

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Electrique



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et technologies

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Electrotechnique Industrielle

Présenté par :

GOUAMID Eddine

BENHADJIRA Med Said

Thème:

***Etude de L'influence de l'angle
d'inclinaison de panneau solaire
sur le rendement d'un système PV
en zone de Ouargla***

Soutenu publiquement

Le 04/06/2017

Devant le jury :

M^r AMIEUR Toufik

MAA

Président

UKM Ouargla

M^r BOUHAFS Ali

MA A

Encadreur/rapporteur

UKM Ouargla

M^r BENMIR Abdelkader

MAA

Examineur

UKM Ouargla

Année universitaire 2016/2017

Remerciements

Avant tout nous tenons nous remercions à notre Dieu de nous avoir donné la force et le courage pour la réalisation de cet ouvrage.

Nous tenons à remercier vivement **Mr. BOUHAFS Ali** notre professeur qui a fourni des efforts énormes, par ses orientations, ses conseils et ses encouragements.

Nous tenons également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance, tout particulièrement : **M^r AMIEUR Toufik** pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Nos vifs remerciements aussi à **Mr. BENMIR Abdelkader**, pour avoir accepté d'être examinateurs de ce travail.

Et tous les professeurs de département de Génie électrique
A tous ce qui furent à un moment ou à toute instante partie prenante de
ce travail.

Nos plus chaleureux remerciements pour tous ceux qui de près et de loin
ont contribué à la réalisation de ce mémoire

Dédicace

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées.

Nous dédions ce modeste travail :

A nos très chers parents, que Dieu les garde et les protège pour leurs soutien moral et financier, pour leurs encouragements et les sacrifices qu'ils ont endurés.

*A nos frères, sœurs,
cousins*

A nos grands pères

A nos grands mères

Aux chers amis

A nos professeurs.

A tous les amis (es) d'études surtout ceux de la 2ème année master

Electrotechnique industriel

الملخص

تعتبر الطاقة الكهربائية من أهم العناصر الأساسية التي لا يمكن الاستغناء عنها نظرا للتزايد المستمر في طلبها لذلك اصبح من الضروري البحث عن مصادر بديلة للانتاج كالطاقات المتجددة و خصوصا الطاقة الشمسية . وهذا البحث هو دراسة تجريبية لتاثير زاوية ميل اللوح الشمسي على مردودية نظام الطاقة الشمسية في منطقة ولاية ورقلة حيث تعتبر مخزون كبير للطاقة الشمسية يزيد معدلها على (2263) كيلواط ساعي للمتر المربع الواحد في السنة ولاستغلال هذا المعدل على احسن وجه يجب ضبط زاوية الميل على القيمة المثلى لها .

الكلمات المفتاحية : زاوية الميل ، منطقة ورقلة ، الطاقة الشمسية ، الدراسة التجريبية

Résumé

L'énergie électrique est parmi les éléments indispensable qu'on ne peut vivre sans elle car elle est beaucoup demandée . C'est pourquoi, qu'il devient nécessaire de chercher d'autres ressources pour produire de l'énergie renouvelable surtout l'énergie solaire.

Cette recherche est une étude expérimentale de l'influence de l'angle d'inclinaison de panneau solaire sur le rendement du système de l'énergie Photovoltaïque au niveau de la Wilaya de Ouargla , qui est un grand stock de cette énergie " plus de 2263 KWh/m² par an ",et pour bien exploiter ce moyenne il faut régler L'angle d'inclinaison à sa valeur parfaite.

Mots clés: angle d'inclinaison, zone de Ouargla , énergie photovoltaïque ,Etude expérimental

Sommaire

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Gisement solaire

I.1.Introduction.....	2
-----------------------	---

I.2.Le soleil	2
---------------------	---

I.2.1.Caractéristiques principales du soleil	2
--	---

I.2.2. Structure du soleil.....	3
---------------------------------	---

a) L'intérieur.....	3
---------------------	---

b) La photosphère.....	3
------------------------	---

c) La chromosphère.....	3
-------------------------	---

I.3.Le mouvement de la terre.....	4
-----------------------------------	---

I.4.Coordonnées terrestres.....	4
---------------------------------	---

I.4.1. La longitude (L)	4
-------------------------------	---

I.4.2. La latitude (Φ).....	4
------------------------------------	---

I.4.3. L'altitude.....	4
------------------------	---

I.5. Coordonnées horaires	5
---------------------------------	---

I.5.1. La déclinaison (δ).....	5
---	---

I.5.2. Angle horaire (ω).....	6
--	---

I.6. coordonnées horizontales.....	7
------------------------------------	---

I.6. 1. La hauteur du soleil (h).....	7
---------------------------------------	---

I.6. 2. Azimut du soleil (ψ).....	7
--	---

Sommaire

I.7. Dans le cas plan incliné.....	8
I.7.1. Angle d'inclinaison (β).....	8
I.7.2. Orientation (ψ).....	8
I.8. Le rayonnement solaire.....	9
I.8.1. Le rayonnement direct.....	10
I.8.2. Rayonnement diffus.....	10
I.8.3. L'albédo.....	10
I.8.4. Le rayonnement global.....	10
I. 9. Répartition spectrale du rayonnement solaire.....	10
I.10. Masse d'air.....	11
I.11. constante solaire.....	12
I.12. Rayonnement solaire en Algérie.....	12
I.13. Spécification du site de Ouargla.....	13
I.14. Situation et limites.....	13
I.15.Caractéristiques climatiques	14
I.15.1. Les températures.....	14
I.15.2. L'humidité relative.....	16
I.15.3. Le vent.....	17
I.15.4. précipitations.....	18
I.15.5. L'évaporation	19
I.15.6. L'insolation.....	20

Sommaire

I.16. Conclusion.....	21
-----------------------	----

Chapitre II :Etude d'une système Photovoltaïque

II.1.Introduction.....	22
II. 2. Effet photovoltaïque.....	22
II.3. Générateur photovoltaïque.....	22
II.3.1.Cellule photovoltaïque.....	22
II.3.2.Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.....	22
II.4.Les différents modèles de panneaux photovoltaïques.....	23
II.4.1. Les cellules monocristallines.....	23
II.4.2.Les cellules poly cristallines.....	24
II.4.3.Le silicium amorphe	25
II.5.Caractéristique du panneau photovoltaïque.....	25
II.5.1. Tension de circuit ouvert V_{OC}	26
II.5.2. Courant de court-circuit I_{CC}	27
II.5.3. Facteur de forme.....	27
II.5.4. Rendement.....	28
II.6. Regroupement des cellules.....	28
II.6.1. Regroupement en série.....	28
II.6.2. Regroupement en parallèle.....	29
II.6.3. Regroupement (série et parallèle).....	30
II.7. Influence de paramètres sur la caractéristique de la cellule photovoltaïque.....	30

Sommaire

II.7.1. Paramètres internes.....	30
a) Influence de la résistance série.....	30
b) Influence de la résistance parallèle R_p	31
II.7.2. Paramètres externe.....	32
a) Influence de l'éclairement.....	32
b) Influence de la température.....	33
II.8. Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque.....	34
II.8.1. Avantages.....	34
II.8.2. Inconvénients.....	34
II.9. protection d'un GPV élémentaire.....	34
II.10. Modélisation d'un générateur photovoltaïque.....	35
II.10.1. Générateur photovoltaïque idéal.....	35
II.10.2. Générateur photovoltaïque réel.....	36
II.11. Le convertisseurs.....	37
II.11.1. Onduleur Monophasé.....	37
a) Onduleur monophasé en demi-pont.....	38
b) Onduleur monophasé en pont (Pont H).....	39
II.11.2. Le convertisseurs DC-DC.....	39
a) Le convertisseurs BOOST.....	40
b) Convertisseur Buck.....	41
II.12. Principe du MPPT.....	43
II.13. Systèmes photovoltaïques pour l'habitat.....	43

Sommaire

II.13.1. Isolé.....	43
II.13.2. Connecté au réseau.....	44
II.14. Conclusion	45

Chapitre III : Etude expérimental

III.1. Introduction.....	46
III.2. Valeurs théorique de Inclinaison optimal d'un panneau photovoltaïque.....	46
III .2 . La procédure des mesures.....	46
III.3. Module photovoltaïque	48
III.4. Charge optimale du panneau.....	49
III.5. Résultats expérimentaux et discussion	49
III.6. Analyse.....	55
III.6.1. Les courbes de puissance.....	55
III.6.2. Les courbes d'énergie.....	55
III.7. Conclusion.....	55

Chapitre IV : Réalisation d'un system d'enregistrement automatique des mesures du panneau solaire a base d'Arduino

IV.1. Introduction.....	56
IV.2. Carte ARDUINO.....	56
IV.2.1. Définition du module Arduino.....	56
IV.2.2. Exemples de cartes Arduino.....	57
IV.2.3. Caractéristiques de la carte Arduino UNO.....	57
IV.2.4. Description de la carte ARDUINO UNO.....	58

Sommaire

IV.3. Environnement de la programmation.....	59
IV.4. Étage de mesure.....	59
IV.4.1. Module capteur de courant ACS712 20A.....	59
IV.4.1. Circuit de mesure de la tension	60
IV.5. Étage de la commande.....	61
IV.5.1. Module de 8 relais.....	61
IV.5.2. Caractéristiques principales.....	61
IV.6. Étage d'enregistreur de données.....	61
IV.6.1 data logging shield.....	61
IV.6.2. Caractéristiques de la « data logger shield ».....	62
IV.7. Schéma globale du système PV et dispositif	63
IV.8. La réalisation virtuelle « PORTEUS »	63
IV.9. Organigramme.....	64
IV.10. Principe de fonctionnement.....	66
IV.11. Tests pratiques du réalisé.....	66
IV.12. Réalisation d'un dispositif Expérimental.....	67
IV.13. Conclusion.....	68
Conclusion générale.....	69

Les références

Annexe

Liste des symboles

Symbole	Définition
L	La longitude
Φ	La latitude
Γ	L'altitude
ω	Angle horaire
H	La hauteur du soleil
Ψ	Azimut du soleil
B	Angle d'inclinaison
P	Dopé Positive
N	Dopé Négative
F_F	Facteur de forme
M	Rendement
N_S	Numéro du cellule en série
N_P	Numéro du cellule en série
I_{CC}	Courant du court-circuit
V_{OC}	Tension du circuit ouvert
I	Intensité aux bornes du générateur
I_{ph}	Photo courant
I_D	courant du doide
V	Tension aux bornes du capteur
V_D	tension de diode

Liste des symboles

I_S	Le courant de saturation de la diode
V_T	potentiel thermique
R_{Sh}	Résistance shunt
R_s	Résistance série
Q	Charge de l'électron = $1.6 \cdot 10^{-19}$ C
T	Température
K	Constante de Boltzmann = $1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K.
V_s	Tension de sortie
V_e	Tension d'entrée
V_L	Tension de bobine
A	Rapport cyclique
V_{mpp}	Tension point de puissance max
I_{mpp}	Courant point de puissance max

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I.1: Caractéristiques principales du soleil	2
Tableau I.2: la répartition du potentiel solaire au niveau du territoire algérien.....	12
Tableau I.3: Les coordonnées géographiques de la wilaya d'Ouargla.....	13
Tableau I.4: les températures de Ouargla.....	15
Tableau I.5 : Humidité relative moyenne mensuelle.....	16
Tableau I.6: Les valeurs mensuelles moyennes des vitesses du vent pour Ouargla....	17
Tableau I.7: Les précipitations de la région d'Ouargla	18
Tableau I.8: L'évaporation moyenne mensuelle.....	19
Tableau I.9: La moyenne mensuelle d'heures d'insolation pour Ouargla.....	20
Tableau II. 1: Caractéristiques électriques du module photovoltaïque BLD20072M.....	26
Tableau IV.1: Caractéristiques de la carte Arduino uno.....	46
Tableau IV.1: Caractéristiques de la carte Arduino uno.....	57

