rendement énergétique qui augmente de manière appréciable par rapport aux installations fixes. Au cours d'une journée complètement ensoleillée, un système fixe de 1 kW bien orienté, produit 5,5 kWh d'énergie, alors que le même système avec suiveur, dans les mêmes conditions d'ensoleillement, produit 11 kWh d'énergie [10].

I.5.2 Types des suiveurs solaires selon la technologie utilisée

On distingue principalement deux grandes familles de suiveurs solaires :

I.5.2.1 Suiveur passif

Le suiveur passif est constitué dans son architecture de deux tubes en cuivre Montés sur les côtés Est et Ouest du panneau PV. Le tube de matière cuivre figure I.11 est rempli de fluides chimiques capable de se vaporiser à basse température. En effet, lorsque l'exposition au rayonnement solaire augmente la température d'un côté du panneau, le composé dans le tube en cuivre se vaporise. La partie gazeuse du composé occupe 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 [11].

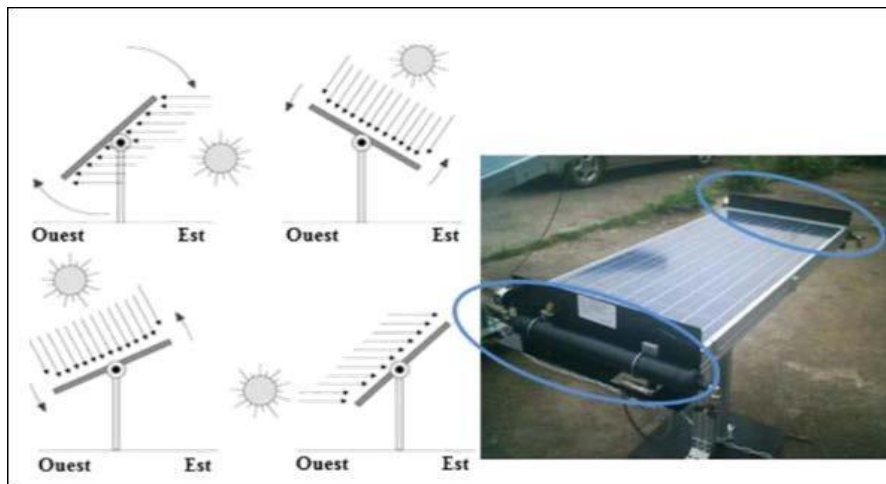


Figure I.11 : Suiveur passif.

I.5.2.2 Suiveur actif

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. Il existe deux types dans cette famille : les suiveurs mono-axe et double axe [8].

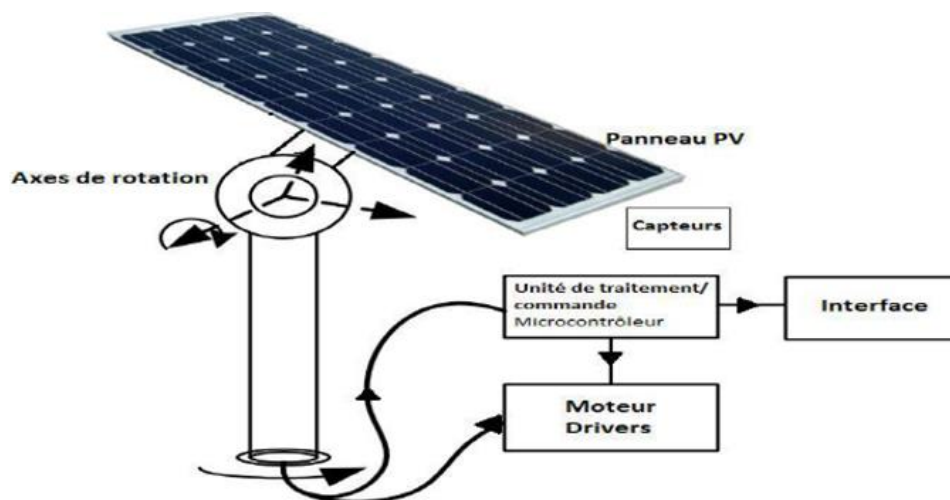


Figure I.12 : Suiveur solaire actif.

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. Il existe deux grandes techniques pour assurer le suivi et en tenant compte de la précision voulue. L'une repose sur le calcul de la position du soleil en se basant sur les équations géométriques et astronomiques prédéfinies et qui nécessite une intervention manuelle pour modifier la latitude du site, la date du jour et

l'heure. Cette technique est dite la méthode astronomique du fait que la position est directement fonction du parcours solaire préprogrammé. L'autre méthode est dite active, permanente ou asservie vu que les algorithmes adoptés sont basés sur des capteurs de lumière, photorésistances pour déterminer la position du soleil à tout moment, permettant ainsi un suivi instantané et notamment une orientation optimale du panneau [8]. (C'est vers cette dernière que va orienter notre travail, en réalisant un système de poursuite automatique).

I.5.3 Types des suiveurs solaires selon l'axe

Le rendement des panneaux solaires peut être amélioré en suivant deux logiques. La première consiste à suivre l'azimut (c'est-à-dire la course du soleil), les panneaux doivent donc suivre le soleil d'Est en Ouest. La deuxième consiste à améliorer l'incidence des rayons solaire en ajustant la hauteur des panneaux. L'incidence des rayons solaires dépend des saisons (en hiver le soleil est en moyenne plus bas qu'en été) et de l'heure de la journée [12].

Les différents types de suiveurs rencontrés sur le marché sont les suivants :

I.5.3.1 Suiveur à axe horizontal

Ce type de suiveur n'apporte que très peu de gain par rapport à un système fixe. Il est plus intéressant d'utiliser des suiveurs à un axe vertical. En revanche, sa conception est la plus simple de l'ensemble des suiveurs, il faudrait qu'un suiveur permettant une plage d'inclinaison allant de 10 à 30° pour obtenir la meilleure solution. Cependant, le gain resterait assez faible : de l'ordre de 2,2% (ce gain ne compense pas le surcoût) [12].

I.5.3.2 Suiveur à axe vertical incliné

Ce type de suiveur permet un gain d'environ 20%. 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 [12].

I.5.3.3 Suiveur à deux axes

Les suiveurs à deux axes permettent un gain d'environ 30%. Ce type de suiveur est très imposant et visible de loin il permet l'orientation du panneau sur les 02 axes [12]. (Sur ce type qu'on a basé notre projet).

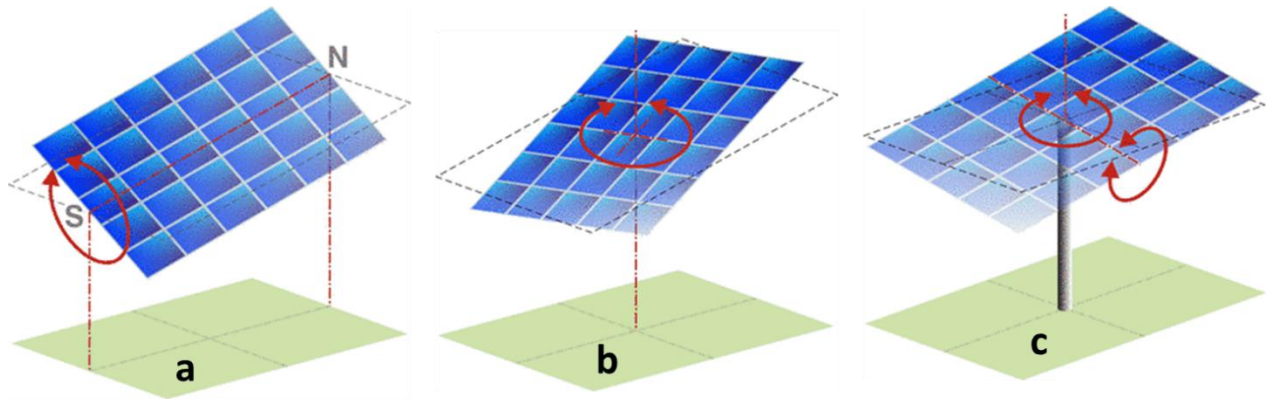


Figure I.13 : Types des suiveurs solaires selon l'axe

(a) Suiveur à axe horizontal, (b) Suiveur à axe vertical incliné, (c) Suiveur à deux axes.

I.6 Supervision et surveillance d'un système photovoltaïque

I.6.1 L'intérêt de la surveillance et la supervision des systèmes PV

Malgré la propreté et l'insusabilité de l'électricité solaires, elle reste pourtant onéreuse suite à aux technologies utiliser dans la production de l'énergie photovoltaïque à savoir les panneaux solaires, les convertisseurs électroniques et les batteries de stockage. Par conséquence, le retour sur investissement devient de plus en plus long, en plus au cours de son fonctionnement, une installation PV peut être éventuellement soumise à différents défauts et conditions de fonctionnement anormales. Donc afin d'améliorer son efficacité et augmenter son rendement, un système de supervision et de surveillance peut être une solution pour limiter les pertes de production et améliorer les performances des installations [13].

L'acquisition des données météorologiques et celle de la production électrique permet de mieux effectuer les tâches de surveillance, d'optimiser le rendement, et l'exploitation de données pour des travaux de recherche.

I.6.2 Les systèmes de surveillance et de supervision des champs photovoltaïques

Nous allons présenter dans cette partie deux grands types de système de monitoring et de supervision des installations photovoltaïques à savoir les systèmes de supervisions commerciales existants dans l'industrie et les systèmes de supervisions proposés dans la littérature dans le cadre des projets de recherche.

I.6.2.1 Les systèmes de supervision de type commercial

Ces systèmes sont généralement intégrés aux onduleurs, évaluent les performances de l'installation grâce à la mesure de la puissance fournie par les panneaux et l'énergie associée par l'intermédiaire de capteurs de tension et de courant. On en distingue plusieurs types à savoir : l'enregistrement des données, la surveillance locale, la surveillance à distance et la surveillance satellitaire.

Certains fabricants offrent aussi des fonctions additionnelles telles que des fonctions de surveillance comme par exemple l'enregistrement des différents paramètres environnementaux à savoir la température ambiante et l'ensoleillement du site et de l'installation, ce qui a pour avantage de donner au propriétaire de l'installation un aperçu détaillé du système [13].

L'inconvénient et la difficulté rencontrée dans ce type de surveillance est la compatibilité du matériel à installer du fait que chaque fabricant possède ses propres boîtiers d'acquisition de données.

I.6.2.2 Systèmes de Supervision proposés dans la littérature

L'étude bibliographique a montré que de nombreux systèmes de supervision ont été proposés pour la surveillance des installations photovoltaïques.

D'une manière similaire aux systèmes commerciaux, les études menées dans la littérature reposent sur l'acquisition des paramètres environnementaux et électriques du champ PV dans l'objectif de faire des analyses pour améliorer la rentabilité[14], récupérer le maximum d'énergie, et la détection et la localisation de défauts éventuels.

I.7 Conclusion

Au regard de ce qui a été développé dans les paragraphes précédents de ce chapitre, nous avons fait un résumé succinct sur le principe de fonctionnement des cellules et modules photovoltaïques.

Nous avons mis en avant aussi l'intérêt des systèmes suiveurs solaire dans la production électrique ainsi que leurs différentes technologies et structures. La surveillance et la supervision d'un système de production photovoltaïque a été aussi abordée à la fin ce chapitre.

Dans le cadre de notre projet, nous allons élaborer, mettre en place et tester un système photovoltaïque doté d'un suiveur et un système d'acquisition de données en temps réel pour surveiller le système. Cette partie sera décrite et détaillée dans le chapitre suivant.

CHAPITRE II

**Conception matérielle du
système à réaliser**

II.1 Introduction

La production d'électricité par un système photovoltaïque dépend du rayonnement solaire reçu par les panneaux constituant ce système, Afin d'optimiser le rendement d'un panneau solaire il faut jouer sur plusieurs facteurs : type de panneau et ça surface, un système d'orientation qui permet la poursuite de la trajectoire du soleil, ainsi qu'un système de mesure et de surveillance pour détecter toutes anomalies ou défauts qui peuvent affectée son rendement.

Dans ce chapitre nous allons présenter une description détaillée de chaque partie de système à réaliser à savoir : le panneau solaire un suiveur a deux axes et un système de surveillance qui mesure courant, tension, éclairement et température.

II.2 Structure général de système à réaliser

Comme il a été mentionné dans l'introduction, notre projet est constitué de trois parties essentielles : le panneau solaire, le système suiveur solaire, et le système d'acquisition et de supervision. Le schéma général de ce projet est illustré dans la figure II.1.

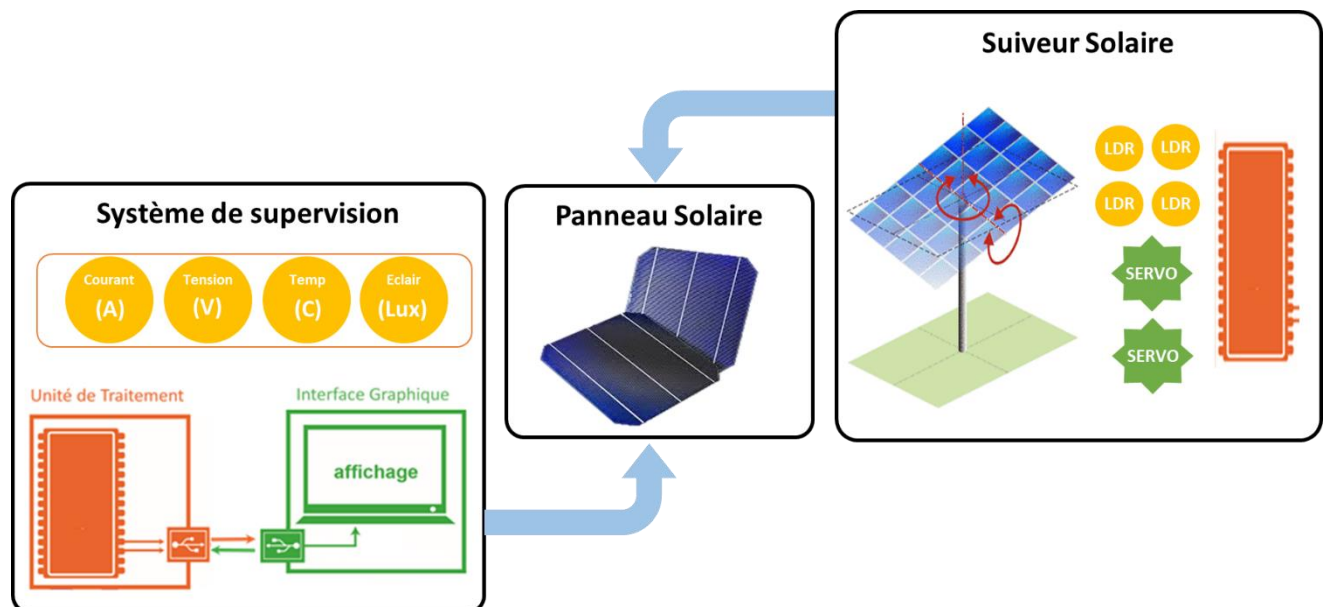


Figure II.1 : Schéma général de système à réaliser.

Dans ce qui suit, nous allons présenter chaque partie de ce système en abordant son fonctionnement et ses éléments constitutifs en détail.

II.3 Panneau solaire

Afin de réaliser notre panneau solaire, nous avons utilisé un ensemble de cellules photovoltaïques montés ensemble afin de délivrer une puissance suffisante pour alimenter une petite charge électrique (ventilateur, ou un moteur DC).