Liste des figures

Liste des figures

Figure I.1: Structure de soleil	3
Figure I.2: Mouvement de la terre autour du soleil.....	4
Figure I.3: Coordonnées géographiques	5
Figure I.4: Courbe de déclinaison du soleil	6
Figure I.5: coordonnées horaires	6
Figure I.6: coordonnées horizontale.....	7
Figure I.7: l'angle d'inclinaison d'un panneau.....	8
Figure I.8: Paramètres du capteur.....	9
Figure I.9: Les composants du rayonnement solaire.....	9
Figure I.10: Analyse spectrale du rayonnement solaire.....	11
Figure I.11: Définition de l'air Masse	11
Figure I.12: Carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel.....	13
Figure I.13: Situation de la Wilaya d'Ouargla.....	14
Figure I.14: les température de Ouargla.....	15
Figure I.15: Humidité relative moyenne mensuelle.....	17
Figure I.16: force du vent en KM/H zone Ouargla	18
Figure I.17: Les précipitations en zone Ouargla.....	19
Figure I.18: L'évaporation moyenne mensuelle.....	20
Figure I.19: La moyenne mensuelle d'heures d'insolation pour Ouargla.....	21
Figure II.1: Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque	23
Figure II.2: Les cellules monocristallines.....	24
Figure II.3: Les cellules poly cristallines.....	24

Liste des figures

Figure II.4: Le silicium amorphe.....	25
Figure II.5: Tension de circuit ouvert.....	27
Figure II.6: Courant de court-circuit	27
Figure II.7: Caractéristique courant tension de N_s cellule série.....	29
Figure II.8: Caractéristique courant tension de N_p cellule en parallèle.....	30
Figure II.9: Effet de la résistance série R_s sur la caractéristique I-V et P-V	31
Figure II.10: Effet de la résistance série R_{sh} sur la caractéristique I-V	32
Figure II.11: Influence de L'ensoleillement sur les courbes I-V et P-V	33
Figure II.12: Influence de température sur les courbes I-V et P-V	33
Figure II.13: modèle simple d'une cellule PV.....	35
Figure II.14: Modèle de la cellule PV à une diode.....	36
Figure II.15: Schéma de Principe d'un Onduleur Monophasé En Demi-pont.....	38
Figure II.16: Schéma de Principe d'un Onduleur Monophasé En pont.....	39
Figure II.17: Le convertisseur boost	40
Figure II.18: signaux typiques de convertisseur boost.....	40
Figure II.19: Le convertisseur buck.....	40
Figure II.20: signaux typiques de convertisseur buck.....	42
Figure II.21: chaine de conversion d'énergie solaire comprenant une Commande MPPT.....	43
Figure II.22: structure d'un système PV autonome.....	44
Figure II.23: structure d'un système PV connecté au réseau.....	44
Figure III.1 : Disposition des panneaux solaire	47
Figure III.2 : Photo de la réalisation pratique.....	47
Figure III.3 : : Schéma synoptique du couplage.....	48
Figure III.4: Caractéristiques électriques du module photovoltaïque BLD200 72M.....	49

Liste des figures

Figure III.5: puissance PV en fonction du temps Le 13/03/2017.....	50
Figure III.6: puissance PV en fonction du temps Le 03/04/2017.....	50
Figure III.7: puissance PV en fonction du temps Le 06/04/2017.....	51
Figure III.8: puissance PV en fonction du temps Le 10/04/2017.....	51
Figure III.9: puissance PV en fonction du temps Le 13/04/2017	52
Figure III.10: puissance PV en fonction du temps Le 05/05/2017.....	52
Figure III.11: puissance PV en fonction du temps Le 08/05/2017.....	53
Figure III.12: puissance PV en fonction du temps Le 10/05/2017	53
Figure III.13: Les courbes d'énergie en fonction du l'angle d'inclinassent	54
Figure III.14: Les courbes d'énergie en fonction du mois	54
Figure IV.1: Arduino uno et Arduino Mega.....	57
Figure IV.2 : Description d'une carte Arduino uno.....	58
Figure IV.3 : Module de ACS712.....	59
Figure IV.4 : Schéma du circuit de mesure de la tension.....	60
Figure IV.5 : Module de 8 relais.....	61
Figure IV.6 : data logger shield.....	62
Figure IV.7 : Schéma globale du dispositif.....	63
Figure IV.8 : La carte réalisée sous ISIS-PORTEUS.....	64
Figure IV.9 : Photo de la réalisation pratique.....	66
Figure IV.10 :: système d'enregistrement des mesures	
Figure IV.11 : puissance PV en fonction du temps Le 15/05/2017 en mesurer par Arduino.....	68

Introduction général

Introduction générale

Profiter de l'énergie solaire est une des manières possible de produire de l'électricité la conversion du rayonnement en électricité, appelée effet photovoltaïque, a été découverte par E."Becquerel" en 1839. Il a fallu attendre près d'un siècle pour que les scientifiques approfondissent et exploitent ce phénomène de la physique.

Cette transformation s'effectue sans bruit, sans émission de gaz, elle est donc une énergie totalement propre. Par ailleurs, l'absence et le manque en mouvement des pièces mécaniques lui confèrent un niveau de fiabilité inégalable (la durée de vie d'un module photovoltaïque est estimée généralement par les experts à 30 ans).

La technologie qui permet la conversion de cette forme d'énergie (énergie solaire) en énergie électrique est appelée conversion photovoltaïque.

L'électricité photovoltaïque présente une option technique et économique intéressante Pour des sites non raccordés au réseau de distribution centralisée.

Lorsque les besoins à couvrir sont faibles où l'absence d'une maintenance lourde (diesel) constitue un avantage évident les systèmes photovoltaïque trouvent leur pleine justification en comparaison du service rendu.

La technologie photovoltaïque (PV) est une solution attrayante comme remplacement ou Complément des sources conventionnelles d'approvisionnement en électricité.

C'est une énergie décentralisée et peut être utilisée au moment même où elle est produite. Elle permet de couvrir les besoins d'une habitation en électricité tels que l'éclairage, le pompage de l'eau et production du froid.

L'énergie photovoltaïque, source d'énergie propre et renouvelable, s'inscrit parfaitement dans le cadre de la politique écologique actuelle des gouvernements industrialisés. L'électrification rurale hors réseau (décentralisée) est appliquée dans le secteur des habitations Secondaires, des refuges de montagne, et dans les régions déshéritées telle que le sud algérien où l'isolement est très accentué.

L'Algérie, de par sa situation géographique, bénéficie des conditions favorables à l'utilisation des énergies renouvelables, en particulier l'énergie solaire d'origine photovoltaïque et l'introduction de ces nouvelles énergies pourrait être aisément envisagée sur de nombreux sites.

CHAPITRE I
LE GISEMENT SOLAIRE

I.1.Introduction:

L'énergie solaire est une source importante pour la production d'électricité à l'avenir, dont la moitié de la quantité de rayonnement solaire émis est reçu par le sol, mais l'intensité de ce rayonnement varie d'une région à l'autre et selon les coordonnées géographiques et les facteurs climatiques (le vent , la pluie, humidité ..) et nous allons donc mettre en évidence la région de Ouargla, où nous examinerons ce chapitre pour l'étude et les détails de gisement solaire et ses importantes caractéristiques.

I.2.Le soleil

Le Soleil est l'étoile du Système solaire. Dans la classification astronomique, c'est une étoile de type naine jaune, composée d'hydrogène (75 % de la masse ou 92 % du volume) et d'hélium (25 % de la masse ou 8 % du volume). Le Soleil fait partie de la galaxie appelée la Voie lactée est situé à environ 8 km/s du centre galactique. Autour de lui gravitent la Terre (à la vitesse de 30 km/s), sept autres planètes, au moins cinq planètes naines, de très nombreux astéroïdes et comètes et une bande de poussière. Le Soleil représente à lui seul 99,86 % de la masse du Système solaire ainsi constitué, Jupiter représentant plus des deux tiers du reste [1]

I.2.1. Caractéristiques principales du soleil [2]

Les caractéristiques principales du soleil sont regroupées dans le tableau ci-dessous

Surface (km ²)	6.09x10 ¹²
Volume (km ³)	1.41 x10 ¹⁸
Masse (kg)	2 x10 ³⁰
Masse volumique moyenne (kg/m ³)	1408
Diamètre (km)	14 x10 ⁵
Distance du centre de la voie lactée (km)	2.5 x10 ¹⁷
Vitesse (km/s)	217

Tableau I.1: Caractéristiques principales du soleil

I.2.2. Structure du soleil

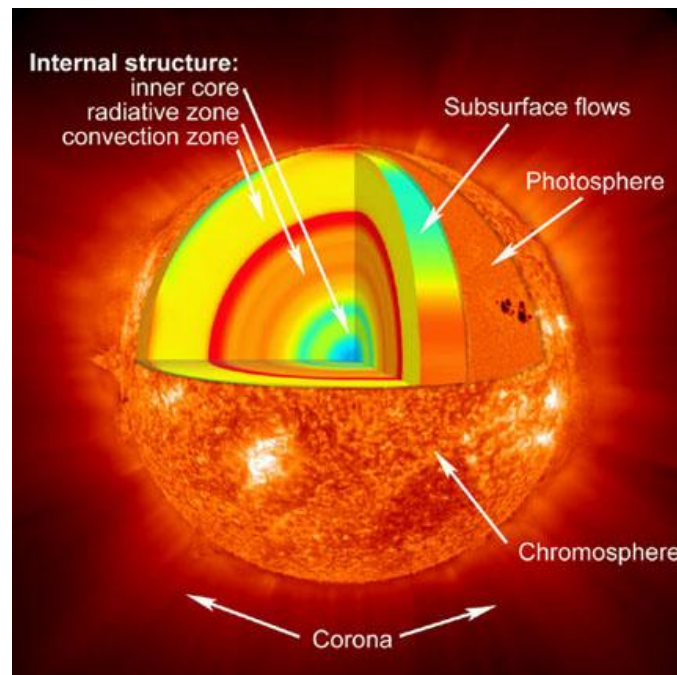


Figure I.1: Structure de soleil

- a) **L'intérieur:** contient 40% de la masse du soleil, c'est là où se crée l'énergie par réaction thermonucléaire, cette région s'étend sur une épaisseur de 25×10^4 km. Cette couche est divisée en trois zones, le noyau, la zone radiative et la zone convective. Le rayonnement émis dans cette partie est totalement absorbé par les couches supérieures. La température atteint plusieurs millions de degrés, et la pression un milliard d'atmosphères.
- b) **La photosphère:** est une couche opaque, très mince, son épaisseur est d'environ 300 km, elle est responsable de la presque totalité du rayonnement qui nous parvient, c'est la partie visible du soleil. L'ordre de grandeur de la température n'y est plus que de quelques millions de degrés, décroissant très rapidement dans l'épaisseur de la couche jusqu'à une température dite de surface de l'ordre de 4500°
- c) **La chromosphère :** et la couronne solaire, sont des régions à faible densité où la matière est très diluée, elles constituent l'atmosphère du soleil. Cette couche est caractérisée par un rayonnement émis très faible, bien que la température y est très élevée (un million de degrés),[2]

I.3. Le mouvement de la terre

Dans son mouvement autour du soleil, la terre décrit une ellipse dont le soleil est l'un de ses foyers, la révolution complète s'effectue en une période de 365,25 jours. Le plan de cette ellipse est appelé l'écliptique.

C'est au solstice d'hiver (21 décembre) que la terre est la plus proche du soleil : 147 millions de km. Au 22 juin la distance terre-soleil vaut 152 millions de km, c'est le jour où la terre est la plus éloignée, c'est le solstice d'été. Le 21 mars et le 21 septembre sont appelés respectivement équinoxes de printemps et équinoxe d'automne. Aux équinoxes le jour et la nuit sont égaux.