II.3.1 Caractéristique la cellule photovoltaïque

La cellule photovoltaïque est le composant électronique à la base des installations produisant l'énergie électrique à partir du rayonnement solaire grâce à l'effet photovoltaïque [15].

La cellule PV que nous avons utilisé est illustrée dans la figure ci-dessous, elle a les caractéristiques suivantes :

- Tension de fonctionnement : 12V
- Puissance de sortie : 1.5W
- Taille du produit : 115 * 85* 2.5mm
- Rendement électrique des panneaux : 15 à 20 % **STC**.
- Puissance des panneaux : 5 à 300 **Wc**.
- Gamme d'éclairement : 100 à 1 000 **W/m2**.
- Usage : tous usages en extérieur de forte et moyenne puissance : télécoms, habitat, centrales et toits solaires.

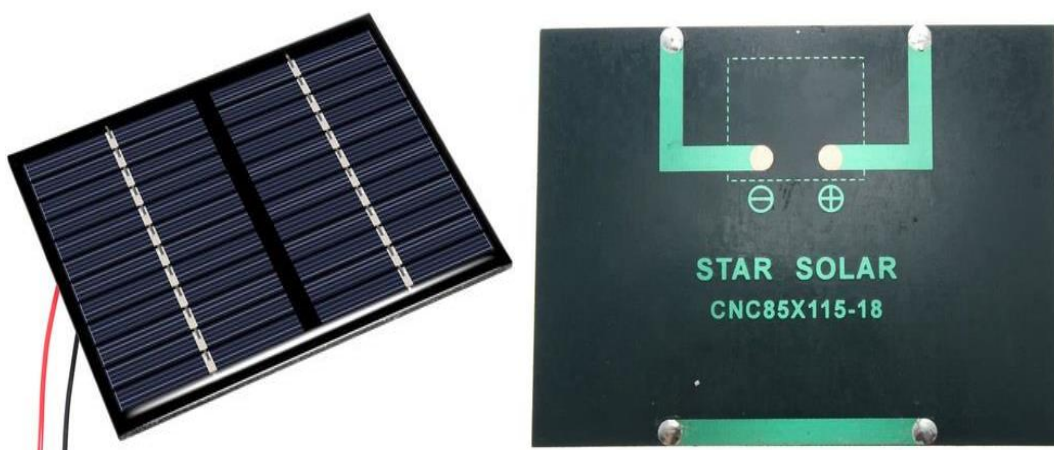


Figure II.2 : Vue avant et arrière de la Cellule utilisé pour le panneau PV.

II.3.2 Montage des cellules PV

Afin de construire notre module PV, nous avons utilisé six cellules solaires. Une configuration de branchement série/parallèle a été choisie pour assurer une tension et un courant suffisants. La topologie adoptée est présentée dans la figure II.3 où nous avons mis trois branches parallèles, chaque branche comporte deux cellules en série.

Le panneau solaire final résultant est illustré dans la figure II.4.

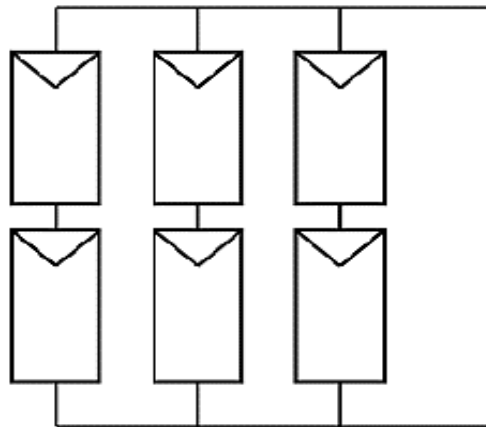


Figure II.3 : Branchement série/parallèle des cellules PV dans le panneau.



Figure II.4 : Image de panneau solaire construit.

Chapitre II Conception matérielle du système à réaliser

II.4 Système de d'acquisition et de supervision

II.4.1 Schéma synoptique de système de supervision

Vu la recherche bibliographique effectuée dans le chapitre précédent, nous avons opté pour le système d'acquisition présenté par le schéma synoptique de la figure II.5 pour la surveillance de notre système photovoltaïque.

Comme le montre le schéma, le système d'acquisition est constitué de :

- Une carte Arduino UNO pour l'acquisition et le traitement de données.
- D'un ensemble de capteurs : le INA19 pour mesure de courant et tension du panneau solaire, le TSL2561 pour mesurer l'éclairement, et la sonde de température DS18B20.
- Une interface graphique Sous le logiciel LABVIEW pour affichage des mesures et supervision que nous allons détailler dans le prochain chapitre.

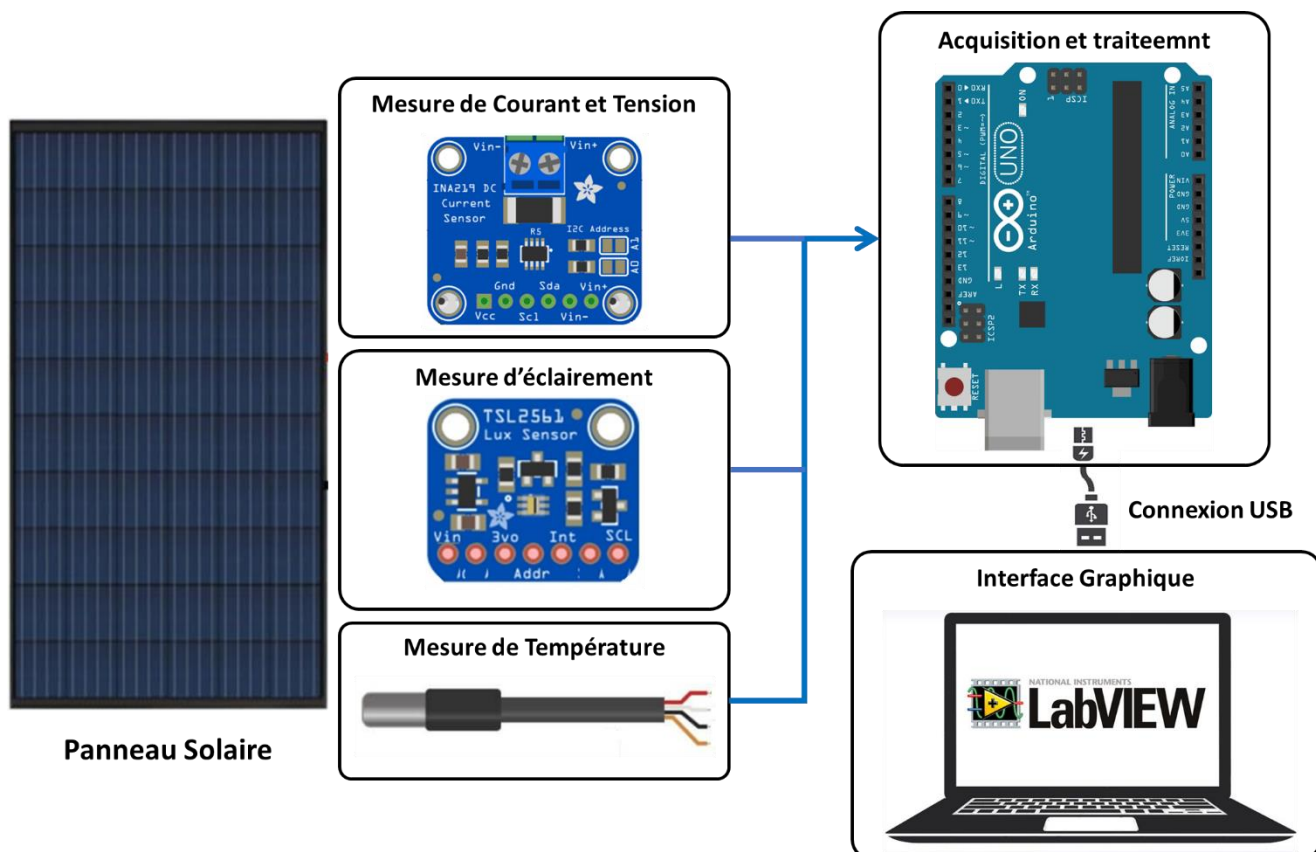


Figure II.5 : Schéma synoptique du système de supervision.

II.4.1.1 Carte Arduino UNO

Un Arduino UNO est une carte à microcontrôleur basée sur ATmega328P. Il dispose de 14 broches d'E / S numériques, de 6 entrées analogiques, d'une connexion USB, d'un cristal de quartz de 16 MHz, d'un bouton de réinitialisation et d'une prise d'alimentation, comme illustré à la figure 2. Arduino se compose également d'une carte programmable physique et d'un IDE logiciel qu'on doit utiliser pour écrire et télécharger le code [16].

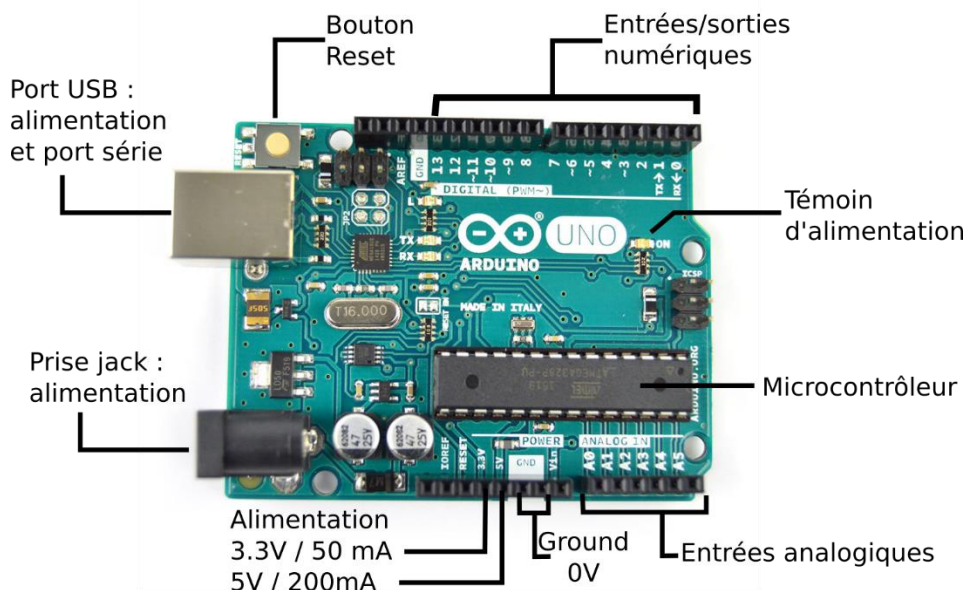


Figure II.6 : Structure d'une carte Arduino Uno.

II.4.1.2 Capteur de luminosité TSL2561

Le TSL2561 est un capteur de lumière numérique avancé, il est considéré comme un capteur intégrateur idéal pour une utilisation dans une large gamme de situations d'éclairage. Il est capable de mesurer à la fois de très petites et de très grandes quantités de lumière. Permettant des calculs de lux exacts et peut être configuré pour différentes plages de gain / synchronisation afin de détecter des plages de lumière allant jusqu'à 1 à 65536 lux à la volée [17].

➤ Caractéristiques :

- Se rapproche de la réponse de l'œil humain
- Plage de température : -30 à 80°C
- La plage dynamique (Lux) : 1 à 65536 Lux

➤ Caractéristiques :

- Alimentation : 3 à 5 Vcc
- Résistance de détection de courant : 0,1 ohm 1% 2W
- Tension continue jusqu'à 28V
- Courant jusqu'à 3,2A.
- Adresses I2C (sur 7 bits)

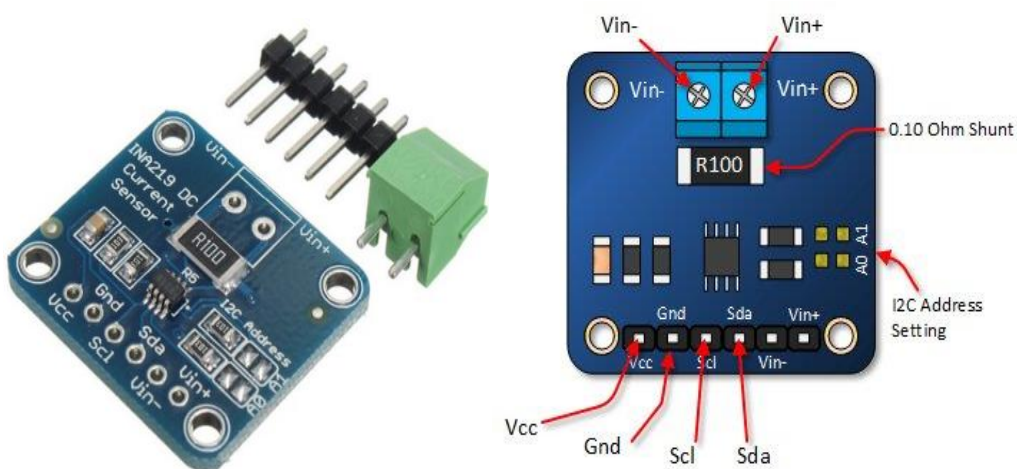


Figure II.8 : Module Capteur courant tension INA219 et sa structure.

II.4.1.4 Capteur de température DS18B20

Le DS18B20 est un capteur de température programmable à 1 fil. Il est largement utilisé pour mesurer la température dans des environnements difficiles comme dans les solutions chimiques, les mines ou le sol, etc. La constriction du capteur est robuste et peut également être achetée avec une option étanche, ce qui facilite le processus de montage. Il peut mesurer une large gamme de température de -55°C à $+125^{\circ}\text{C}$ avec une précision décente de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ [19].

➤ Caractéristiques :

- Fonctionnalités : la résistance de la flexibilité, une meilleure conductivité thermique.
- Longueur du câble : 200 CM

Chapitre II Conception matérielle du système à réaliser

- la taille de la gaine en acier inoxydable : 6 x 50mm
- Plage d'alimentation : 3.0V à 5.5V
- Température de fonctionnement : -55 °C à + 125 °C (-67 °F à + 257 °F)
- Plage de température de stockage : -55 °C à + 125 °C (-67 °F à + 257 °F)
- Précision sur la plage de -10 °C à + 85 °C : ± 0.5 °C.
- Application : commandes thermostatiques ; systèmes industriels ; thermomètres ; un système thermosensible.
- Brancher : rouge (VCC), jaune (DATA), noir (GND)
- (Justification du choix : faible cout, disponibilité, Étanchéité)

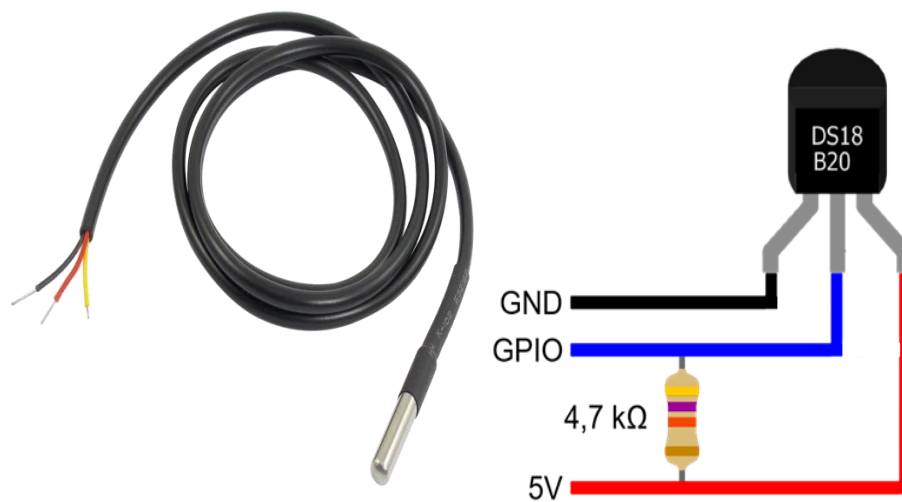


Figure II.9 : Capteur de température DS18B20 et son branchement.