En plus de sa rotation autour du soleil, la terre tourne également sur elle-même autour d'un axe appelé l'axe des pôles. Cette rotation s'effectue en une journée. Le plan perpendiculaire à l'axe des pôles et passant par le centre de la terre est appelé l'équateur. L'axe des pôles n'est pas perpendiculaire à l'écliptique, ils font entre eux un angle appelé inclinaison égale à $23^{\circ}27'$. [2]

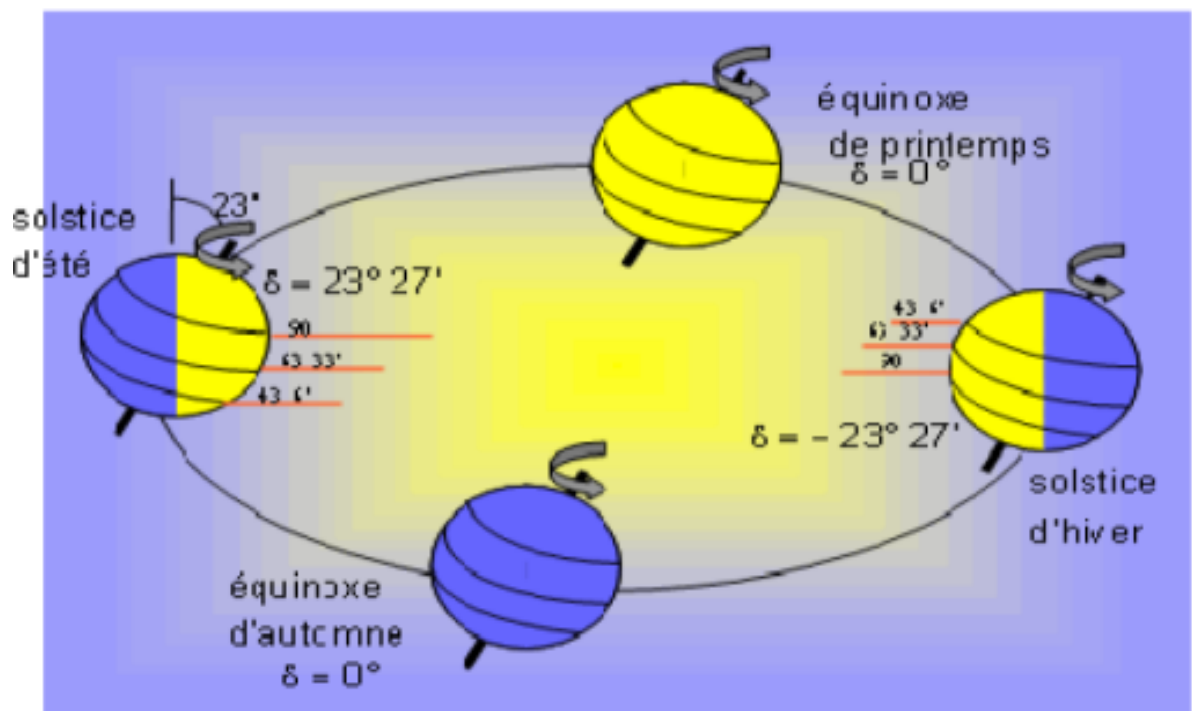


Figure I.2: Mouvement de la terre autour du soleil

I.4. Coordonnées terrestres

I.4.1. La longitude (L) : C'est l'angle que fait le méridien local passant par le point considéré avec le méridien d'origine passant par la ville de Greenwich. On a choisi pour méridien (origine 0°), le plan passant par l'observatoire de Greenwich. Par convention on affecte du signe (+) le méridien situé à l'est de ce méridien, et du signe (-) les méridien situé à l'ouest. [3]

I.4.2. La latitude (Φ) : C'est l'angle que fait le plan de l'équateur avec la direction reliant centre de la terre au point considéré. L'équateur terrestre est donc caractérisé par une latitude égal à 0° , le pôle nord par la latitude $+90^\circ$ et la pole sud par la latitude -90° [3]

I.4.3. L'altitude (γ): L'altitude d'un point correspond à la distance verticale entre ce point et une surface de référence théorique (niveau moyen de la mer), on l'exprime généralement en mètre..[4]

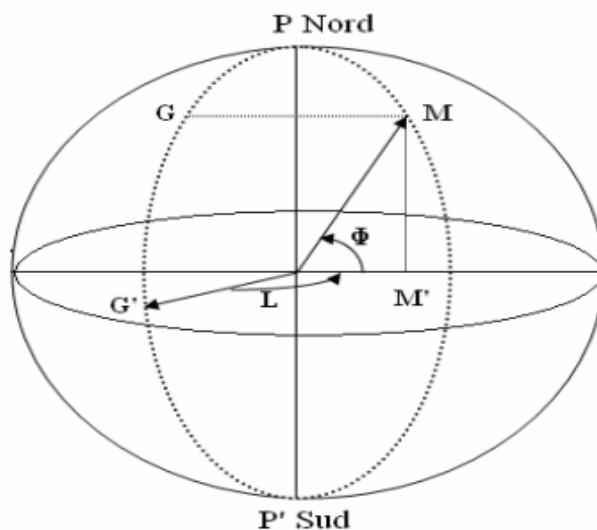


Figure I.3: Coordonnées géographiques

I.5. Coordonnées horaires

I.5.1. La déclinaison (δ) : C'est l'angle que fait l'axe solier-terre avec le plan équatorial terrestre. Elle varie au cours de l'année de ($23^\circ.27$) à ($-23^\circ 27$), en passant par 0° aux équinoxes [5]

$$\delta = 23.27 \sin\left(\frac{360}{365}(j + 284)\right) \quad (I.1)$$

J : Le numéro du jour dans l'année compté à partir du 1èrjanvier (1 à 366).

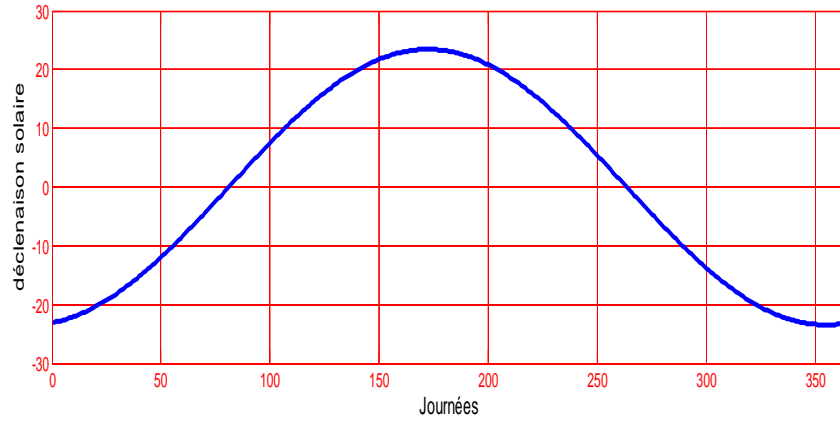


Figure I.4: Courbe de déclinaison du soleil

I.5.2. Angle horaire (ω): L'angle horaire mesure le mouvement du soleil par rapport à midi qui est l'instant où le soleil passe au plan méridien du lieu zénith. Cet angle est formé entre la projection du soleil sur le plan équatorial à un moment donné et la projection du soleil sur ce même plan au midi vrai. L'angle horaire est donné par la relation suivante [6]

$$\omega = 15(T_{SV} - 12) \quad (I.2)$$

T_{SV} : temps solaire vrai

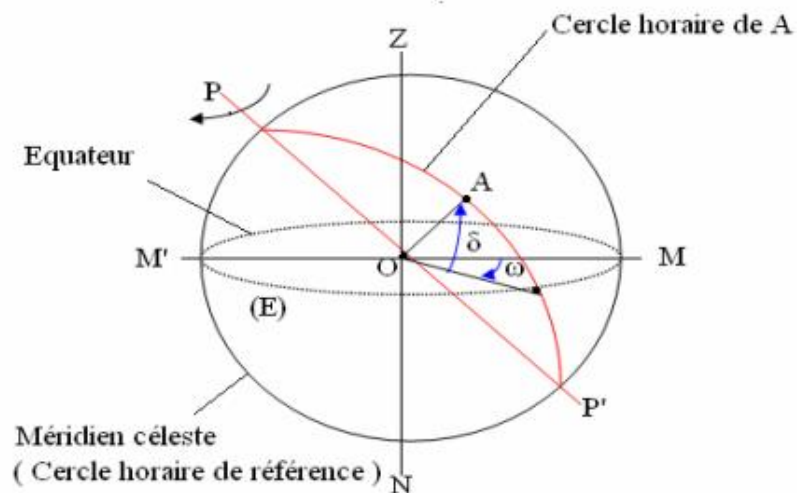


Figure I.5: coordonnées horaires

I.6. coordonnées horizontales

I.6. 1. La hauteur du soleil (h) : C'est l'angle h formé par le plan horizontal au lieu d'observation et la direction du soleil. Il est donné par la relation [7]:

$$\sin(h) = \sin(\Phi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\Phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\omega) \quad (\text{I.3})$$

I.6. 2. Azimut du soleil (a) : ou l'angle qui fait la projection de la direction sud du soleil avec la direction sud. Il est compté de 0° à 180° à partir du sud vers l'ouest. [8]

$$\sin(a) = \frac{\sin(\omega) \cdot \cos(\delta)}{\cos(h)} \quad (\text{I.4})$$

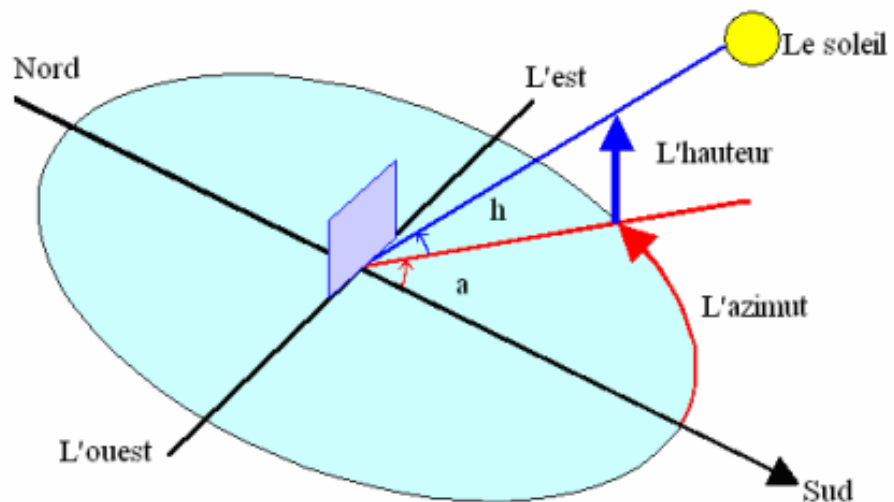


Figure I.6: coordonnées horizontale

Avec :

ω : Angle horaire

δ : Déclinaison du soleil

h : Hauteur du soleil

I.7. Dans le cas plan incliné :

I.7.1. Angle d'inclinaison (β): Définition de l'angle d'inclinaison d'un capteur :

- ✓ Surface horizontale : $\beta=0^{\circ}$
- ✓ Surface verticale : $\beta=90^{\circ}$

Sous nos latitudes, le montage de capteur avec un angle d'inclinaison (β) de $45^{\circ} \pm 25^{\circ}$ garantit le meilleur gain solaire pour une utilisation durant toute l'année. Des inclinaisons moins fortes favorisent le gain solaire en été. Des inclinaisons plus fortes favorisent le gain solaire en hiver.