II.4.2 Montage global de système de supervision

Le branchement global du circuit électronique du système d'acquisition est représenté par la figure II.9 réalisé sous le logiciel Fritzing.

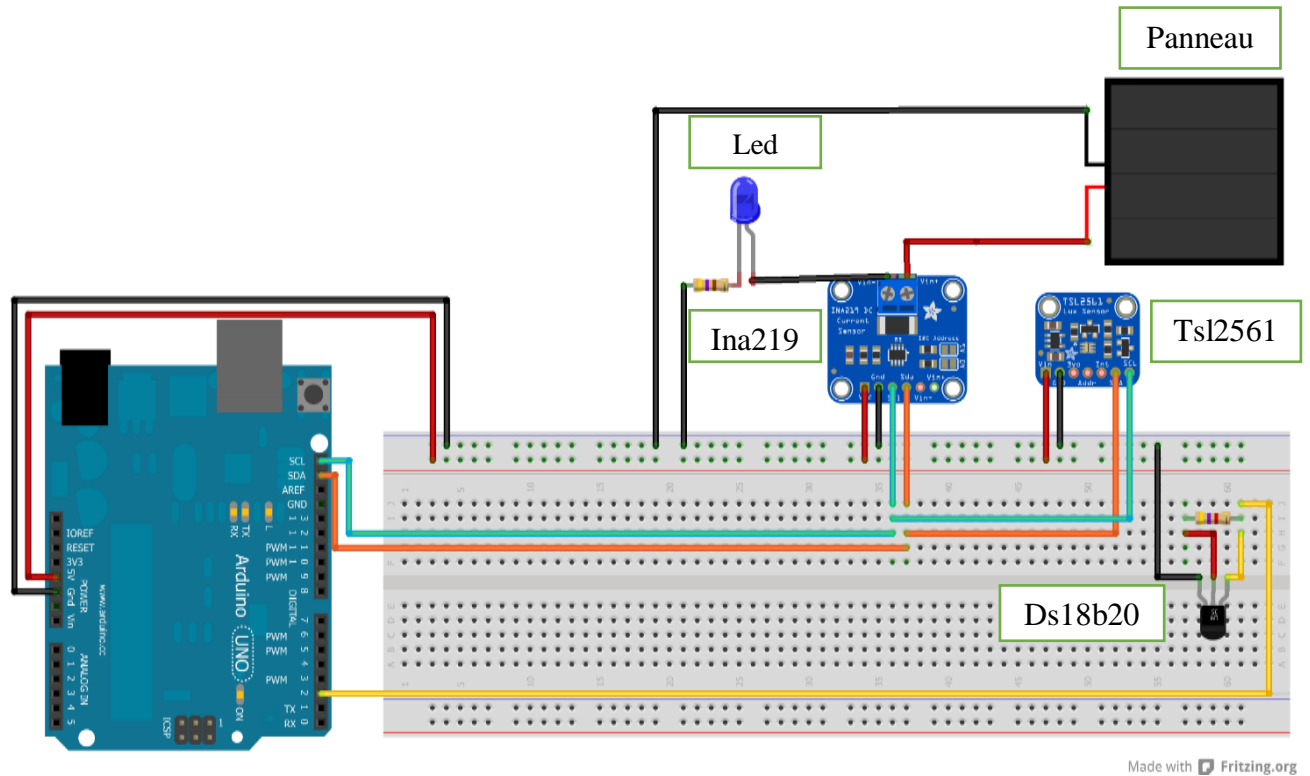


Figure II.10 : Montage de système de supervision (fritzing).

II.5 Suiveur solaire a deux axes

Dans cette partie du projet, nous allons focaliser sur la mise en place d'un système suiveur solaire à deux axes.

La réalisation d'un suiveur solaire à base d'une carte Arduino se base principalement sur un algorithme capable de poursuivre une source lumineuse en s'orientant de façon optimale en direction des rayons lumineux. L'action de poursuite est assurée par des mouvements de rotations selon deux axes (vertical et horizontal).

II.5.1 Schéma synoptique et Principe de fonctionnement du suiveur solaire

Le suiveur solaire comme le montre le schéma synoptique de la figure II.11 est équipé de quatre capteurs LDR (résistance sensible à la lumière), deux servomoteurs, une carte Arduino UNO, et évidemment une structure mécanique.

En fonction de la quantité de lumière reçue par chaque capteur LDR, le microcontrôleur génère une commande pour les servomoteurs afin d'orienter le panneau vers la source de lumière.

Le programme de microcontrôleur compare donc la luminosité reçue par chaque capteur et ajuste la position si une différence est détectée. Par exemple, si les capteurs

Chapitre II Conception matérielle du système à réaliser

du haut reçoivent plus de lumière que ceux du bas, le programme va orienter le panneau vers le haut pour compenser. Ce sera le même principe pour la gauche et la droite [20].

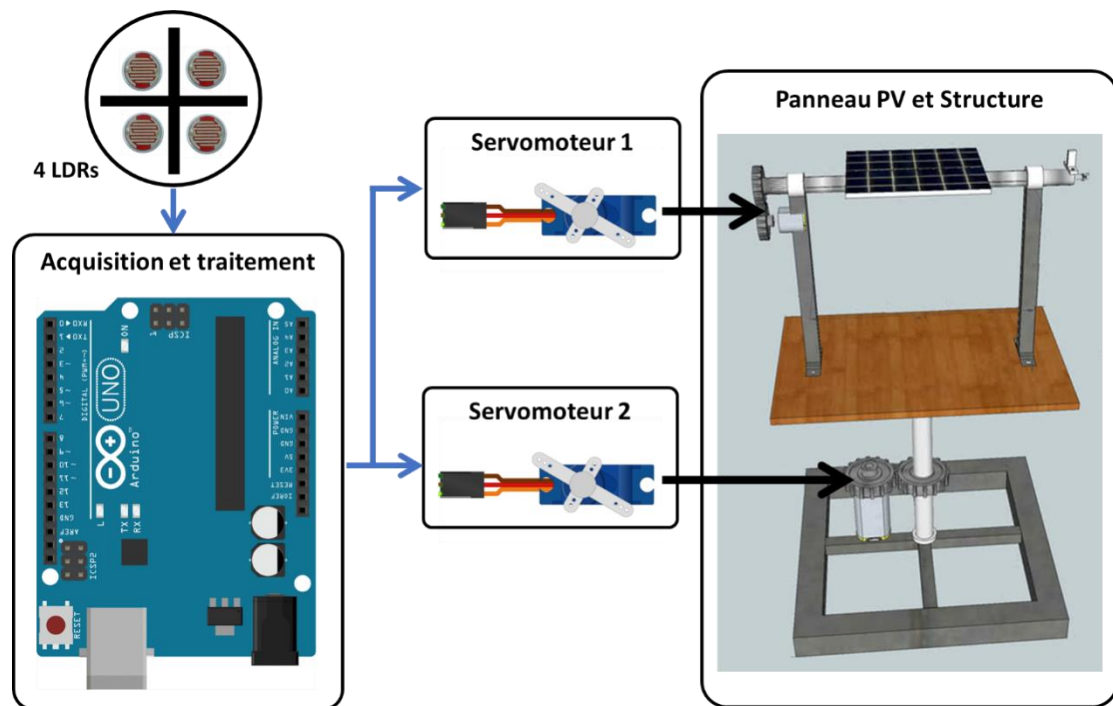


Figure II.11 : Schéma synoptique du suiveur solaire.

II.5.1.1 Le système de mesure de lumière

Comme il a été mentionné, le système de mesure de lumière pour le suiveur solaire est équipé de quatre résistances sensibles à la lumière LDR.

a) Définition d'une LDR

Une résistance LDR est également connue sous le nom de photorésistance, cellule photoélectrique, photoconducteur. Il s'agit d'un type de résistance dont la résistance varie en fonction de la quantité de lumière tombant sur sa surface [20].

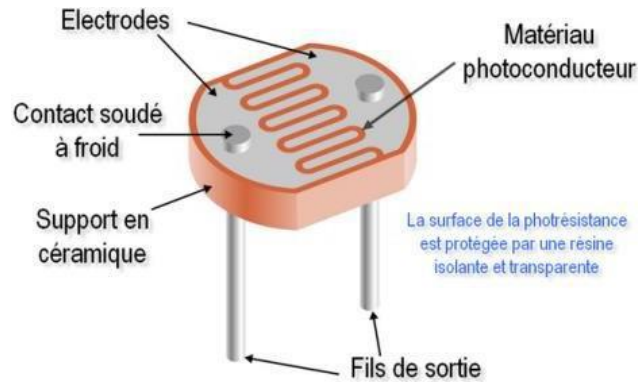


Figure II.12 : Structure d'une LDR standard.

b) Principe de fonctionnement de LDR

Une photorésistance est composée d'un semi-conducteur à haute résistivité. Si la lumière incidente est de fréquence suffisamment élevée, elle transporte une énergie importante. Au-delà d'un certain niveau propre au matériau, les photons absorbés par le semi-conducteur donneront aux électrons liés assez d'énergie pour passer de la bande de valence à la bande de conduction. La compréhension de ce phénomène entre dans le cadre de la théorie des bandes. Les électrons libres et les trous d'électron ainsi produits abaissent la résistance du matériau.

Lorsque le photon incident est suffisamment énergétique, la production des paires électron-trou est d'autant plus importante que le flux lumineux est intense. La résistance évolue donc comme l'inverse de l'éclairement, cette relation peut être considérée comme linéaire sur une plage d'utilisation limitée [21].

Pour détecter la variation de la lumière par une LDR dans un système à microcontrôleur on doit utiliser un montage potentiométrique comme le montre la figure II.13 qui converti la variation de la résistance a une variation de tension que le microcontrôleur peut lire et convertir en une valeur numérique.

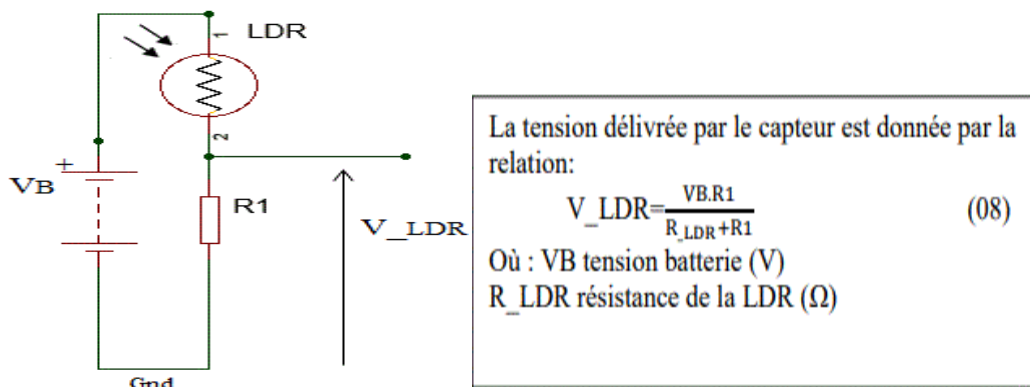


Figure II.13 : Montage potentiométrique pour un capteur LDR.

c) Principe de poursuite de la lumière par 4 LDR

Les LDRs sont positionnés de manière à être séparés les uns des autres par une longue barrière figure II.14, ce qui garantit qu'à moins que la lumière ne tombe pas perpendiculairement sur les LDRs, une ou deux LDR seulement seront exposés à la lumière, tandis que les autres resteront dans l'ombre.

En conséquence, si les LDRs sont pointés vers le point de puissance maximale, alors tous les quatre obtiendront la même intensité lumineuse figure II.15.

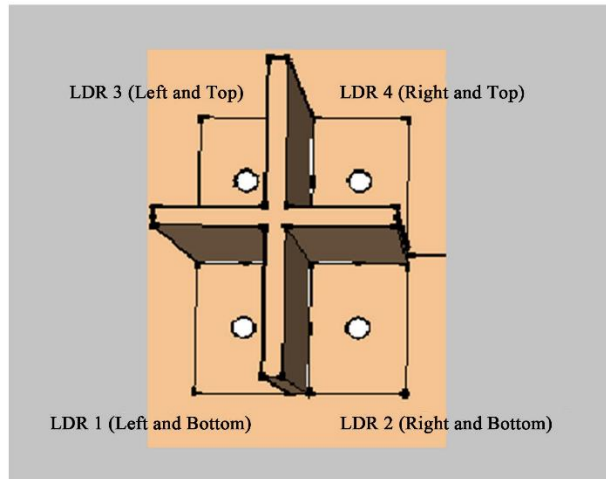


Figure II.14 : Montage des LDRs dans le système suiveur.

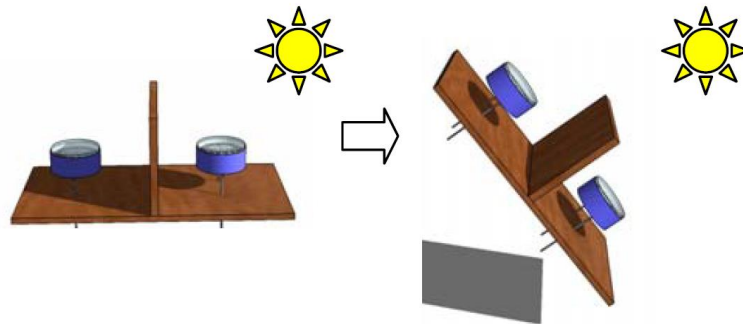


Figure II.15 : Principe de fonctionnement des LDRs dans le système suiveur.

II.5.1.2 Les actionneurs de suiveur solaire (Servomoteurs)

a) Définition et principe d'un servomoteur

Il existe divers types de servomoteurs, de taille, poids et couple (force) différents. Le fonctionnement interne d'un servomoteur est assez basique.

Chapitre II Conception matérielle du système à réaliser

Un servomoteur contient un petit circuit électronique permet de contrôler un 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 entraîne 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.

Il suffit de donner une consigne au servomoteur ("reste à 45°" par exemple) et le servomoteur fera son maximum pour rester au plus près de cette consigne [22].

b) Le Servomoteur MG996

Ce Servo numérique est le plus haut de la gamme de taille standard Tower Pro, il est équipé de pignons métaux et de 2 roulements lui assurant une précision et une longévité sans égale. Le couple est exceptionnel (jusqu'à 10kg/cm) [23].

➤ Caractéristiques :

- Type : Tower Pro MG996
- Dimensions : 40.7*19.7*42.9mm
- Pignons tout métal
- Double roulement
- Moteur coreless
- Vitesse : 0.20 sec/60° sous 4.8V
- Couple : 10Kg/cm sous 6.0V
- Tension : 4.8V - 6V
- Prise type UNI –Graupner



Figure II.16 : Le Servomoteur MG996.

II.5.3 Montage global de suiveur solaire

Le branchement global du circuit électronique du suiveur solaire est représenté par la figure II.17 réalisé sous le logiciel Fritzing.

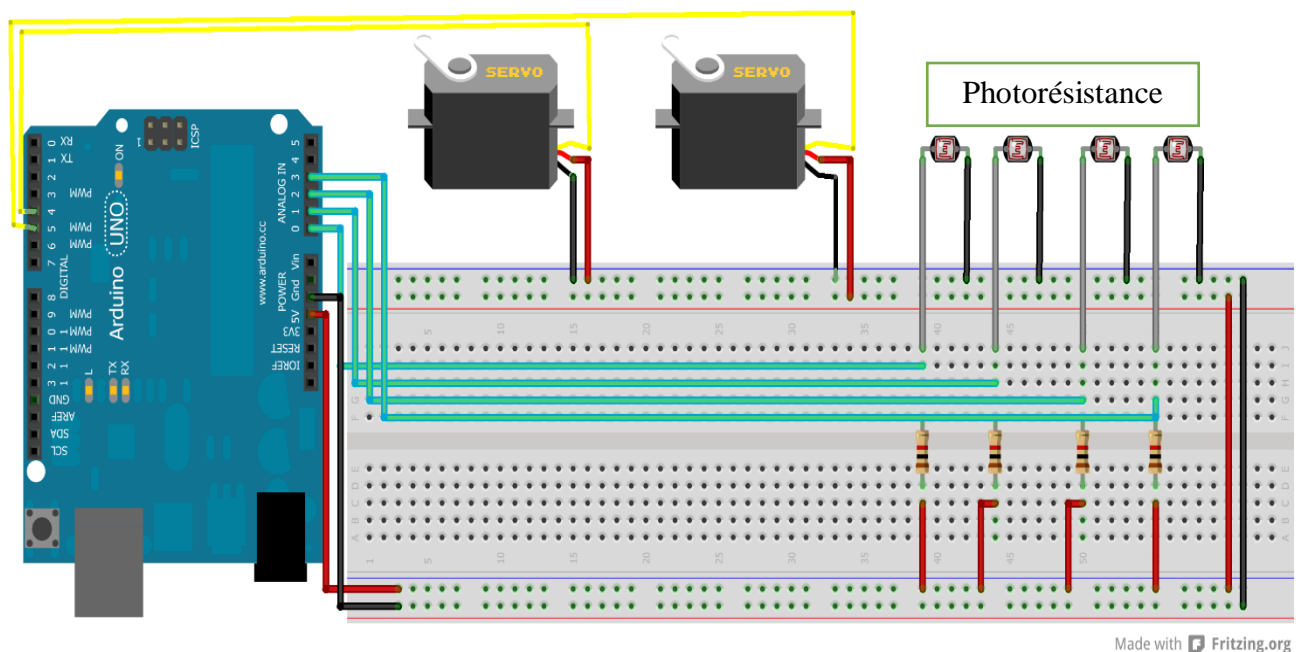


Figure II.17 : Montage du circuit électrique du système suiveur solaire.

II.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le principe et la structure matérielle des différentes parties de notre projet à savoir le panneau solaire, le suiveur solaire, et le système de supervision. La partie programmation et le développement de l'interface

Chapitre II Conception matérielle du système à réaliser

graphique de supervision sous l'environnement LabVIEW seront entamés dans le prochain chapitre.

CHAPITRE III

Conception de la partie Software

III.1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter la partie programmation de notre système ainsi que le développement de l'interface graphique de supervision sous l'environnement LABVIEW, en éclaircissant les fonctions du programme utilisé pour faire la transmission des mesures donnés par les capteurs acquis par la carte Arduino à l'interface graphique pour la visualisation.

III.2 Programmation des Cartes Arduino

III.2.1 L'environnement de programmation Arduino IDE

La carte Arduino présente le noyau de notre système, et pour qu'on puisse la programmer, un logiciel compatible est mis à notre disposition avec cette carte, ce logiciel est Arduino IDE.

L'environnement de développement Arduino (IDE en anglais) est une application Java multiplateforme, c'est-à-dire, fonctionnant sur plusieurs systèmes d'exploitation. Ce dernier, joue le rôle d'éditeur de code et de compilateur, qui peut transférer le firmware (le programme) à travers de la liaison série asynchrone.

La figure ci-dessous, représente l'interface visuelle de l'environnement à l'ouverture :

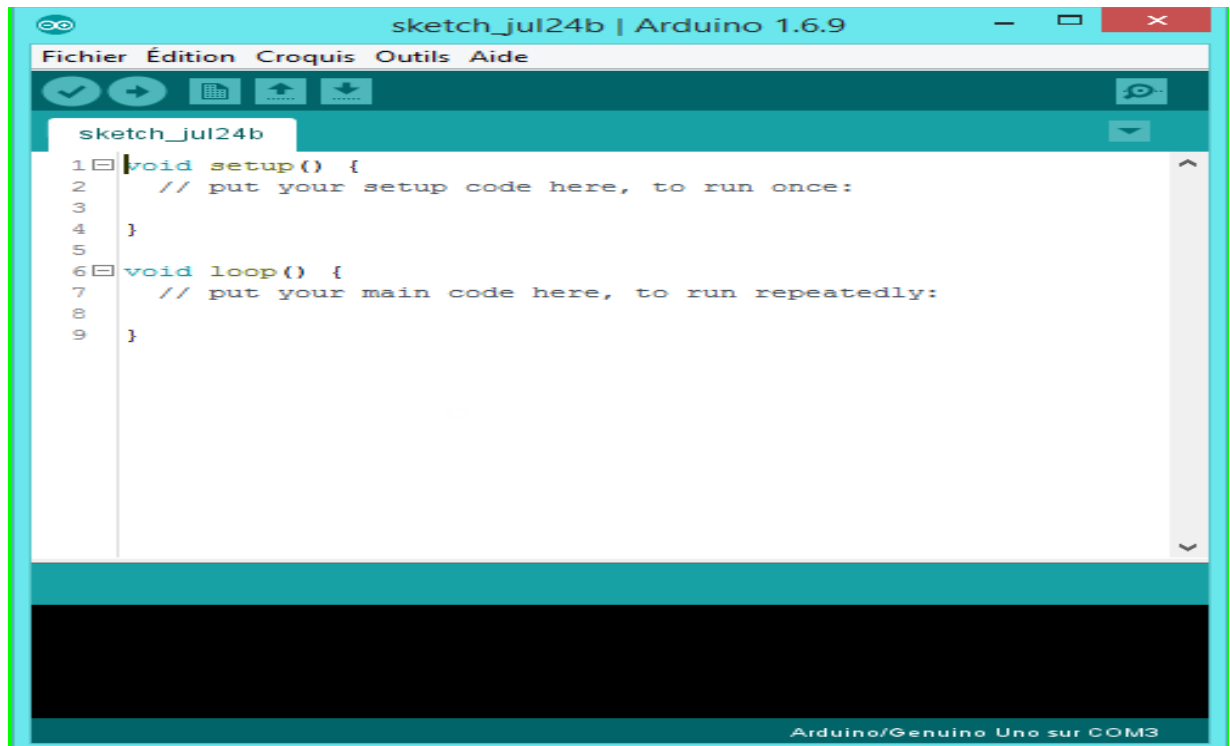


Figure III. 1. Fenêtre principale l'environnement de développement Arduino.

III.2.2 Description du logiciel Arduino

Le logiciel Arduino a pour fonctions principales :

- D'écrire et compiler des programmes pour la carte Arduino.
- De se connecter avec la carte Arduino pour y transférer les programmes.
- De communiquer avec la carte Arduino.

Cet espace de développement intégré (IDE) dédié au langage Arduino et à la programmation des cartes Arduino comporte plusieurs barres à savoir : **BARRE DE MENUS** et **BARRE DE BOUTONS** qui regroupe tous les raccourcis du logiciel afin de simplifier au maximum son utilisation. **Un EDITEUR** (à coloration syntaxique) pour écrire le code du programme. **Une ZONE DE MESSAGES** qui affiche indique l'état des actions en cours une **CONSOLE TEXTE** qui affiche les messages concernant le résultat de la compilation du programme.

Et enfin Le logiciel Arduino intègre également : **Un TERMINAL SERIE** qui permet d'afficher des messages textes reçus de la carte Arduino et d'envoyer des caractères vers la carte Arduino.

Cette fonctionnalité permet d'afficher sur l'ordinateur l'état de variables, de résultats de calculs ou de conversions analogique-numérique : un élément essentiel pour améliorer, tester et corriger ses programmes.

III.2.3 Organigramme et code de suiveur solaire et système d'acquisition

Avant de passer à la partie implémentation on doit d'abord réaliser un organigramme qui explique le déroulement des différentes séquences, il comporte plusieurs instructions dont la fin d'exécution succède toujours à son recommencement. Chaque action est symbolisée par un rectangle et chaque choix est symbolisé par un losange.

III.2.3.1 Organigramme et code de suiveur solaire

Le principe de notre programme consiste à mesurer la lumière reçue par chaque photorésistance en mesurant la tension à leurs bornes. Cette mesure est réalisée grâce à la connexion des ports pin A0 à A3 de la carte Arduino. Le programme compare ensuite ces tensions en ordonnant aux servomoteurs de pivoter dans la direction des photorésistances qui reçoivent le plus de lumière.

L'organigramme du suiveur solaire est illustré dans la figure ci-dessous :

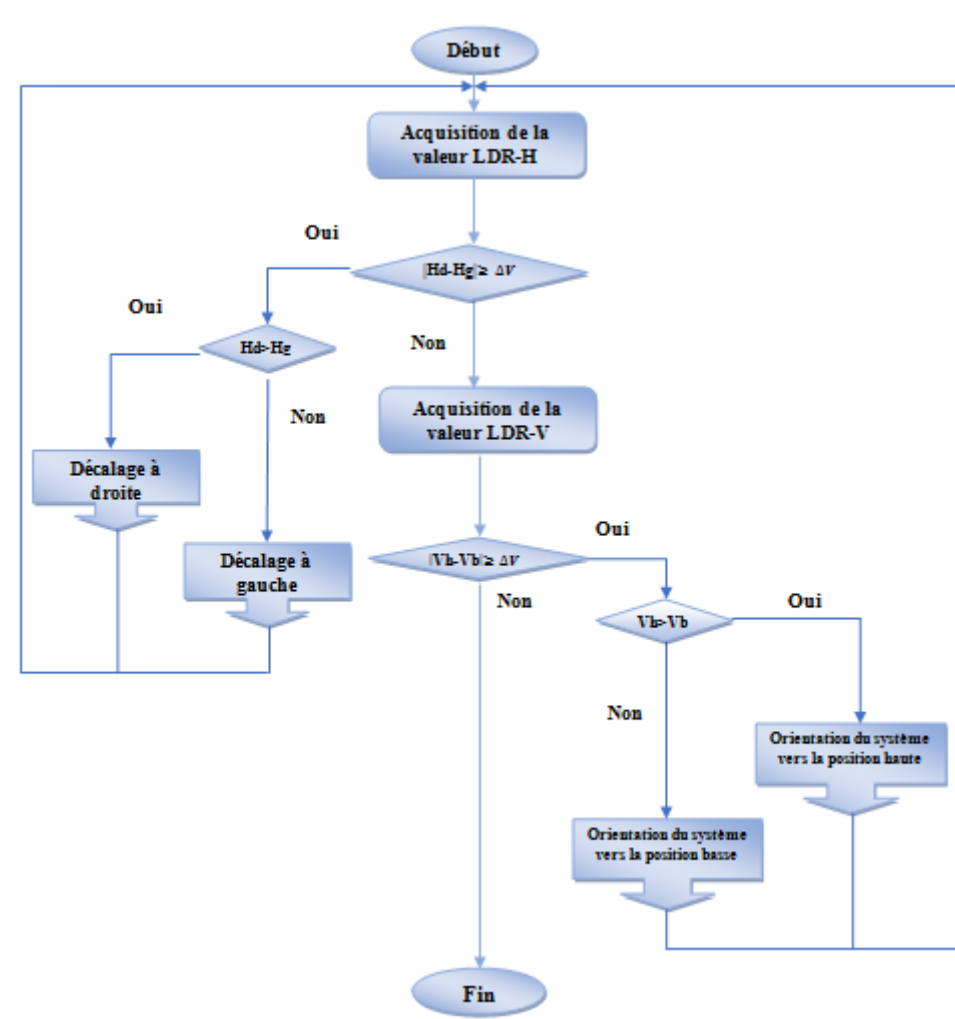


Figure III.2 : organigramme du suiveur solaire

Cet organigramme est interprété comme un code sous l'environnement Arduino afin de l'implémenter dans la carte Arduino UNO comme le montre la figure III.3.

```

solar20
| #include <Servo.h>
| //defining Servos
| Servo servohori;
| int servoh = 0;
| int servohLimitHigh = 160;
| int servohLimitLow = 20;
|
| Servo servoverti;
| int servov = 90;
| int servovLimitHigh = 160;
| int servovLimitLow = -90;
| //Assigning LDRs
| int ldrtopl = A0; //top left LDR green
| int ldrtopr = A1; //top right LDR yellow
| int ldrbotl = A2; // bottom left LDR blue
| int ldrbotr = A3; // bottom right LDR orange
|
| void setup ()
| {
|   servohori.attach(4);
|   servohori.write(0);
|   servoverti.attach(5);
|   servoverti.write(0);
|   delay(500);
| }
|
| void loop()
| {
|   servoh = servohori.read();

```

Figure III.3 : Programme Arduino pour le système suiveur solaire.

III.2.3.2 Organigramme et code de système d'acquisition

Le programme de système d'acquisition est simple, il consiste à acquérir les données issues de différents capteurs (courant, tension, éclaircissement, température) puis les envoyer vers la communication série de port série de l'Arduino.