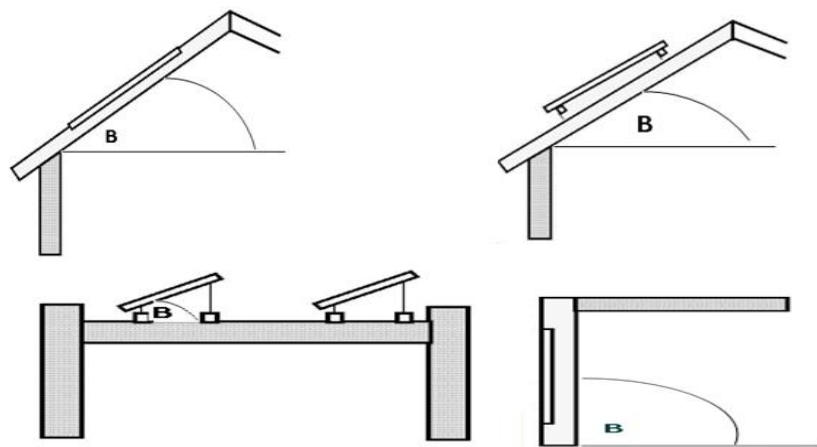


Figure I.7: l'angle d'inclinaison d'un panneau.

I.7.1. Orientation : Définition de l'orientation :

- ✓ Sud : 0°
- ✓ Este : -90°
- ✓ Ouest : $+90^{\circ}$
- ✓ Nord : 180°

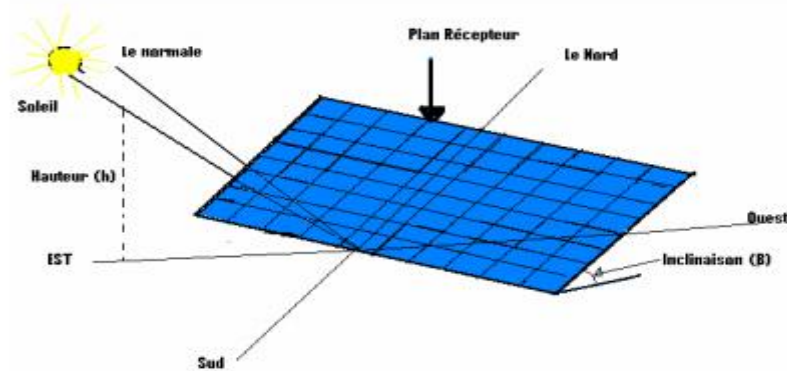
L'orientation ou azimut plein sud permet le meilleur capteur du rayonnement. Une plus grande surface de capteur permet d'une orientation qui ne serait pas optimale.

[1]

L'inclinaison β du capteur par rapport au plan horizontal est donnée par :

$$\beta = 90 - h \quad (\text{I. 5})$$

Dans la (Figure 1.6) présente les paramètres du capteur. [9]



Figure

I.8: Paramètres du capteur

I.8. Le rayonnement solaire

L'énergie reçue au niveau du sol est plus faible que 1354 w/m^2 (la constante solaire) Car l'atmosphère absorbe une partie du rayonnement solaire (environ 15%) et la réémet dans toutes les directions sous forme de rayonnement diffus. L'atmosphère réfléchit une autre partie du rayonnement solaire vers l'espace (environ 6%). Le rayonnement global au niveau du sol se définit donc comme la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus (Figure I.9) L'énergie reçue par une surface dépend en outre de la saison, de la latitude, des conditions météorologiques, du relief, de la pollution, de l'orientation de la surface considérée, etc. [11]

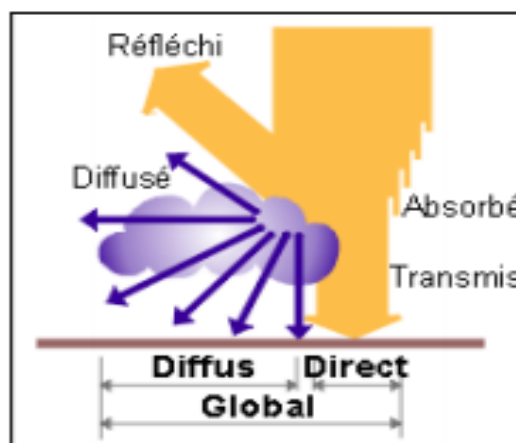


Figure I.9: Les composants du rayonnement solaire

I.8.1. Le rayonnement direct: est la lumière parvenant directement du soleil par ciel clair.

[11]

I.8.2. Rayonnement diffus : La composante diffuse provenant de toute la voûte céleste, elle n'a pas d'orientation privilégiée. Elle ne peut donc être concentrée par des instruments optiques. Le rayonnement diffus est plus riche en bleu que le rayonnement global. Les photopiles étant des détecteurs sélectifs, ce point a son importance. [12]

I.8.3. L'albédo : C'est la fraction d'un rayonnement incident diffusée ou réfléchi par un obstacle. Ce terme étant généralement réservé au sol aux nuages, c'est une valeur moyenne de leur réluctance pour le rayonnement considérée et pour tous les angles d'incidences possible. Par définition, le corps noir possède un albédo nul. [4]

I.8.4. Le rayonnement global: Un plan reçoit de la part du sol un rayonnement global qui est le résultat de la superposition des trois compositions direct, diffus et réfléchi. [13]

I.9. Répartition spectrale du rayonnement solaire

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

L'énergie associée à ce rayonnement solaire se décompose approximativement ainsi :

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

L'atmosphère terrestre reçoit ce rayonnement à une puissance moyenne de 1,37 kilowatt au Mètre carré (kW/m^2), a plus ou moins 3 %, selon que la terre s'éloigne ou se rapproche du soleil dans sa rotation autour de celui-ci. L'atmosphère en absorbe toutefois une partie, de sorte que la quantité d'énergie atteignant la surface terrestre dépasse rarement $1200 \text{ W}/\text{m}^2$. La rotation et l'inclinaison de la terre font également que l'énergie disponible en un point donné varie selon la latitude, l'heure et la saison. Enfin, les nuages, le brouillard, les particules atmosphériques et divers autres phénomènes météorologiques causent des variations horaires et quotidiennes qui tantôt augmentent, tantôt diminuent le rayonnement solaire et le rendent diffus.[14]

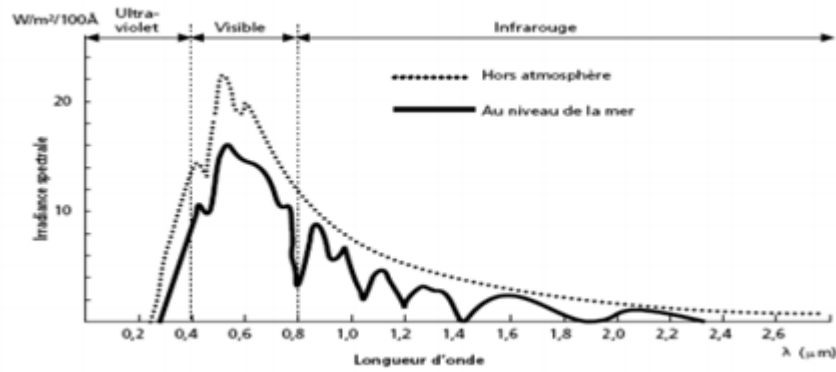


Figure I.10:Analyse spectrale du rayonnement solaire.

I.10. Masse d'air :

Plus le soleil est bas sur l'horizon, plus il va traverser une épaisseur importante d'atmosphère et plus il va subir de transformation. On appelle masse d'air ou Air masse en anglais, le rapport entre l'épaisseur d'atmosphère traversée par le rayonnement direct pour atteindre le sol et l'épaisseur traversée à la verticale du lieu.[15]

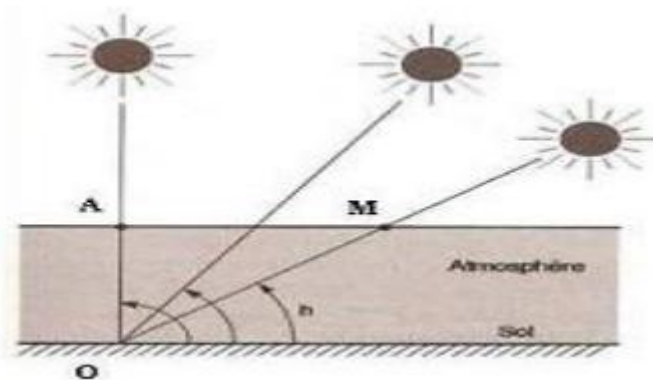


Figure I.11: Définition de l'air masse

$$OM = \frac{OA}{\text{Sin}h} \quad \text{Donc l'air masse} \quad \frac{OM}{OA} = \frac{1}{\text{Sin}h} \quad (I.5)$$

I.11. constante solaire :

La constante solaire E_0 La mesure de la constante solaire a fait l'objet de nombreuses expériences. Dans notre cas nous adopterons la valeur de 1353 w/m est le flux énergétique reçu par une surface unité, normale aux rayons solaires, située en dehors de l'atmosphère à une distance moyenne terre-soleil.

En première approximation, on peut calculer la valeur de E en fonction du numéro du jour de l'année j par la relation suivante [2] :

$$E = E_0 [1 + 0,033 \cos (0,984 j)] \quad (I.6)$$

I.12. Rayonnement solaire en Algérie:

On peut avancer qu'il ya peu de pays qui reçoivent autant de flux d'énergie solaire que l'Algérie car elle est située entre les latitudes 20 et 37 degré nord paradant du principe que latitude et climat sont liées à l'ensoleillement.

Régions	Région côtiers	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (h/an	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m ² .an -1	1700	1900	2650

Tableau I.2: la répartition du potentiel solaire au niveau du territoire algérien

La durée d'insolation dans le Sahara algérien est de l'ordre de 3500h/an est la plus importante dans le monde, elle est toujours supérieure à 8h/j et peut arriver jusqu'à 12h/j pendant l'été à l'exception de l'extrême sud où elle diminue jusqu'à 6h/j en période estivale. La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de toute l'Algérie (Figure I.12)

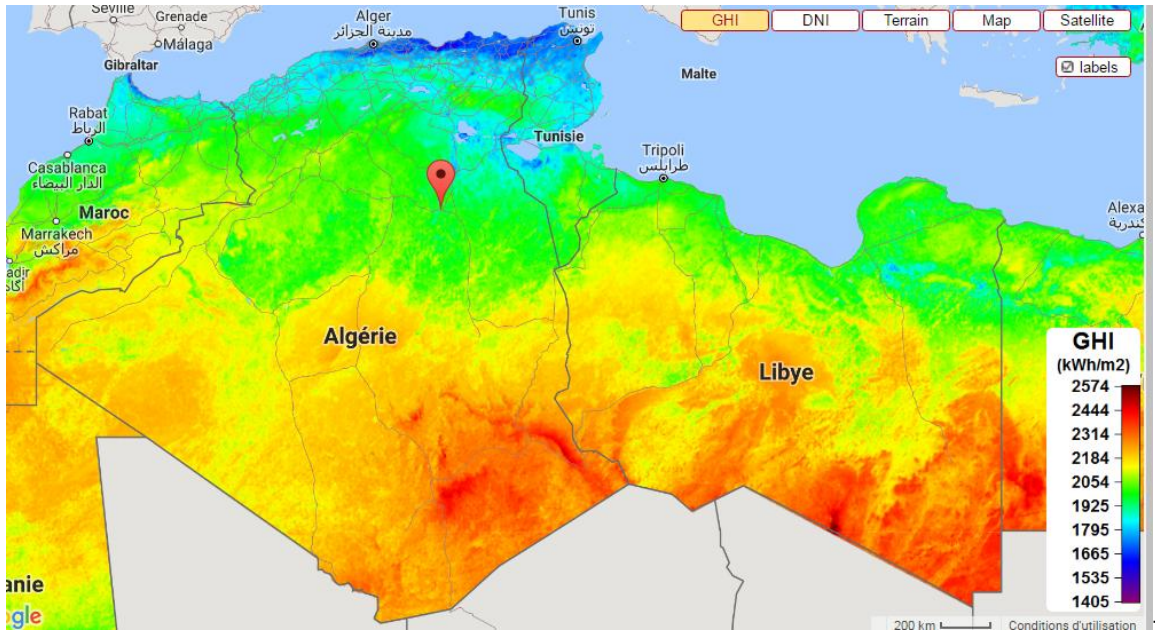


Figure I.12: Carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel

I.13. Spécification du site d'Ouargla

Pour le site de Ouargla, les spécifications sont données par les grandeurs météorologiques suivantes [10]:

Latitude : 31.92° N	Longitude : 5.4° E
Altitude : 141m	Albédo : 0.35

Tableau I.3: Les coordonnées géographique de la wilaya d’Ouargla

I.14. Situation et limites

La wilaya d’Ouargla est l’une des importantes wilayas du sud algérien, couvrant une superficie de 361980 Km². La région se trouve à une altitude de 141 mètres, une latitude de 31. 92° Nord et de longitude avec 5. 4° Est. Ouargla est limitée géographiquement au nord par les wilayas de Djelfa et l’Oued, au sud par Tamanrasset et Illizi, à l’Ouest par la wilaya de Ghardaïa, à l’est par la république Tunisienne.