L'organigramme du système d'acquisition est représenté dans la figure suivante :

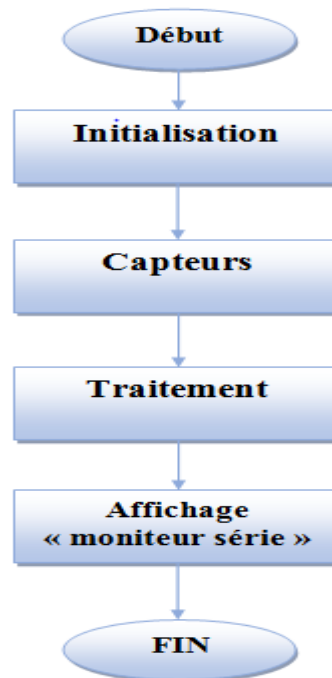
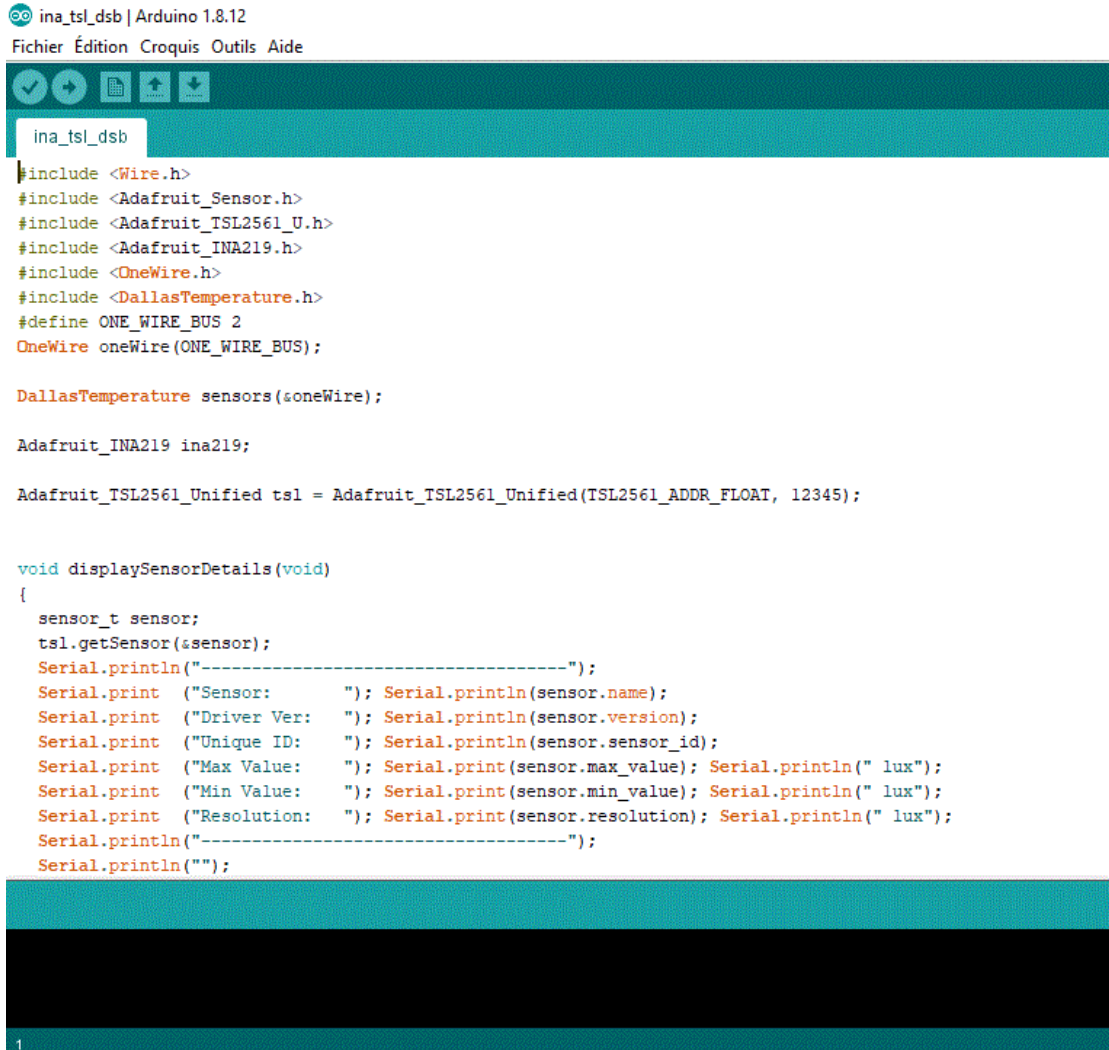


Figure III.4 : Organigramme du système d'acquisition

Le code relatif à cet organigramme sous l'environnement Arduino est illustré par la figure III.5.



```
ina_tsl_dsb | Arduino 1.8.12
Fichier Édition Croquis Outils Aide

ina_tsl_dsb

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_TSL2561_U.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);

DallasTemperature sensors(&oneWire);

Adafruit_INA219 ina219;

Adafruit_TSL2561_Unified tsl = Adafruit_TSL2561_Unified(TSL2561_ADDR_FLOAT, 12345);

void displaySensorDetails(void)
{
  sensor_t sensor;
  tsl.getSensor(&sensor);
  Serial.println("-----");
  Serial.print ("Sensor:      "); Serial.println(sensor.name);
  Serial.print ("Driver Ver:   "); Serial.println(sensor.version);
  Serial.print ("Unique ID:    "); Serial.println(sensor.sensor_id);
  Serial.print ("Max Value:    "); Serial.print(sensor.max_value); Serial.println(" lux");
  Serial.print ("Min Value:    "); Serial.print(sensor.min_value); Serial.println(" lux");
  Serial.print ("Resolution:   "); Serial.print(sensor.resolution); Serial.println(" lux");
  Serial.println("-----");
  Serial.println("");
}
```

Figure III.5 : Programme Arduino pour le système de surveillance.

III.3 Interface graphique de supervision sous LabVIEW

LABVIEW est un logiciel de développement d'applications de la société américaine *National Instrument* conçu spécifiquement pour les ingénieurs et les scientifiques. Il fournit également un langage de programmation graphique nommé « G » qui utilise un modèle de flux de données au lieu du code, comme illustré à la figure III.6. Ce logiciel est couramment utilisé pour l'acquisition de données sur divers systèmes d'exploitation.



Figure III.6 : Logo de logiciel LabVIEW de National Instrument.

Pour le développeur, un programme en langage G se présente comme un schéma, le diagramme, le regroupement de différentes icônes se fait par des fils de couleur. Chaque fil symbolise le passage d'une donnée depuis une source dont elle sort (comme résultat), vers une cible où elle entre (comme paramètre).

Les domaines d'application traditionnels de LabVIEW sont la commande et la mesure à partir d'un PC (acquisition de données, contrôle-commande d'instruments de mesure et de dispositifs expérimentaux) [24].

III.3.1 L'environnement LabVIEW

Le programme LabVIEW se compose d'un schéma fonctionnel (bloc diagram) et de la face-avant (front panel). Le panneau avant est destiné à l'utilisateur et sert d'indicateur et de contrôle. Les schémas fonctionnels sont créés pour fournir des informations à l'instrument virtuel tandis que l'indicateur est sorti pour indiquer et afficher le résultat en fonction des entrées données. Un outil LINX LabVIEW est utilisé pour contrôler à distance l'entrée et interagir avec des plates-formes embarquées courantes comme Arduino. La figure suivante montre un exemple dans LabVIEW [25].

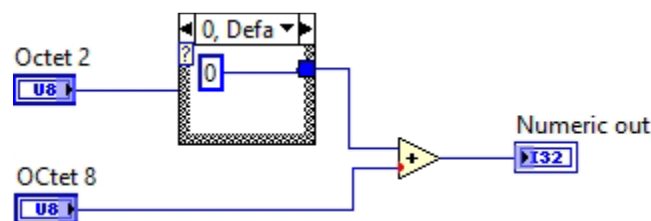


Figure III.7 : Somme de deux octets.

III.3.2 Développement de l'interface Graphique de supervision

Après avoir réalisé le système d'acquisition et implémenter son code sur l'Arduino, on procède à la mise en place de l'interface graphique de supervision sous LABVIEW qui sera constituée de deux parties comme cité précédemment à savoir le diagramme et la face avant [26].

III.3.2.1 Front panel

La face avant ou bien front panel de l'interface graphique représente la phase finale de notre système d'acquisition. Elle permet de visualiser les quatre signaux mesurés par les cartes de mesures. Nous avons procédé à deviser la face avant en trois parties (panels) :

- **Vue Générale :** Cette partie permet d'afficher et de connecter le port série de la carte d'acquisitions. Cette partie affiche aussi les mesures actuelles données par chaque capteur à savoir : le capteur d'éclairement, de la température, de la tension et du courant.

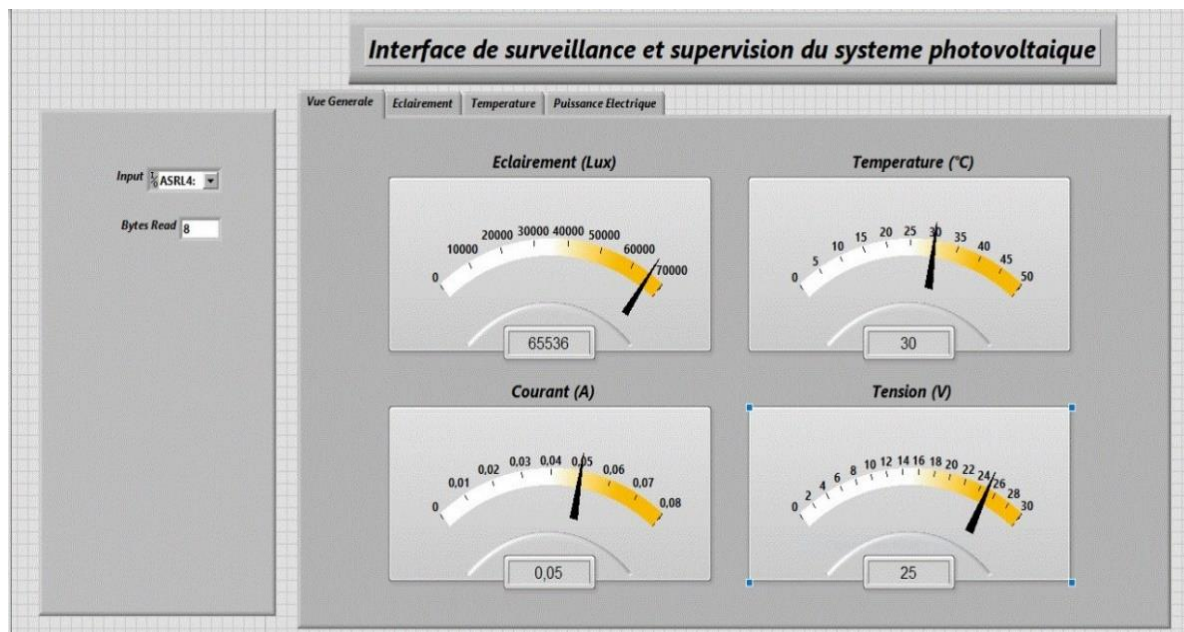


Figure III.8 : Vue Générale de la face avant.

- **Vue Eclairement / Température :** dans cette vue, on affiche les valeurs de mesure reliées à la température et l'éclairement. Elle affiche aussi l'historique de variation de ces paramètres en fonction du temps.

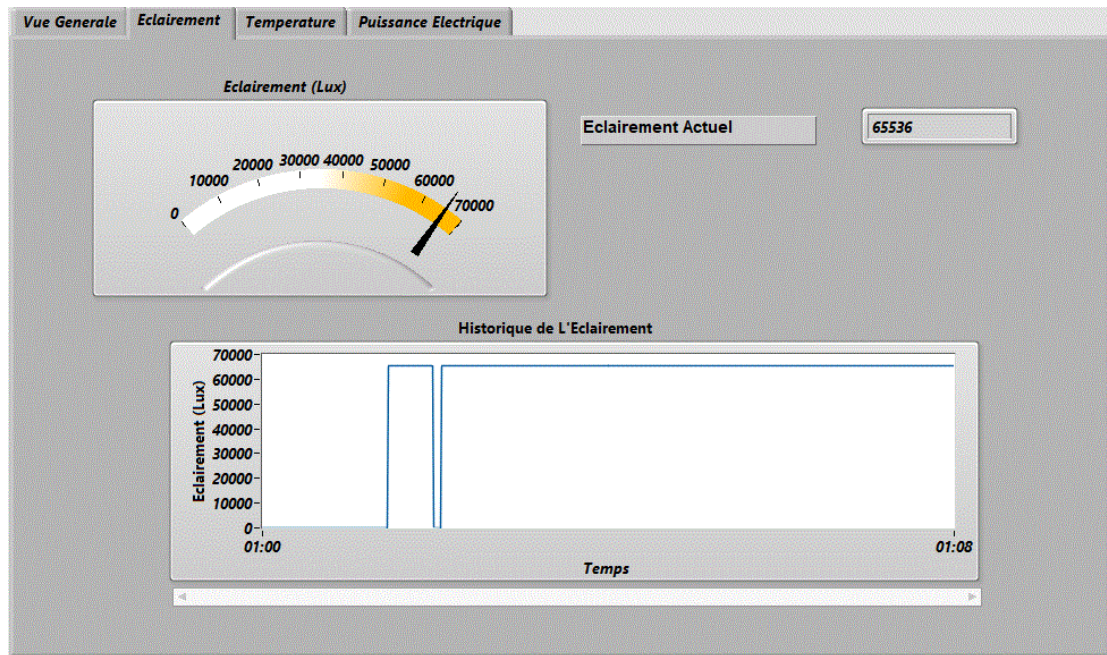


Figure III.9 : Vue d'éclairage de la face avant.

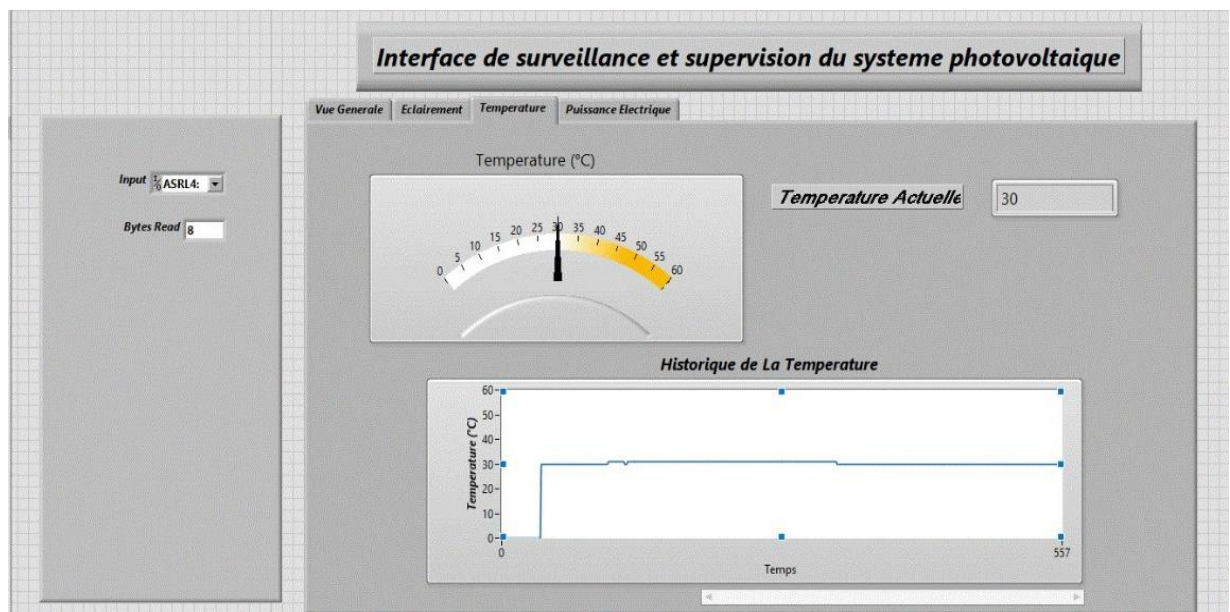


Figure III.10 : Vue du Température de la face avant.

- **Vue Puissance électrique :** cette partie affiche les valeurs actuelles et l'historique des paramètres reliés à la puissance produite par le panneau solaire, à savoir la tension, le courant, et la puissance électrique.