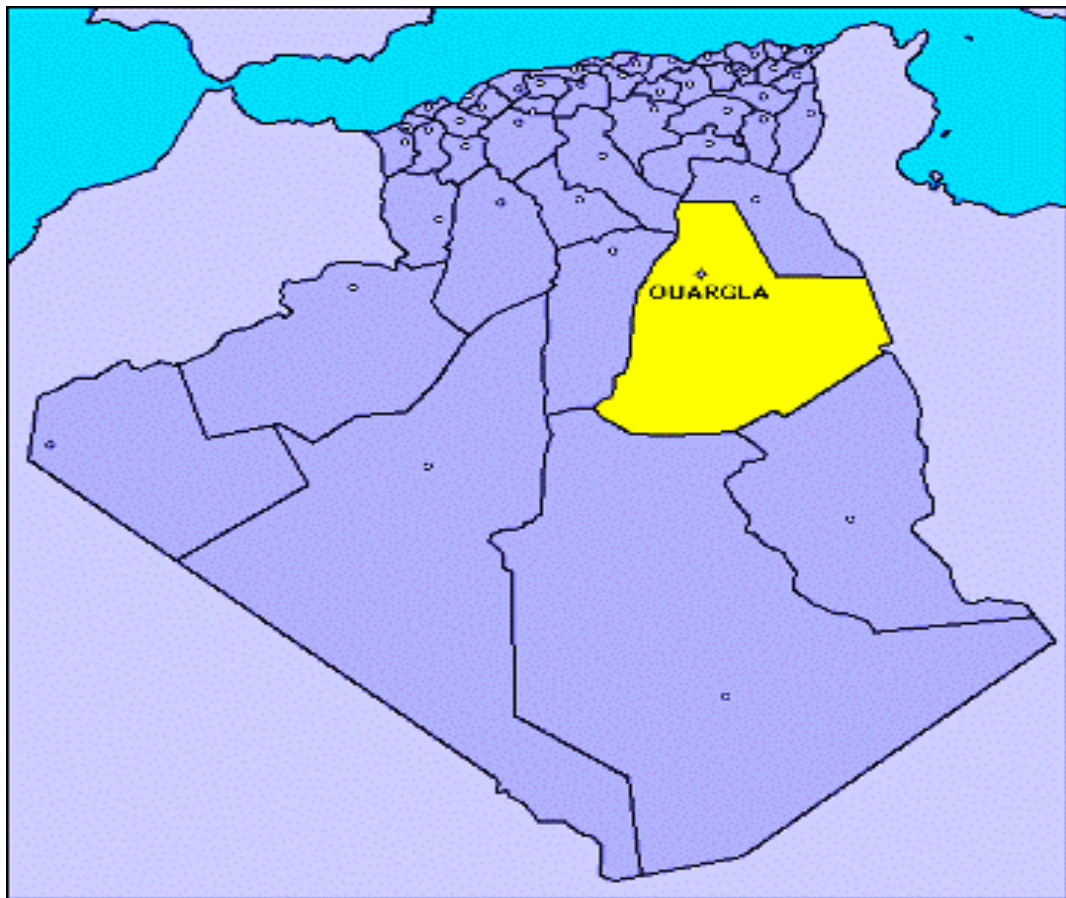


Figure I.13: Situation de la Wilaya d'Ouargla

I.15. Caractéristiques climatiques :

Les caractéristiques climatiques dont (humidité relative, vent, température...), ont une grande influence sur l'irradiation solaire, pour clarifier, nous avons pris ces données de la station de Météo d'Ouargla « l'ONM » pour les années (2004-2016).

I.15.1. Les températures:

Le tableau ci-dessous illustre les températures dans 13 ans d'observation, les valeurs mensuelles de mai à octobre dépassent la moyenne annuelle (23.79°C), par contre avec les autres mois qui sont sous moyenne annuelle. Au mois du janvier, la moyenne minimale mensuelle est de (4.6°C), au mois du juillet, la moyenne maximale mensuelle est de (43.9°C).

Mois	Moyenne de T min (°C)	Moyenne de T max (°C)	$(T_{\max}+T_{\min})/2$ (°C)
Janvier	4.6	19.7	12.2
Février	6.5	21.4	13.9
Mars	10.3	26.3	18.3
Avril	14.8	31.4	23.1
Mai	19.7	35.8	27.7
Juin	24.4	40.8	32.6
Juillet	27.7	43.9	35.8
Aout	27.4	43.1	35.2
Septembre	23.1	38.3	30.7
Octobre	17.2	32.9	25.1
Novembre	10.0	24.7	17.4
Décembre	5.9	19.6	12.8

Tableau I.4.: la température d'Ouargla [17]

T_{\min} = la température moyenne minimale

T_{\max} = la température moyenne maximal

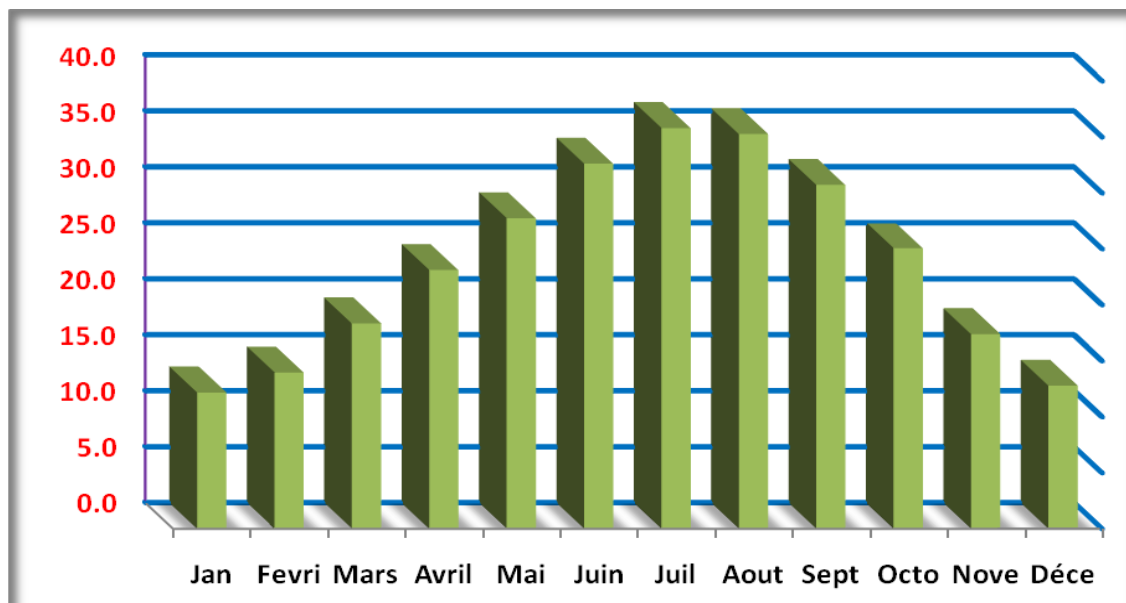


Figure I.14.: la température d'Ouargla en [C°]

I.15.2. L'humidité relative :

L'humidité relative est le pourcentage de vapeur d'eau existant dans l'air, le tableau (I.6) montre ses valeurs moyenne mensuelle dans (2004-2016) de la région d'étude.

Nous observons que la moyenne minimale au mois de juillet est de 13.2 % et la moyenne maximale est de 84 % au mois de décembre. Les mois d'avril à septembre sont caractérisés par des valeurs mois que la moyenne annuelle de (42.26 %), au contraire avec les autres mois.

Mois	Moyenne HUMIDITE MIN en %	Moyenne HUMIDITE MAX en %	$(H_{\max}+H_{\min}) / 2$ en %
Janvier	35.6	82.6	59.1
Février	28.0	73.2	50.6
Mars	23.4	65.8	44.6
Avril	19.7	57.2	38.5
Mai	17.0	49.8	33.4
Juin	14.9	43.0	28.9
Juillet	13.2	38.1	25.7
Aout	14.8	43.3	29.0
Septembre	20.4	55.9	38.1
Octobre	24.2	63.7	44.0
Novembre	32.1	76.5	54.3
Décembre	37.9	84.0	61.0

Tableau I.5: Humidité relative moyenne mensuelle [17]

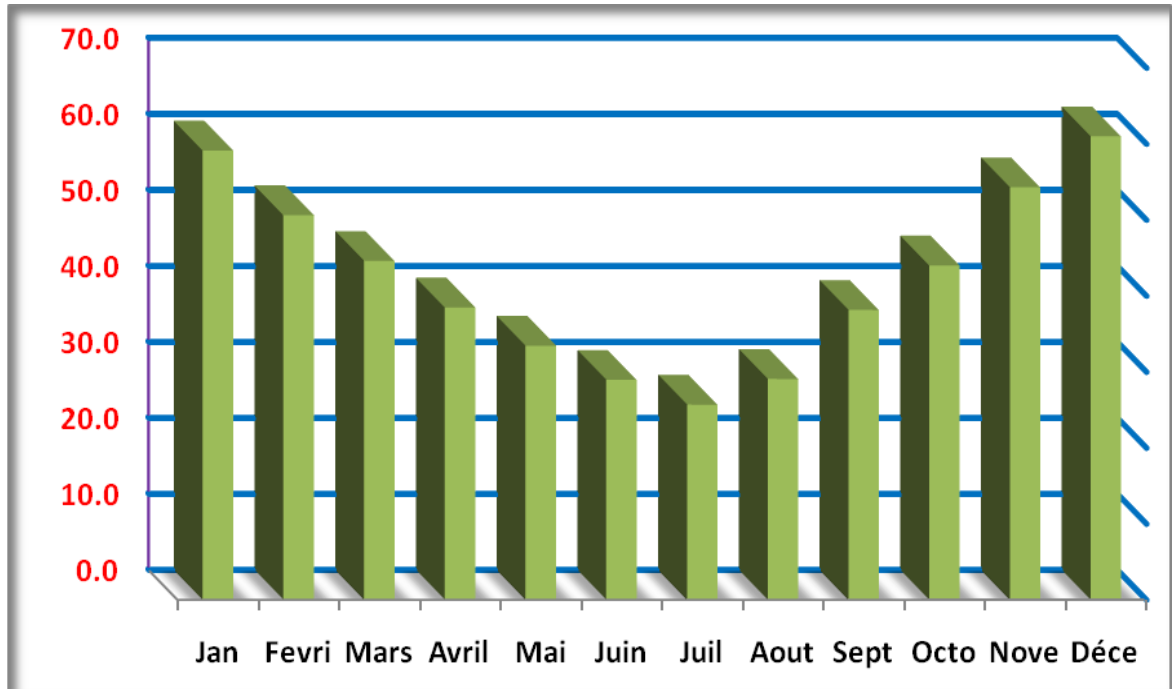


Figure I.15: Humidité relative moyenne mensuelle en [%]

I.15.3. Le vent :

La source des vents est concernée par la température et la pression, où l'itératif des derniers est de zones atmosphériques haute vers les bases zone atmosphériques.