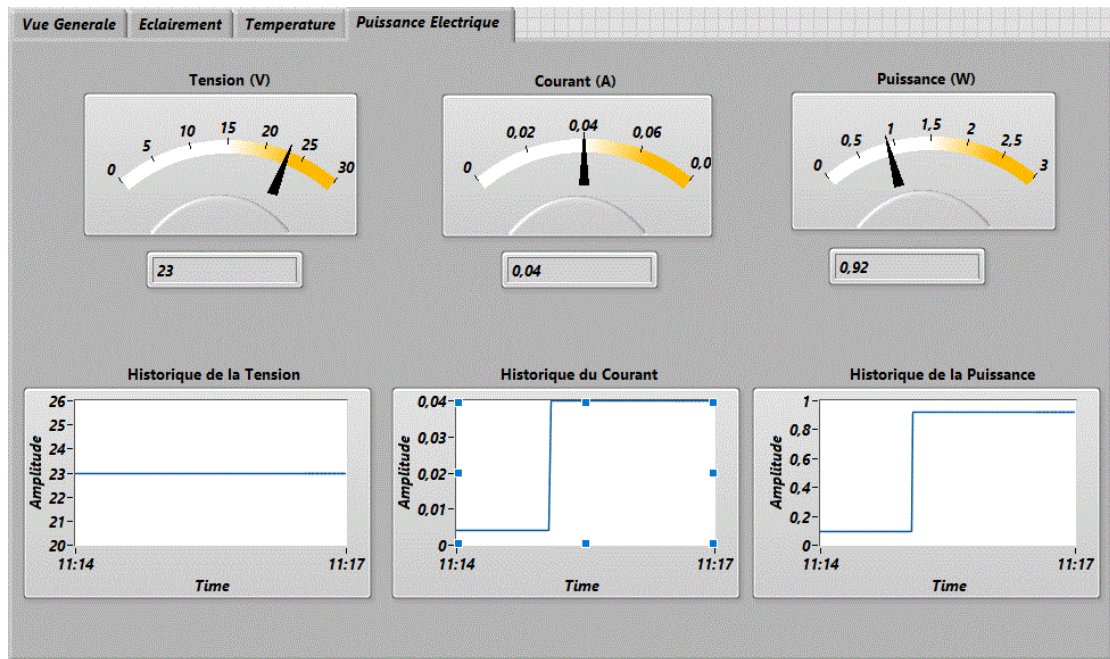


Figure III.11 : Vue du Puissance Electrique de la face avant.

III.3.2.2 bloc diagram

Nous avons créé un programme en langage G qui permet de gérer la communication série entre l'ordinateur et le microcontrôleur Arduino, recevoir les données issues des capteurs puis les afficher sur la face avant de notre interface. Ce programme est constitué de plusieurs parties comme présenté dans la figure III.12 :

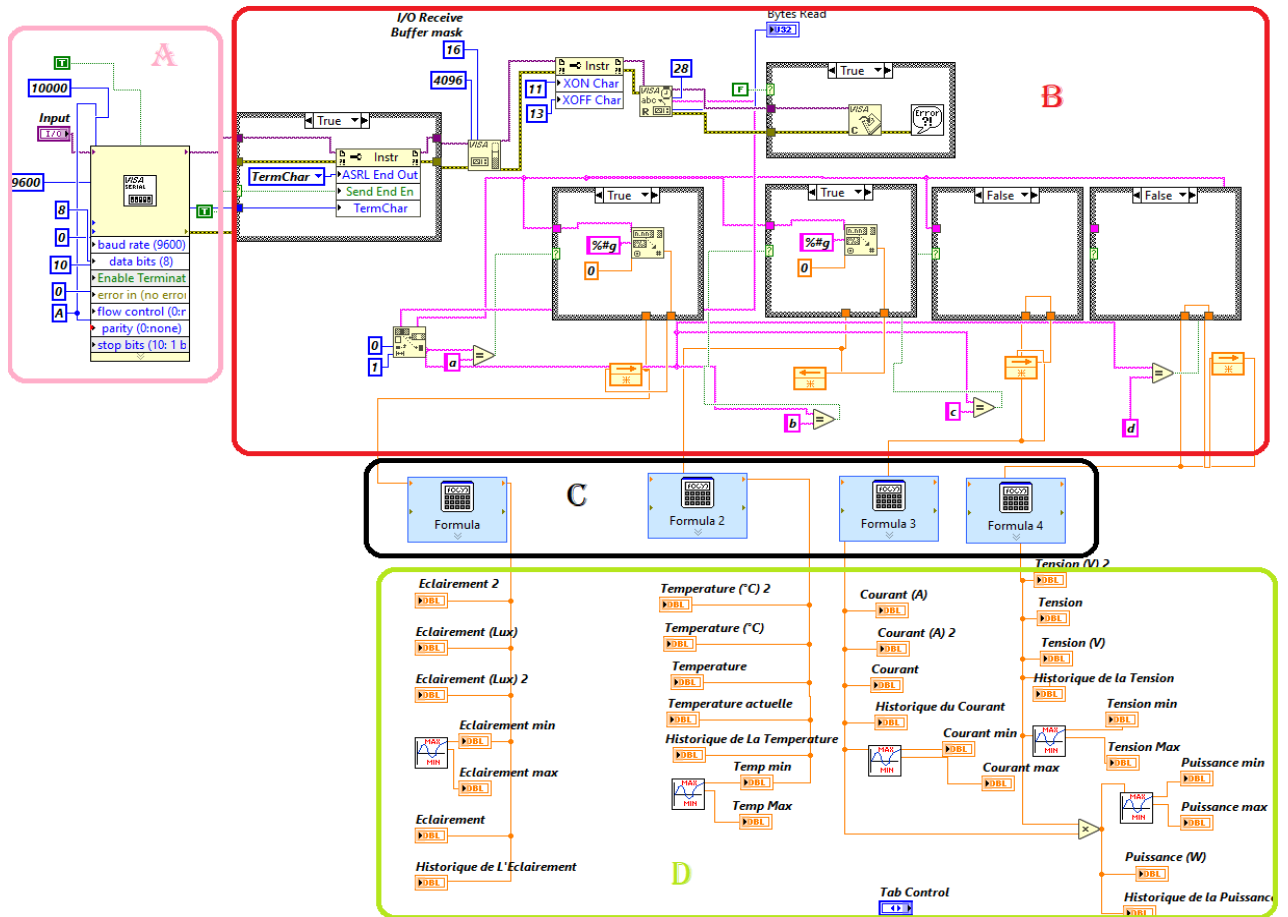


Figure III.12 : Programme en langage G de l'interface graphique.

- **Bloc A : Visa serial**

La visa sériel permet de configurer le port série (vitesse de transmission, parité, nombre de bits de stop...).

- **Bloc B : Récupération des données**

Cette partie du programme contient un bloc qui permet de lire le contenu du registre de l'USB qui est constitué de plusieurs Octets (8 aux totales).

- **Bloc C : Adaptation et étalonnage de la sortie des capteurs**

Après avoir les récupérer les valeurs de mesure de chaqu'un des quatre capteurs, cette partie nous permet de restituer les valeurs réelles des mesure en utilisant les blocs formules. Ces blocs permettent d'écrire une équation qui définit sa sortie en fonction de l'entrée.

- **Bloc D : Indicateur et afficheurs**

Ce programme présente les afficheurs et les graphes qui apparaissent sur la face avant de notre interface graphique. Pour afficher la puissance électrique, une simple multiplication des valeurs de courant et tension a été faite.

III.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous sommes arrivés à la finalité de la programmation Arduino et la réalisation du système de supervision, et enfin la mise en place de l'interface graphique sous l'environnement LabVIEW.

CHAPITRE IV

Finalité du projet et tests pratiques

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons finaliser notre projet, et présenter notre réalisation dans sa forme finale. Des essais pratiques seront conduits sur le système réalisé afin d'évaluer les performances du suiveur solaire ainsi l'efficacité du système d'acquisition dans la surveillance des paramètres du panneau solaire réalisée. Une comparaison sera effectuée entre le solaire fixe et le panneau avec le suiveur a deux axes au long d'une journée complète.

IV.2 Tests Pratiques

IV.2.1 Mesure des paramètres du panneau solaire réalisé

Dans cette partie nous allons effectuer des essais pratiques sur le panneau que nous avons construit à partir de cellules solaire, ou nous allons déterminer ses paramètres à savoir le courant de court-circuit et la tension du circuit ouvert.

IV.2.1.1 Mesure de Courant de court-circuit

Il s'agit du courant lorsque le potentiel appliqué au panneau est nul. C'est le plus grand courant que le panneau solaire peut fournir. Ce courant est linéairement dépendant de l'intensité lumineuse reçue.



Figure IV.1 : Mesure de Courant de court-circuit de panneau réalisé.

IV.2.1.2 Mesure de Tension circuit ouvert

Comme son nom l'indique, c'est la tension aux bornes de panneau lorsqu'il n'est pas connecté à une charge ou lorsqu'elle est connectée à une charge de résistance infinie. Elle dépend de plus de l'éclairement de la cellule.



Figure IV.2 : Mesure de Tension circuit ouvert de panneau réalisé.

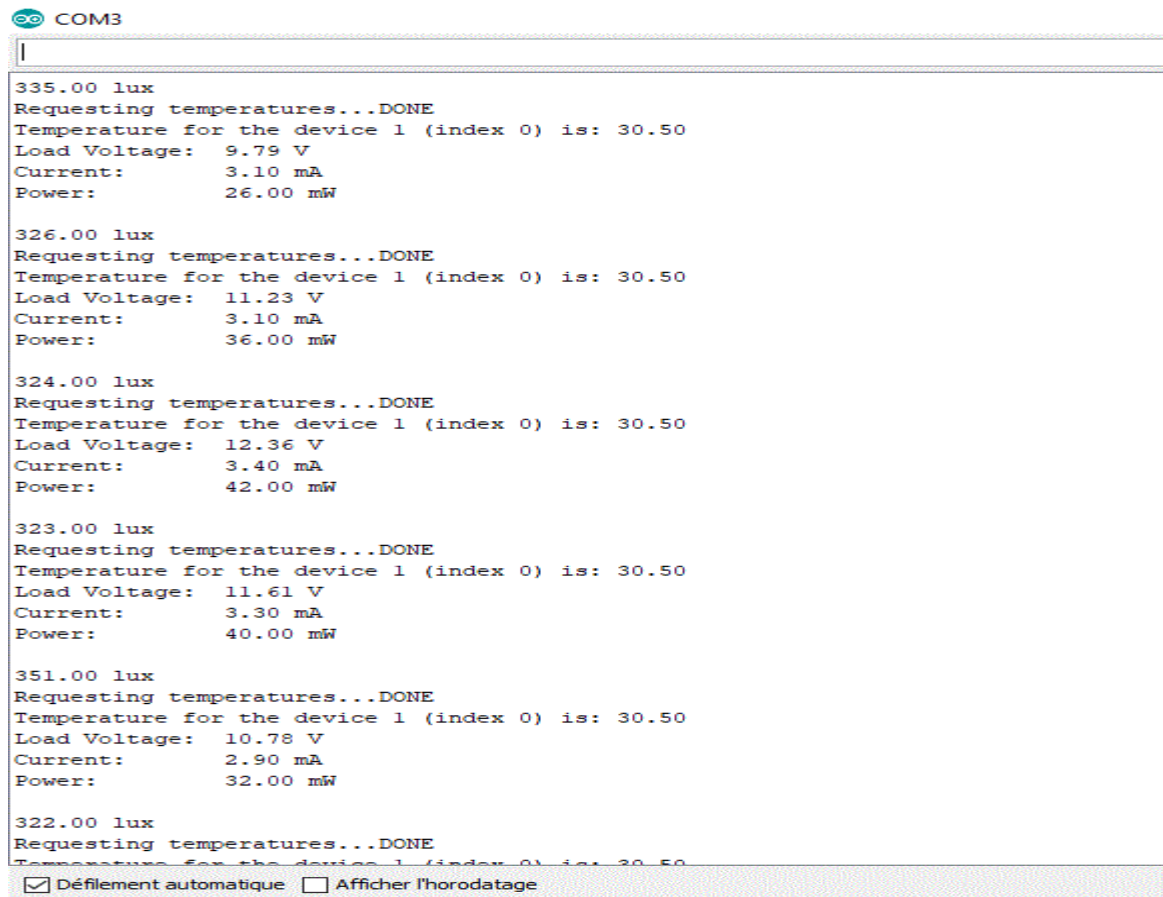
Comme le montre la figure IV.1, le courant de court-circuit de notre panneau réalisé atteint une valeur de 0.412A, alors que sa tension circuit ouvert est 26.57V comme le montre la figure IV.2. Ces paramètres restent dépendants de l'éclairement reçu par le panneau.

IV.2.2 Test et évaluation du système d'acquisition

Dans cette partie nous allons présenter le fonctionnement de notre système d'acquisition et montrer sa capacité de mesurer les grandeurs du panneau et les envoyer vers l'interface graphique pour affichage et surveillance. Il est à rappeler que les grandeurs mesurées et affichées sont : le courant, la tension, l'éclairement et la température du panneau.

IV.2.2.1 Mesures acquises par l'Arduino de système d'acquisition

La figure ci-dessous présente les valeurs des grandeurs mesurées par l'Arduino et transmises vers le port série, la figure obtenue par l'outil Moniteur Série de l'Arduino IDE



```
COM3
|
335.00 lux
Requesting temperatures...DONE
Temperature for the device 1 (index 0) is: 30.50
Load Voltage: 9.79 V
Current: 3.10 mA
Power: 26.00 mW

326.00 lux
Requesting temperatures...DONE
Temperature for the device 1 (index 0) is: 30.50
Load Voltage: 11.23 V
Current: 3.10 mA
Power: 36.00 mW

324.00 lux
Requesting temperatures...DONE
Temperature for the device 1 (index 0) is: 30.50
Load Voltage: 12.36 V
Current: 3.40 mA
Power: 42.00 mW

323.00 lux
Requesting temperatures...DONE
Temperature for the device 1 (index 0) is: 30.50
Load Voltage: 11.61 V
Current: 3.30 mA
Power: 40.00 mW

351.00 lux
Requesting temperatures...DONE
Temperature for the device 1 (index 0) is: 30.50
Load Voltage: 10.78 V
Current: 2.90 mA
Power: 32.00 mW

322.00 lux
Requesting temperatures...DONE
Temperature for the device 1 (index 0) is: 30.50
 Défilement automatique  Afficher l'horodatage
```

Figure IV.3 : Grandeurs mesurées et envoyées vers le port série de l'Arduino.

IV.2.2.2 Mesures acquises affichées sur l'interface graphique sur LABVIEW

Pour avoir une meilleure apparence et visibilité des données de mesures dans le but de surveillance de panneau solaire, une interface graphique a été développée sous l'environnement LabVIEW. Cette interface permet d'afficher en continu les grandeurs mesurées sous différentes formes (numérique, indicateur à aiguille, et graphique).

Les différentes faces de cette interface lors des essais pratiques sont illustrées dans les figures qui suivent.

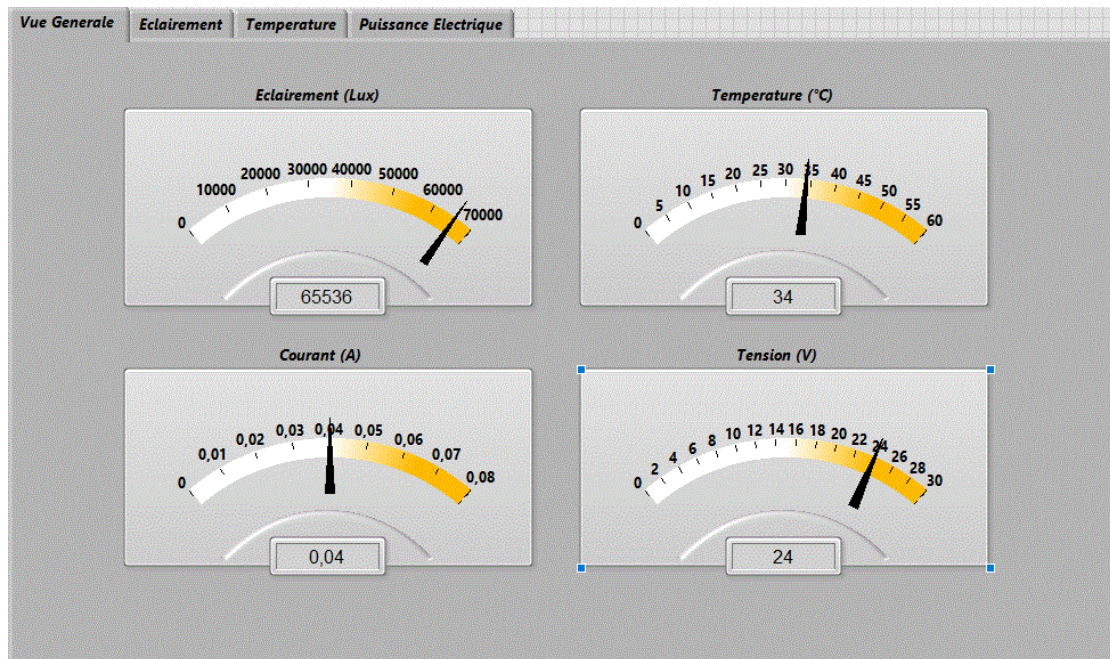


Figure IV.4 : vue générale de système de surveillance.

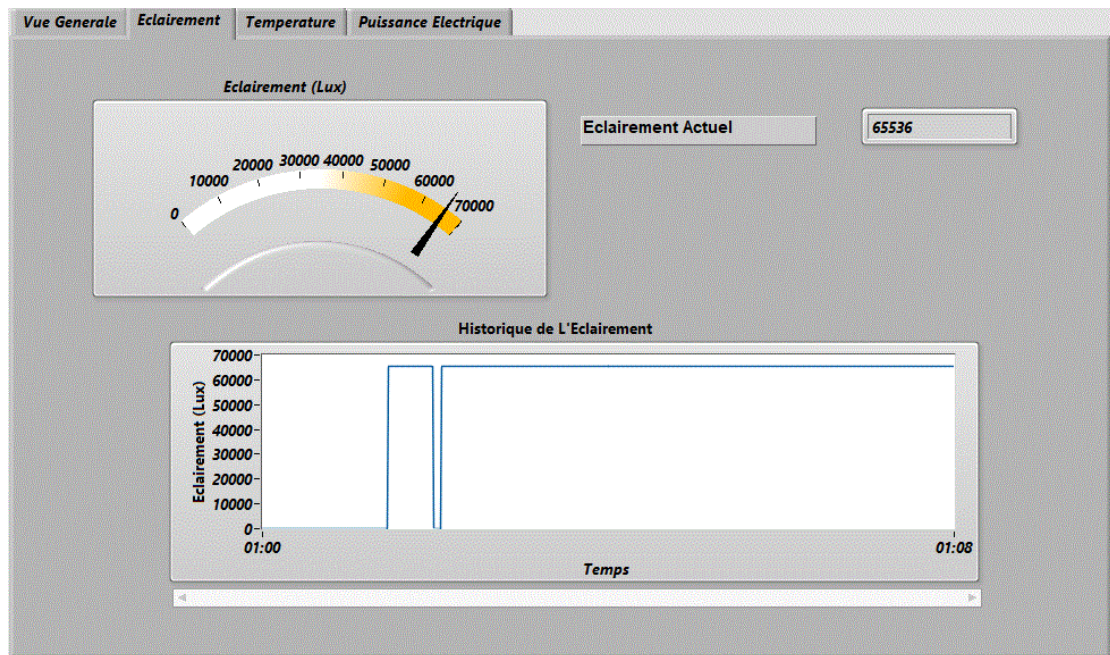


Figure IV.5 : vue de l'éclairage.

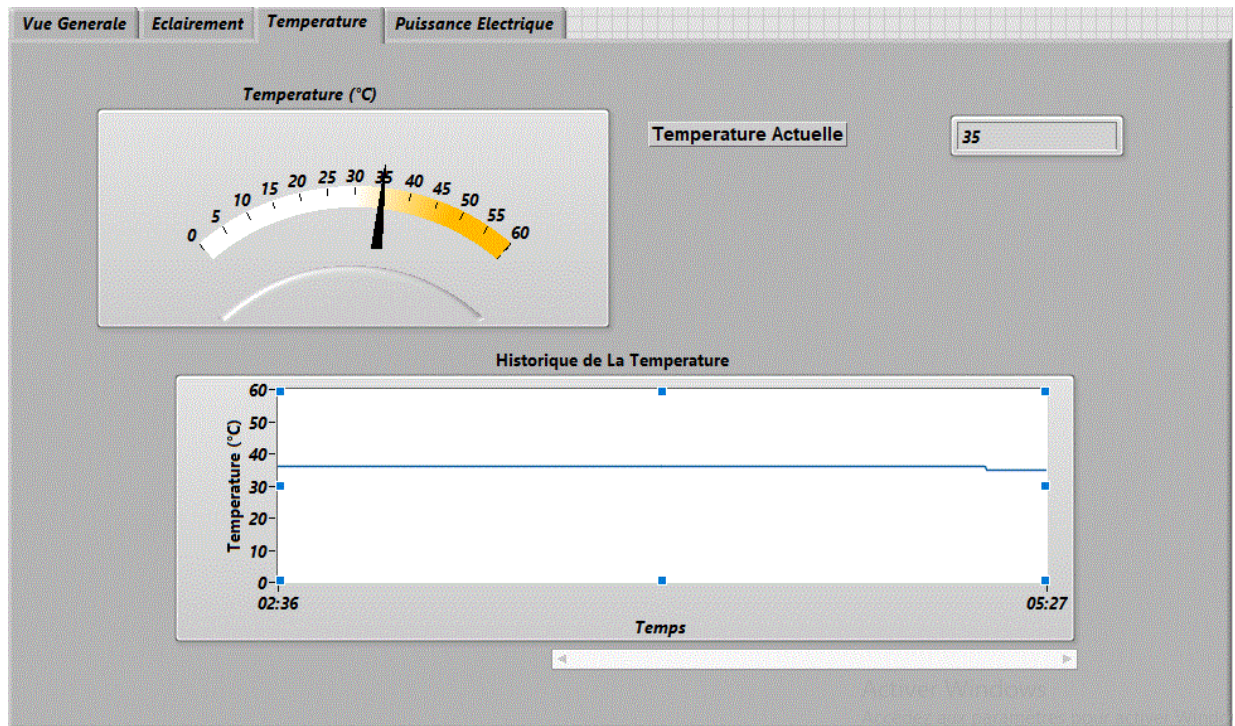


Figure IV.6 : Vue de la température.

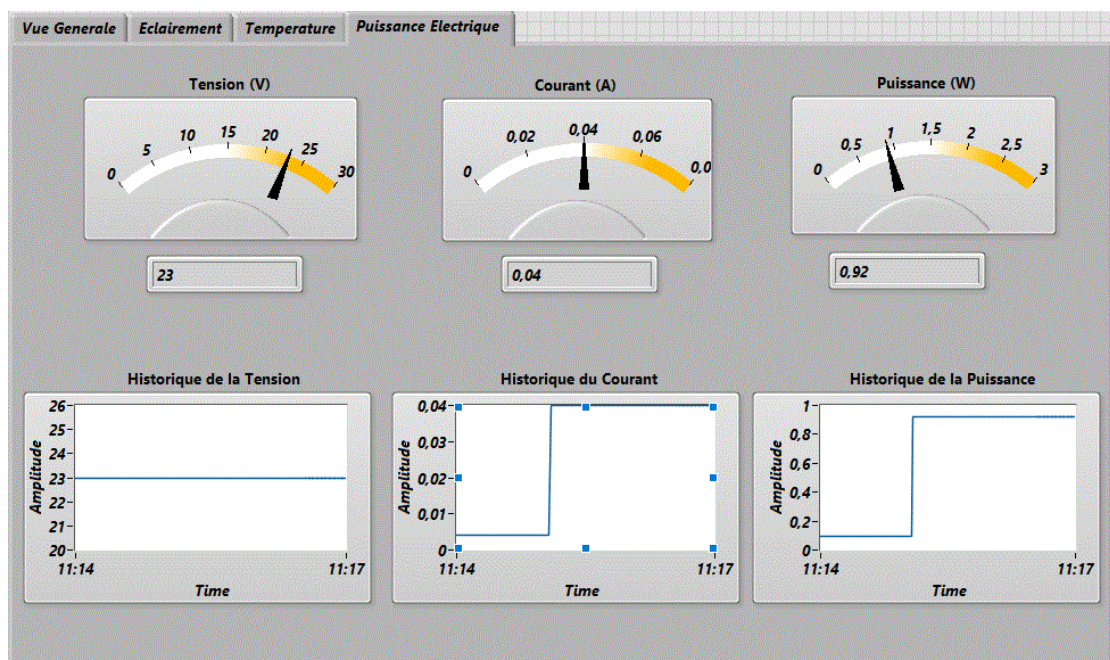


Figure IV.7 : Vue de courant, tension et puissance.

IV.2.3 Test et évaluation du suiveur solaire

Dans cette partie nous allons évaluer la capacité du suiveur solaire à améliorer le rendement de panneau solaire. Pour le faire, une série de mesures a été effectuées au long de toute une journée, sur le panneau sans le suiveur (fixe) et avec le suiveur.

IV.2.3.1 Comparaison des mesures courant et tension du panneau fixe et avec suiveur

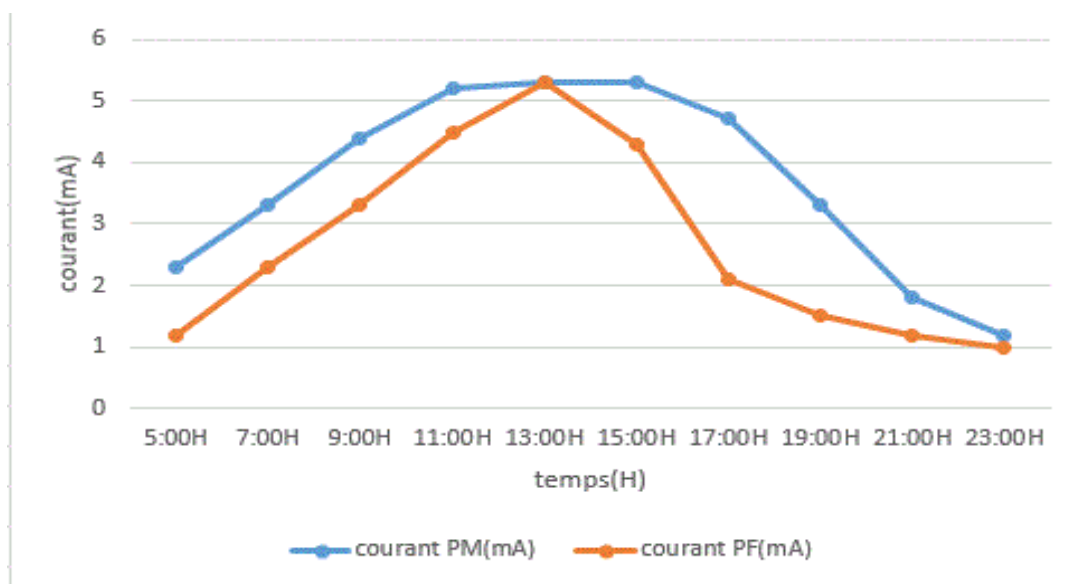


Figure IV.8 : Variation de courant au long de la journée pour le cas fixe et avec suiveur

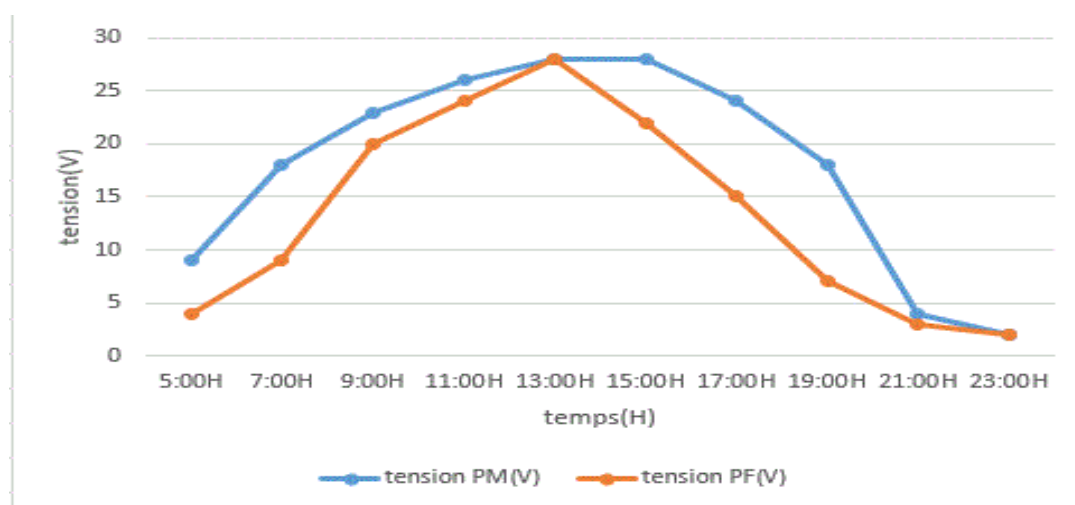


Figure IV.9 : Variation de tension au long de la journée pour le cas fixe et avec suiveur.

Nos mesures de tension et de courant en fonction de temps pour un panneau fixe et un panneau mobile pendant une journée.

Ces résultats ont montré que la production du panneau PV avec le suiveur est plus importante que celle du panneau PV fixe car l'exploitation doit être perpendiculaire aux irradiations pour obtenir une tension et un courant importants. Dans lequel on a constaté que courant et tension électrique du panneau PV mobile produit plus de 10 à 25% supérieure à celle du panneau PV fixe au cours d'une journée.

IV.2.3.2 Comparaison de la puissance du panneau fixe et avec suiveur

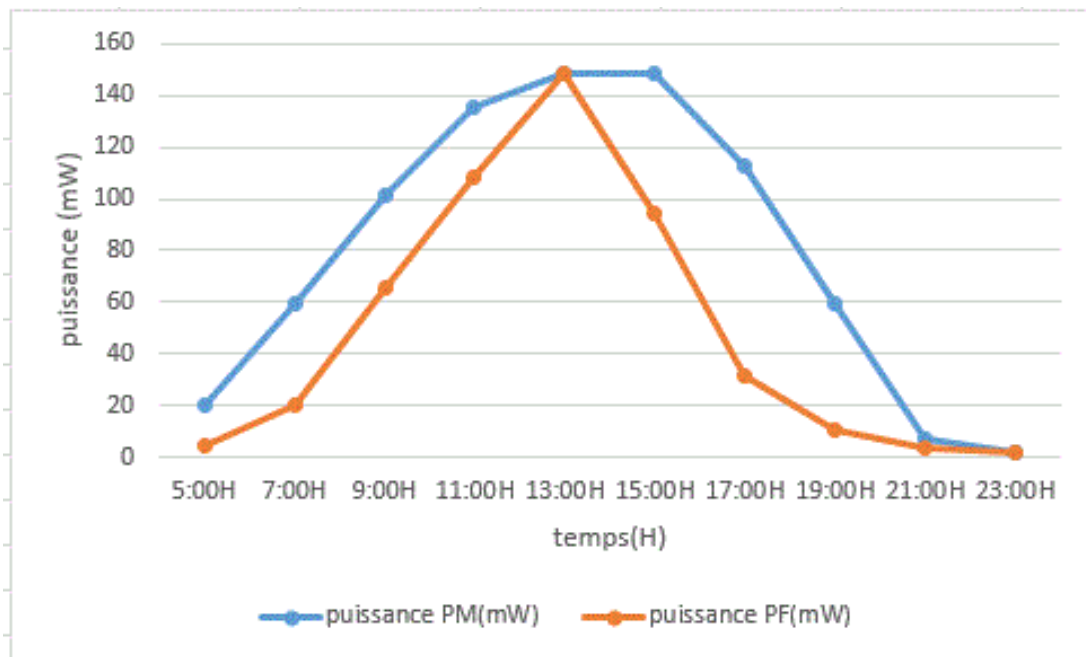


Figure IV.10 : Variation de la puissance au long de la journée pour le cas fixe et avec suiveur.