Le tableau suivant montre la vitesse des vents dans 13 ans (2004-2016), nous observons que cette vitesse de février à juin et de septembre à décembre est moins de 54.32 Km/h, les restes des mois sont plus que la moyenne annuelle.

Mois	Jan	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nove	Déc.
KM/H	54.7	48.3	58.0	68.2	63.5	54.0	60.4	56.4	53.5	48.0	44.7	42.2

Tableau I.6: Les valeurs mensuelles moyennes des vitesses du vent pour Ouargla [17]

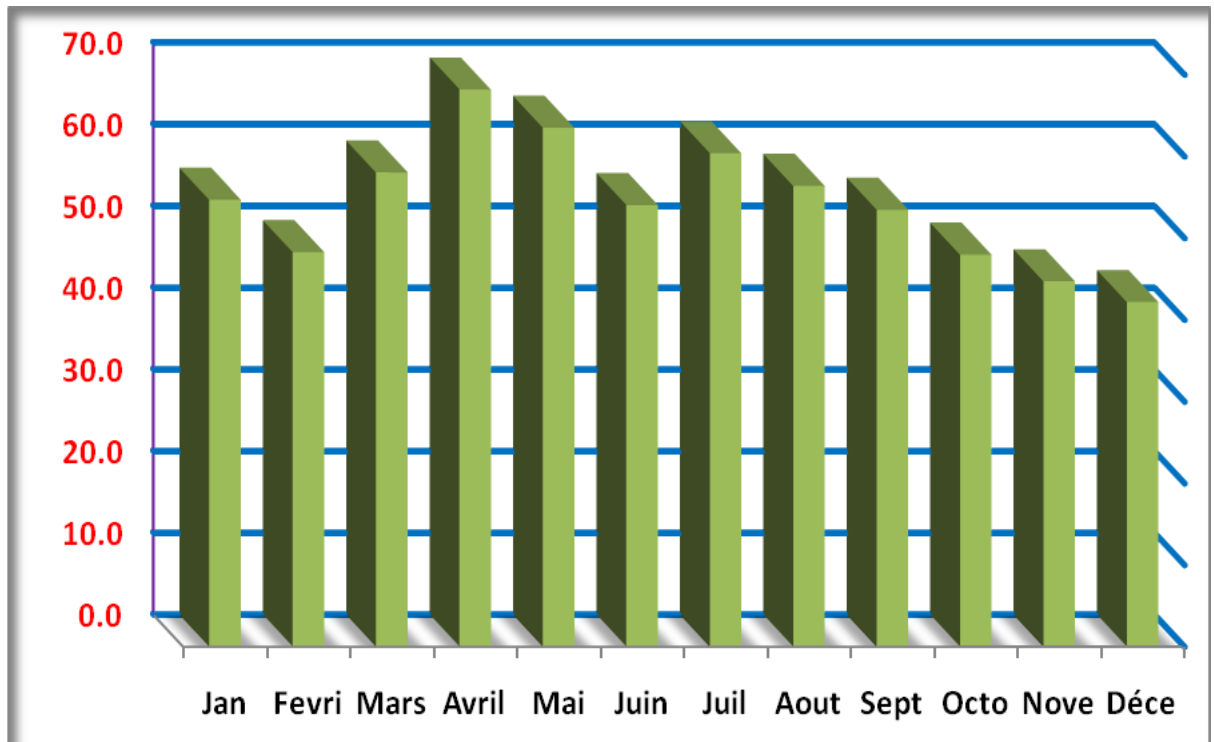


Figure I.16: force du vent en KM/H zone Ouargla [km/h]

I.15.3. précipitations:

Les précipitations en Ouargla sont irrégulières et presque nuls. Nous observons que les valeurs des précipitations de septembre à décembre, dépassent la moyenne annuelle de 3.17 mm, au contraire avec les autres. Voir tableau (I.8).

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
mm	7.8	2.4	4.2	1.9	1.2	0.6	0.3	1.4	3.5	5.3	5.6	3.9

Tableau I.7: Les précipitations de la région d'Ouargla [17]

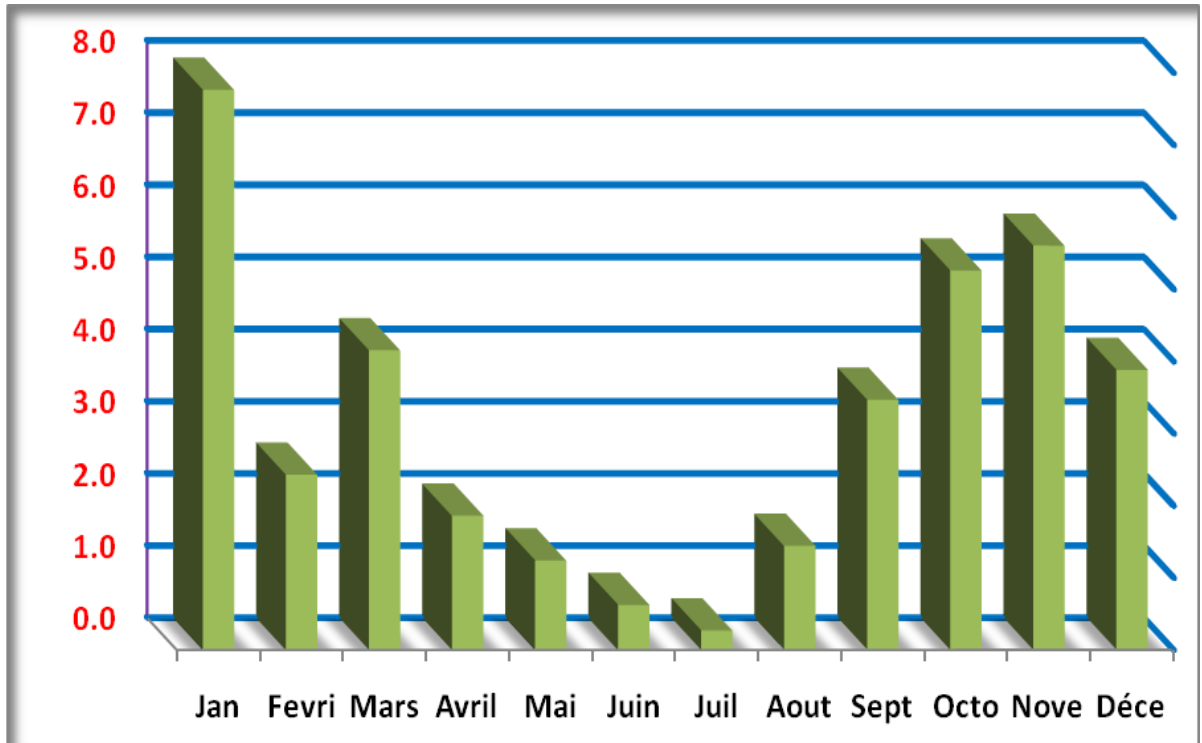


Figure I.17 : Les précipitations de la région d’Ouargla en [mm]

I.15.4. L’évaporation :

L’évaporation est la transformation des molécules liquide de la matière à des molécules gazeuse, influencés par (l’humidité, le vent,...etc.), le tableau (I.8) montre les quantités évaporés d’Ouargla, on remarque que les valeurs d’évaporation de avril à septembre dépassent la moyenne annuelle de 252.74 mm, les restes des mois sont des valeurs minimales.

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Mm	94.3	130.7	205.2	257.3	332.8	403.2	457	413	297.7	228.8	125.4	87.5

Tableau I.8: L’évaporation moyenne mensuelle[17]

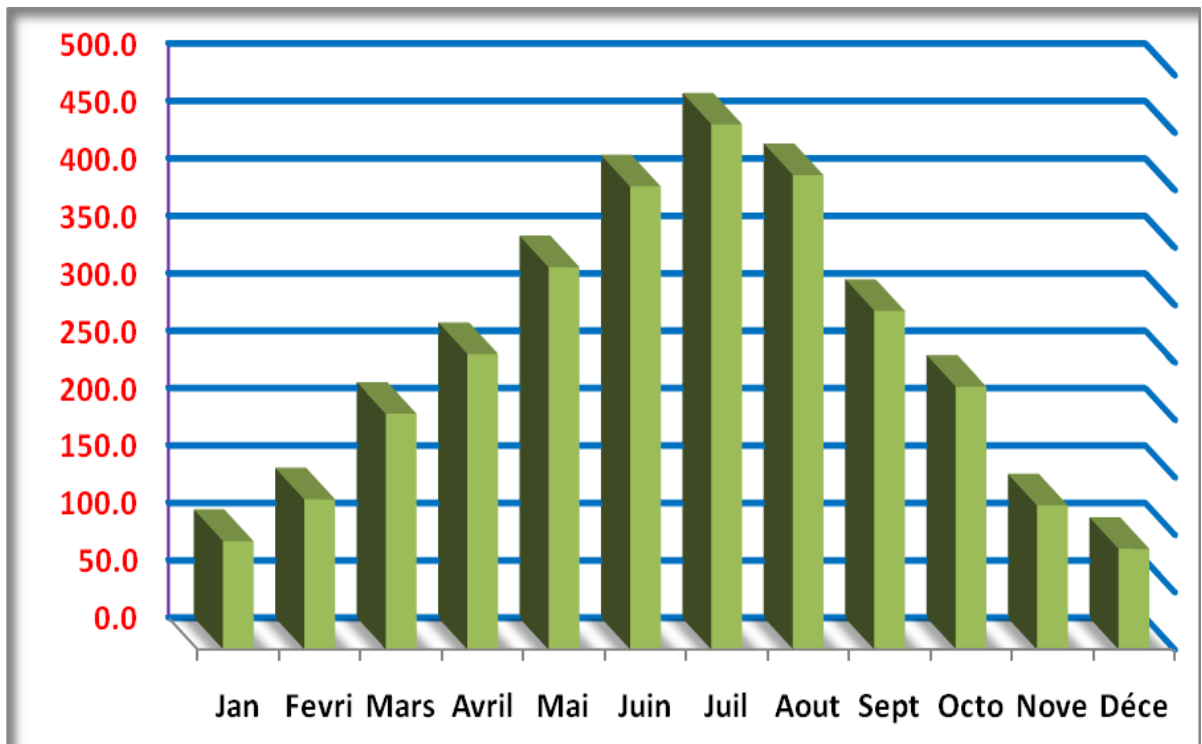


Figure I.18: L'évaporation moyenne mensuelle en [mm]

I.15.5. L'insolation :

Est la durée d'incidence solaire sur une tel zone, Ouargla est l'une des zone qui a une insolation considérable.

Le tableau (I.9) montre la moyenne mensuelle des heures d'insolation (2004-2016), les valeurs d'avril à mai et de juillet à aout dépassent la moyenne annuelle de 270.47 heures, les restes des mois sont minimaux.

Mois	Jan	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nove	Déc.
Heure	247	240.6	265.5	280.6	301.4	247.3	327.7	330.8	266.7	263.7	249.7	224.7

Tableau I.9: La moyenne mensuelle d'heures d'insolation pour Ouargla[17]

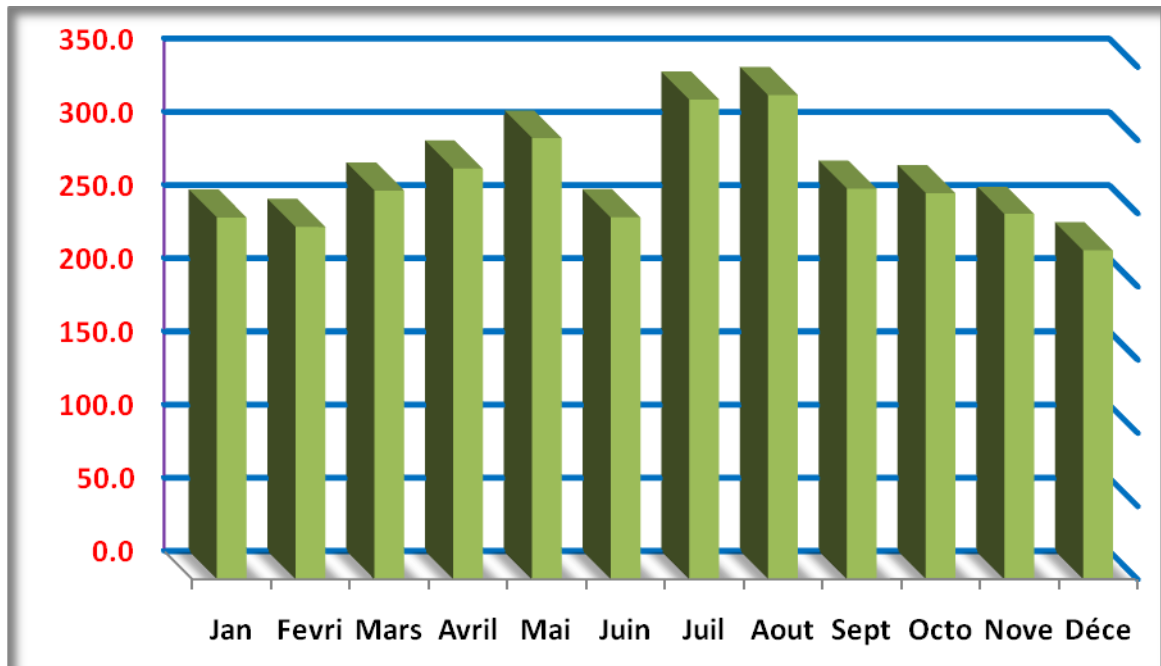


Figure I.19: La moyenne mensuelle d'heures d'insolation pour Ouargla en [h]

I.16. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit les bases nécessaires pour comprendre notre sujet d'étude et par les détails donnant le gisement solaire et de clarifier ses fonctions et divisions rayonnement solaire qui affectent les facteurs de masses climatiques et aériennes, cela pour se lancer sur le principe du travail des panneaux solaires dans le chapitre suivant.

CHAPITRE II
ETUDE D'UNE SYSTEME
PHOTOVOLTAIQUE

II.1. Introduction:

L'énergie solaire est la conversion (rayonnement de solaire) de l'énergie lumineuse en énergie électrique par des cellules solaires, et principalement constituée de matériaux semi-conducteurs de courant électrique tels que les utilisations du silicium et le plus important de ce procédé c'est la production d'énergie électrique et à l'exploitation dans les régions éloignées qui sont difficiles à fils d'accès.

II.2. Effet photovoltaïque

L'effet photovoltaïque est un phénomène physique propre pour certains matériaux appelés semi-conducteurs qui produisent de l'électricité lorsqu'ils sont exposés à la lumière. Il constitue la conversion directe de l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique au moyen de cellules généralement à base de silicium. Pour obtenir une puissance suffisante, les cellules sont reliées entre elles et constituent le module solaire. Cet effet, fut observée la première fois, en 1839, par le physicien français Edmond Becquerel. Toute fois, ce n'est qu'au cours des années 1950 que les chercheurs des laboratoires Bell, aux Etats-Unis, parvinrent à fabriquer la première cellule photovoltaïque [18]

II.3. Générateur photovoltaïque

II.3.1. Cellule photovoltaïque

Les cellules solaires sont des composants optoélectroniques qui transforment directement la lumière solaire en électricité par un processus appelé « effet photovoltaïque », car le soleil est la source lumineuse la plus intense de notre planète, et la plupart des applications sont en plein air. Mais certains préfèrent l'expression énergie lumière, pour insister sur le fait que toute source de lumière, même artificielle (ampoules, tubes fluorescents...), peut générer de l'électricité à travers une cellule solaire. [19]

II.3.2. Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques sont fabriquées à partir d'une jonction PN au silicium (diode). Pour obtenir du silicium dopé N, on ajoute du phosphore. Ce type de dopage permet au matériau de libérer facilement des électrons (charge -).

Pour obtenir du silicium dopé **P**, on ajoute du bore. Dans ce cas, le matériau crée facilement des lacunes électroniques appelées trous (charge +).

La jonction **PN** est obtenue en dopant les deux faces d'une tranche de silicium. Sous l'action d'un rayonnement solaire, les atomes de la jonction libèrent des charges électriques de signes opposés qui s'accumulent de part et d'autre de la jonction pour former un générateur électrique. [3]

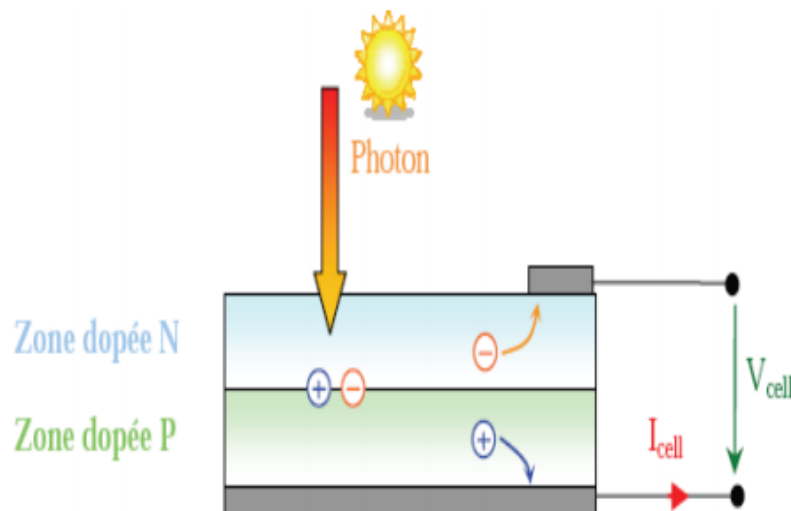


Figure II.1 Le Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

II.4. Les différents modèles de panneaux photovoltaïques

II.4.1. Les cellules monocristallines

Sont des cellules qui s'approche-le plus du modèle théorique, elle est effectivement composée d'un seul cristal divisé en deux couches.

Son procédé de fabrication est long et exigeant en énergie, plus onéreux, il est cependant plus efficace que la cellule poly-cristalline [20]



Figure II.2 : Les cellules monocristallines

II.4.2. Les cellules poly cristallines

Ces cellules, grâce à leur potentiel de gain de productivité, se sont aujourd'hui imposées : elles représentent 49 % de l'ensemble de la production mondiale en 2000. L'avantage de ces Cellules par rapport au silicium monocristallin est qu'elles produisent peu de déchets de coupe Et qu'elles nécessitent 2 à 3 fois moins d'énergie pour leur fabrication, leurs rendements est de 13% jusqu'à 20% en labo. [20]



Figure II.3 : Les cellules poly cristallines

II.4.3. Le silicium amorphe

Les coûts de fabrication sont sensiblement meilleurs que ceux du silicium cristallin.

Les cellules amorphes sont utilisées partout où une alternative économique est recherchée, ou, quand très peu d'électricité est nécessaire (par exemple, alimentation des montres, Calculatrices, luminaires de secours). Elles sont également souvent utilisées là où un fort Échauffement des modules est à prévoir. Cependant, le rendement est de plus de 2 fois inférieur à celui du silicium cristallin et nécessite donc plus de surface pour la même

puissance installée. Les cellules en silicium amorphe sont actuellement de moins en moins utilisées : 9,5 % de la production mondiale en 2000, alors qu'elles représentaient 12 % en 1999.

D'autres techniques semblent gagner du terrain aujourd'hui, ce sont les technologies en ruban et les couches minces.[20]



Figure II.4 : Le silicium amorphe

II.5. Caractéristique du panneau photovoltaïque:

Les caractéristiques électriques de ce module photovoltaïque sont données dans le tableau suivant :

Puissance maximale (P_{\max})	200W
Tension à P_{\max} (V_{\max})	37.77V
Courant à P_{\max} (I_{\max})	5.29A
Tension à circuit ouvert (V_{oc})	45.25V
Courant de court-circuit (I_{sc})	5.92A
Coefficient de température de I_{sc}	0.037% /°C
Coefficient de température de V_{oc}	-0.34% /°C
Coefficient de température de la puissance	-0.48% /°C
Numéro de celle	72 Celle en séries

Tableau II.1: Caractéristiques électriques du module photovoltaïque
BLD200 72M [21]

II.5.1. Tension de circuit ouvert V_{oc}

C'est la tension continue obtenue aux bornes d'un panneau sous un ensoleillement Constant sans aucune circulation de courant (Figure II.5). [22]

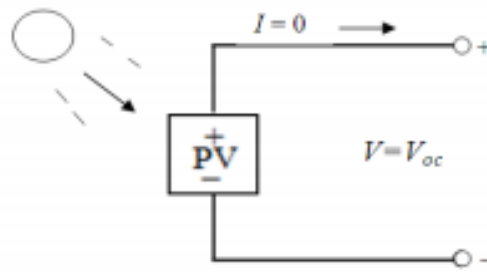


Figure II.5: Tension de circuit ouvert

II.5.2. Courant de court-circuit I_{CC}

À l'opposé, le courant présent lorsqu'il n'y a aucune tension est appelé courant de court-circuit (I_{CC}). Figure II.6 présente le schéma équivalent. Il est à noter que dans cette condition aucune puissance n'est extraite du panneau.

C'est une caractéristique importante, car elle nous informe directement sur le niveau d'ensoleillement auquel le panneau est exposé.[22]

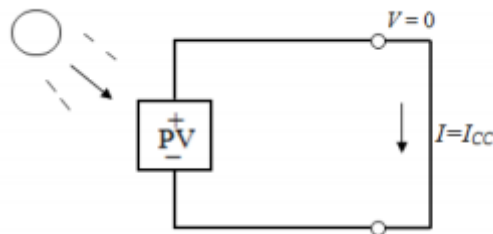


Figure II.6: Courant de court-circuit

II.5.3. Facteur de forme

Il est défini comme le rapport de la puissance maximale délivrée par le module P_m à la puissance calculée en multipliant la tension de circuit-ouvert par le courant de court-circuit :

$$FF = \frac{P_{\max}}{V_{oc} \times I_{cc}} \quad (\text{II.1})$$

Ce facteur indique la performance du module, plus il s'approche de l'unité plus le module est performant. [22]

II.5.4. Rendement

Le rendement μ est le rapport entre la puissance électrique fournie par le module et la puissance incidente (puissance lumineuse reçue):

$$\mu = \frac{P_{\max}}{P_{\text{incid}}} \quad (\text{II.2})$$

P_{incid} : est égale au produit de l'ensoleillement et la surface des n cellules qui compose le module.[22]

II.6.Regroupement des cellules:

II.6.1. Regroupement en série

Une association de (N_s) cellule en série figure (1.4) permet d'augmenter la tension du générateur photovoltaïque. Les cellules sont alors traversées par le même courant et la caractéristique résultant du groupement série est obtenues par addition des tensions élémentaires de chaque cellule. L'équation résume les caractéristique électriques d'une association série de (N_s) cellules.

$$\begin{aligned} V_{\text{CONS}} &= N_s \times V_{\text{CO}} \\ I_{\text{CC}} &= I_{\text{CCNS}} \end{aligned} \quad (\text{II.3})$$

V_{CONS} : la somme des tensions en circuit ouvert de N_s cellules en série.