Dans ce graphique de la Fig IV.10 nous représentons la puissance au long de la journée. Ces résultats ont montré que la production du panneau PV avec le suiveur est plus importante que celle du panneau PV fixe. Nous avons constaté que la puissance électrique du panneau PV mobile produit plus de 10 à 25% supérieure à celle du panneau PV fixe au cours d'une journée. Cela permet d'exploiter l'énergie solaire de façon efficace non seulement durant les heures d'ensoleillement, mais également la lumière diffusée tout au long de l'année. Ce système a permis d'améliorer le rendement énergétique de l'ordre de 25 %.

IV.2.4 Test et évaluation des mesures de température de l'éclairément

Dans cette partie nous allons évaluer la qualité de mesures des grandeurs météorologiques à savoir la température et l'éclairément donnés par le système d'acquisition au long d'une journée complète. Les figures IV.11 et IV.12 montrent les variations de la température et de l'éclairément donnés par le système d'acquisition au long d'une journée.

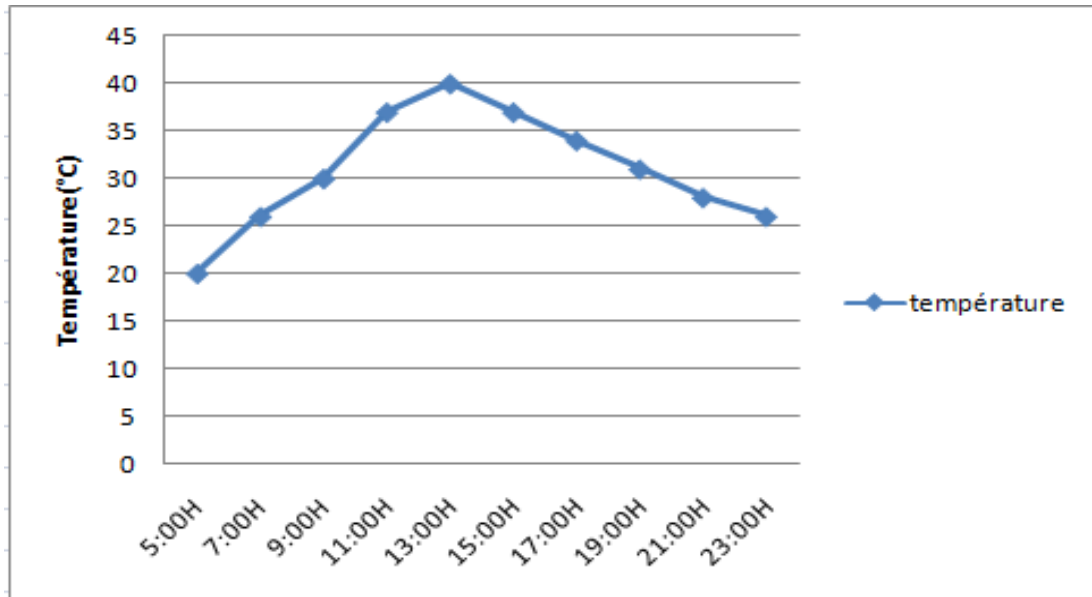


Figure IV.11 : Variation de la température de panneau au long de la journée.

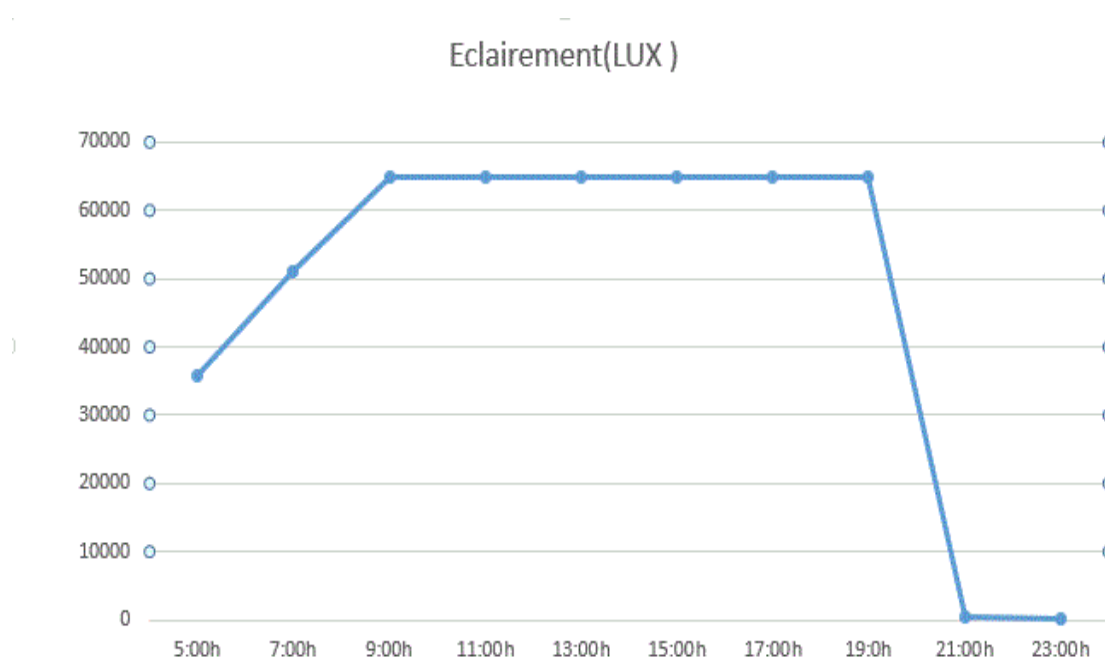


Figure IV.12 : Variation de l'éclairément de panneau au long de la journée.

Pour le graphique de la température, on observe une variation logique tous qu long de la journée ou elle atteint sa valeur maximale au milieu de la journée.

Pour le graphique de l'éclairement, on remarque une augmentation de l'éclairement pendant la matinée puis une stagnation de sa valeur et enfin une rechute pendant la nuit.

Ce résultat montre que le capteur de luminosité TSL2561 a été saturé pendant la période de fort ensoleillement de la journée ou il atteint sa valeur maximale de 65536 Lux. Par conséquent, nous pouvons conclure que le capteur luminosité TSL2561 n'est pas adéquat pour être utilisé dans un système de surveillance pour un système photovoltaïque.

IV.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous sommes arrivés a la finalité du notre projet qui la realisation pratique d'un système de photovoltaïque dotée d'un suiveur solaire a deux axes, et d'un système d'acquisition et de surveillance.

Les essais pratiques conduits dans ce chapitre sur le système réalisé ont montré :

- Le bon fonctionnement de panneau solaire réalisé, La capacité de système d'acquisition à mesurer les différentes grandeurs et les afficher sur l'interface graphique développée.
- L'efficacité de système suiveur a deux axes dans l'amélioration de rendement énergétique de panneau.

A partir des travaux menés dans ce projet et les résultats obtenus nous pouvons conclure :

- L'énergie solaire reçue par une surface de modules photovoltaïques sera plus importante si cette surface est perpendiculaire aux rayons directs du soleil.
- Le rendement d'un panneau à deux axes est important par rapport le rendement d'un panneau fixe.
- La haute température affecte négativement sur le rendement d'un panneau
- L'éclairement affecte positivement sur le rendement d'un panneau

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

La principale contribution de ce travail est de réaliser un système photovoltaïque doté d'un suiveur solaire et d'un système d'acquisition de données météorologique et électrique du système PV en temps réel, ce qui permet l'augmentation du rendement d'un panneau solaire.

Le suiveur solaire à réaliser assure la poursuite des rayonnements solaires durant la journée grâce aux capteurs de lumière déterminent la direction de l'ensoleillement et deux servomoteurs qui dirigent le panneau vers lui. L'acquisition de données consiste à mesurer les grandeurs climatiques avec un capteur de température et un capteur d'éclairement, et les grandeurs électriques à l'aide d'un capteur de tension et de courant dans le but de la surveillance du système photovoltaïque.

La réalisation de ce projet nous a été énormément bénéfique, du fait que nous avons mis en œuvre un maximum de compétences en électronique, de la programmation des microcontrôleurs, et de la réalisation pratique des circuits électroniques, et la programmation en langage G et développement d'interfaces graphiques (LabVIEW).

Il s'agissait donc ici d'un projet très intéressant, qui nous sera sans aucun doute très utile pour la suite.

Le système d'acquisition et le suiveur solaire que nous avons réalisés sont tout à fait fonctionnels, comme en témoignent les résultats que nous avons exposés dans le dernier chapitre, néanmoins ce travail reste, comme toute œuvre humaine, incomplet et perfectible, nous recommandons d'en améliorer la conception et pour cela nous proposons ci-dessous des améliorations pour les futurs développements :

- Travailler d'avantage sur l'étalonnage des différentes cartes de mesures.
- Ajouter un système électronique et améliorer l'interface graphique dans le but de déterminer la courbe caractéristique du panneau photovoltaïque.
- Améliorer le système de supervision dans le but de détecter en ligne et en temps réel les défauts et les anomalies qui peuvent apparaître dans le système photovoltaïque.

Recherches Bibliographies

Bibliographie

[1] M. Angel Cid Pastor 'Conception et réalisation de modules photovoltaïques électroniques'/septembre 2007.

[2]<https://www.ecolodis-solaire.com/conseils/panneau-solaire-photovoltaique-fonctionnement-et-description-les-differents-types-de-panneaux-solaires-photovoltaiques-1>.

[3] Bensaci Wafa, modélisation et simulation d'un système photovoltaïque adapté par une commande MPPT, mémoire de Master 2 ; université Kasdi-Merbah–Ouargla 2011-2012.

[4] Luc Chancelier et Eric Laurent « l'électricité solaire » Edition : GRET. Ministère de la coopération. France.1996.

[5] Labani imad eddine riadh Attig abdelkrim Mémoire Principe de fonctionnement et mesure des caractéristiques d'une cellule photovoltaïque MASTER 2 Université Dr Moulay Tahar de Saida 2016/2017.

[6] BESSEM ABDELGHANI, Modélisation et simulation d'un pompage photovoltaïque, Mémoire de Master, UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA, 2018].

[7] Hadj Abderrahmane Mohammed El Amine et Ghezzal Mohammed Walid
Memoire Etude et réalisation d'un système de production d'énergie électrique par des
Panneaux photovoltaïques MASTER2 Centre Universitaire Belhadj Bouchaib
D'Ain-Temouchent 2016/2017.

[8] Bouziane Rabeh Dokkar Ayoub Mémoire Conception et Réalisation d'un Suiveur
Solaire Bi-axial à Base De capteurs de lumière MASTER PROFESSIONNEL
Universite Kasdi Merbah Ouargla 2015/2016.

[9] Noble, Grégoire des trackeurs nouvelle génération pour capter et concentrer le soleil
brevet de Batiactublie le 17/03/2016.

[10] Mr BOUAYED Abderrahmane, « COMMANDE A DEUX AXES D'UN
PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE » Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 2014.

[11] Benmohammadi. Zahra : « Etude, conception et réalisation d'une commande d'un
suiveur solaire)», Mémoire de projet de fin d'étude, Université Sidi Mohammed Ben
Abdellah, Fès, juin 2014.

- [12] Mémoire boulahbal amina master Etude et simulation du fonctionnement du système suiveur des panneaux solaires Université Badji Mokhtar Annaba.
- [13] A.K.T. dossa, « Mise en place d'un système général de supervision et de contrôle/sécurité d'un champ photovoltaïque de 60 kWc », mémoire de master, Institut International d'Ingénierie, Ouagadougou, Burkina Faso, Juin 2013.].
- [14] B. Taghezouit, A. Chouder, A. Hadjarab, S. BouchakouR, K. Abdeladim, F. Cherfa, K. Kerkouche, « Surveillance d'une centrale photovoltaïque connectée au réseau BT utilisant LabVIEW », Journées Internationales de Thermique, Maroc, Novembre, 2013].
- [15] AOUINE ABDELKRIM Conception et Réalisation d'un tracker solaire intelligent à Bas d'une Carte Arduino-Uno, mémoire master 2 ; UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU 2016/2017
- [16] ATmel, "ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P [Material Safety Data Sheet]," 2015.
- [17] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/tsl2561-luminosity-sensor-hookup-guide>.
- [18] <https://souilah-electronique.tn/modules-et-capteurs/874-cjmcu-219-i2c-ina219-module-capteur-de-surveillance-courant-alimentation>
- [19] <https://components101.com/sensors/ds18b20-temperature-sensor>
- [20] <https://www.watelectronics.com/light-dependent-resistor-ldr-with-applications/>
- [21] <http://for-ge.blogspot.com/2015/05/la-photoresistance-ldr.html>
- [22] <https://www.carnetdumaker.net/articles/controler-UN-servomoteur-avec-une-carte-arduino-genuino>
- [23] <https://centronik.ci/boutique/servomoteur-mg996r/>
- [24] S. Maiti, « Design of a usb-based data acquisition system », International Journal of Research in Engineering and Technology, Vol. 02 Issue 04, 2013.
- [25] E. V. Beauchamp, E. Lozano, « Comparing USB Data Acquisition Instruments Using Arduino and PIC18F4550 in LabVIEW and Matlab », International Journal Of Innovative Research In Electrical, Electronics, Instrumentation And Control Engineering, Vol. 2, Issue 9, 1952–1958, 2014.
- [26] Guide d'utilisateur du logiciel LabVIEW.

Résumé

Ce travail consiste à concevoir et de réaliser un système photovoltaïque doté d'un suiveur solaire et d'un système d'acquisition de données météorologique et électrique du système PV en temps réel. Le suiveur solaire mesure et détermine la direction de l'ensoleillement en utilisant 4 LDRs puis actionne deux servomoteurs selon deux axes pour diriger le panneau vers la source de lumière. L'acquisition de données consiste à mesurer la température et l'éclairement, et les grandeurs électriques à l'aide d'un capteur de tension et de courant. Puis les envoyer pour une interface graphique sous le logiciel *LabVIEW* qui permettra le suivi et la surveillance de la variation des paramètres météorologique et électrique de l'installation PV. Les essais pratiques effectués sur le système réalisé ont montré la capacité du suiveur dans l'amélioration du rendement de panneau et la fiabilité du système d'acquisition et la possibilité de l'exploiter pour surveiller le système PV.

Abstract

This work consists of designing and building a photovoltaic system equipped with a solar tracker and a system for acquiring meteorological and electrical data from the PV system in real time. The solar tracker measures and determines the direction of the sunshine using four LDRs and activates two servomotors along two axes to direct the panel towards the light source. Data acquisition consists of measuring temperature and illumination, and electrical quantities using a voltage and current sensor. Then send them to a graphical interface under the *LabVIEW* software, which will allow the monitoring and monitoring of the variation of the meteorological and electrical parameters of the PV installation. The practical tests carried out on the realized system showed the ability of the tracker in improving the yield of the panel and the reliability of the acquisition system and the possibility of exploiting it to monitor the PV system.