I_{CCNS} : courant de court circuit de N_s cellules en série. [23]

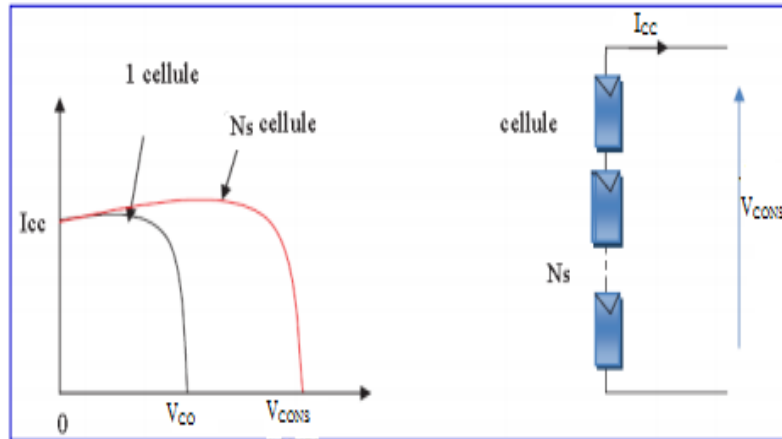


Figure II.7: Caractéristique courant tension de N_s cellule série

II.6.2. Regroupement en parallèle:

Une association parallèle de (N_P) cellule figure (1.5) est possible et permet d'accroître le courant de sortie du générateur ainsi créé. Dans un groupement de cellules identiques connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante du groupement est obtenue par addition des courants.

Avec:

$$\begin{aligned} V_{CO} &= V_{CONP} \\ I_{CCNP} &= I_{CC} \times N_P \end{aligned} \tag{II.3}$$

I_{CCNP} : la somme des courants de court circuit de (N_P) cellule en parallèle

V_{CCNP} : tension du circuit ouvert de (N_P) cellules en parallèle [23]

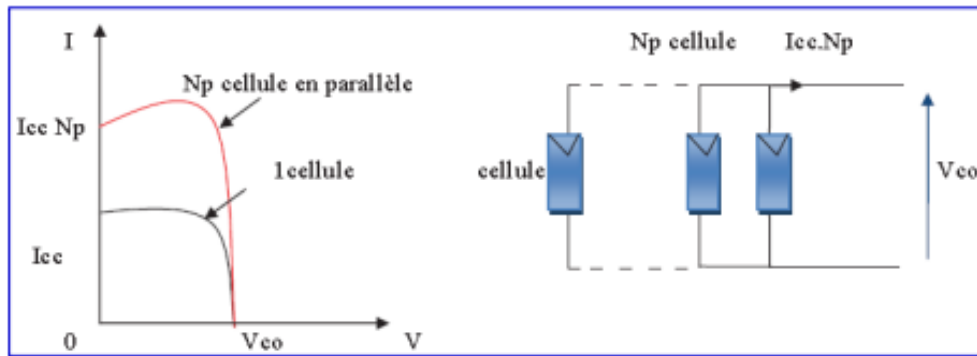


Figure II.8: Caractéristique courant tension de N_p cellule en parallèle

II.6.3. Regroupement (série et parallèle):

On utilise généralement ce type d'association pour en tirer une tension importante puisque l'association en série des photopiles délivre une tension égale à la somme des tensions individuelles et un courant égal à celui d'une seule cellule. La caractéristique d'un groupement de deux modules solaires est représentée ci-dessous, ce qui peut être généralisé sur une gamme de N_s modules solaires en série. Ce genre de groupement augmente le courant.

Afin d'obtenir des puissances de quelques kW, sous une tension convenable, il est nécessaire d'associer les modules en panneaux et de monter les panneaux en rangées de panneaux série et parallèle pour former ce que l'on appelle un générateur photovoltaïque [24]

II.7. Influence de paramètres sur la caractéristique de la cellule photovoltaïque:

Le comportement électrique d'une cellule dépend de deux types de paramètres dont:

- ✓ Des paramètres internes tels que la résistance série R_s , la résistance shunt R_p .
- ✓ Des paramètres externes tels que le flux solaire et la température T

II.7.1. Paramètres internes:

a) Influence de la résistance série

La résistance série caractérise les pertes par effets Joule de la résistivité du semi conducteur et les pertes à travers les grilles de collectes et les mauvais contacts ohmiques de la cellule.

Les contacts semi-conducteur-électrodes à résistance élevée abaissent appréciablement

la tension et le courant de sortie ce qui va limiter le rendement de conversion.

L'influence de la résistance série sur la caractéristique $I=f(V)$ de la cellule solaire est représentée sur la Figure II.9 [25]

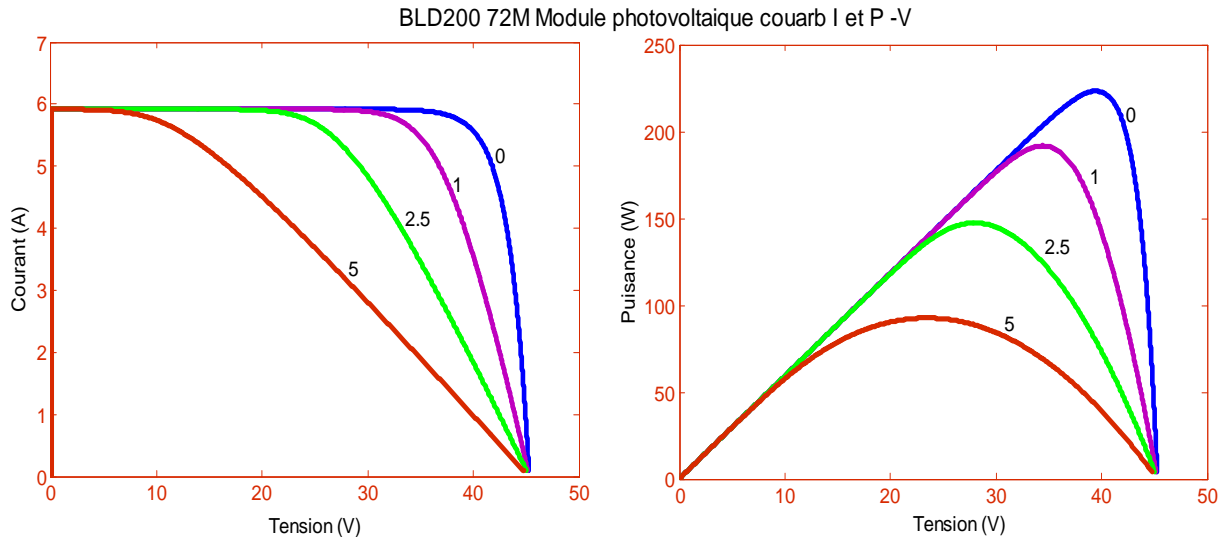


Figure II.9: Effet de la résistance série R_s sur la caractéristique **I-V** et **P-V**

b) Influence de la résistance parallèle R_{sh}

La résistance parallèle (ou shunt) caractérise les pertes par recombinaison des porteurs dues aux défauts structuraux du matériau épaisseurs des régions N et P et de la zone de charge d'espace.

L'existence de fissures et de défaut de structures complexes devient le siège de phénomène physique assimilable aussi à une résistance parallèle (R_{sh}). Ordre de grandeur de R_{sh} pour une cellule au Si: $R_{sh} = 10^2$ à $10^4 \Omega$. R_{sh} augmente avec le groupement série de cellules solaires et diminue avec une connexion parallèle. L'influence de la résistance parallèle sur la caractéristique de la cellule solaire est représentée sur la Figure II.10 [25]

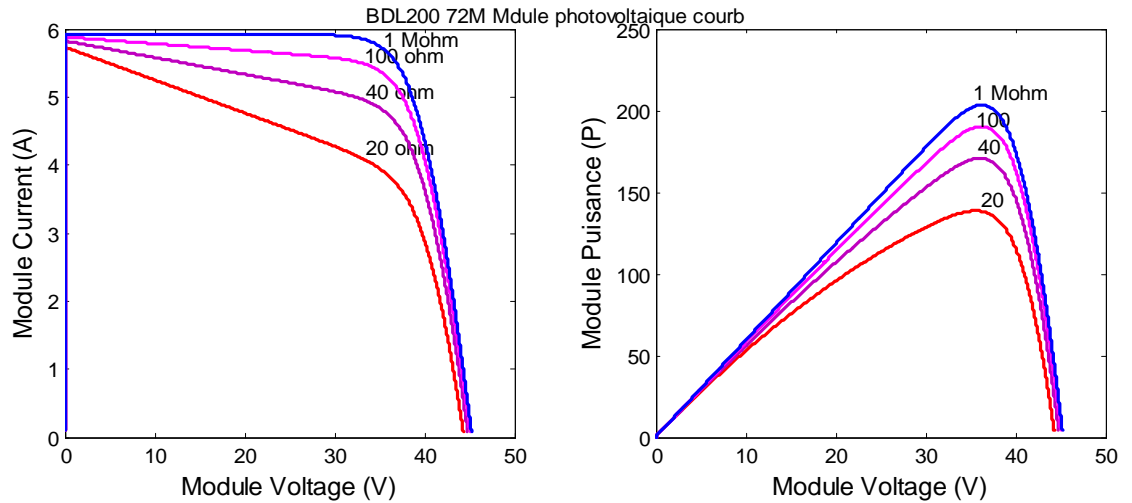


Figure II.10: Effet de la résistance série R_{sh} sur la caractéristique **I-V**

II.7.2. Paramètres externe

a) Influence de l'éclairement

L'augmentation d'ensoleillement (flux lumineux) se traduit par un déplacement de la caractéristique $I=f(V)$ suivant l'axe des courants.

L'accroissement du courant de court-circuit est beaucoup plus important que celui de la tension à circuit ouvert étant donné que le courant de court-circuit est une fonction linéaire de l'éclairement, alors que celle de la tension à circuit ouvert est logarithmique

L'influence de l'éclairement sur la caractéristique I-V et P-V de la cellule solaire est représentée sur la Figure II.11, pour une température fixe $T=25^{\circ}$ [25]

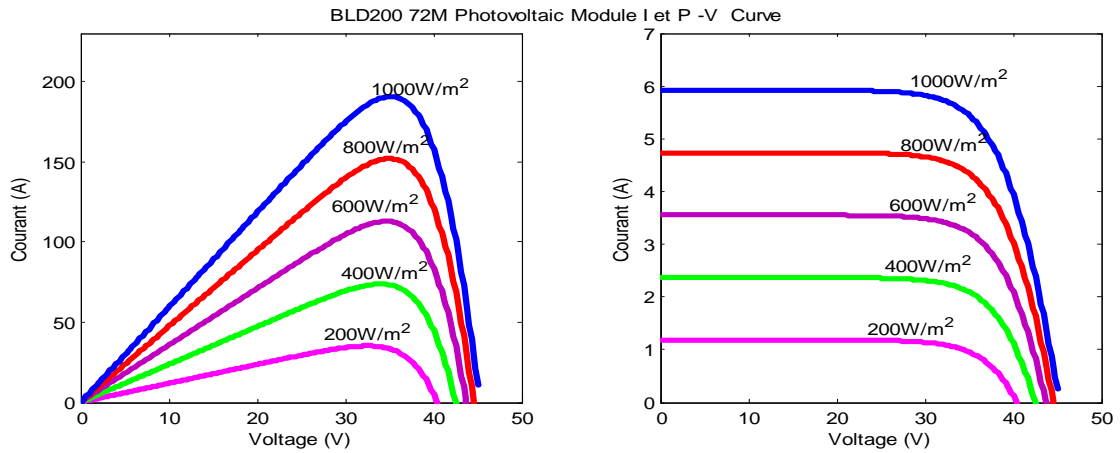


Figure II.11: Influence de L'ensoleillement sur les courbes I-V et P-V

b) Influence de la température

L'influence de la température est non négligeable sur la caractéristique courant/tension d'un semi-conducteur. Pour une température qui change, on peut voir que la variation de la tension change beaucoup plus que le courant. Ce dernier varie très légèrement.

L'influence de la température sur la caractéristique I-V et P-V de la cellule solaire est représentée sur la Figure II.12, pour un éclairement fixe $E = 1000W/m^2$ [25]

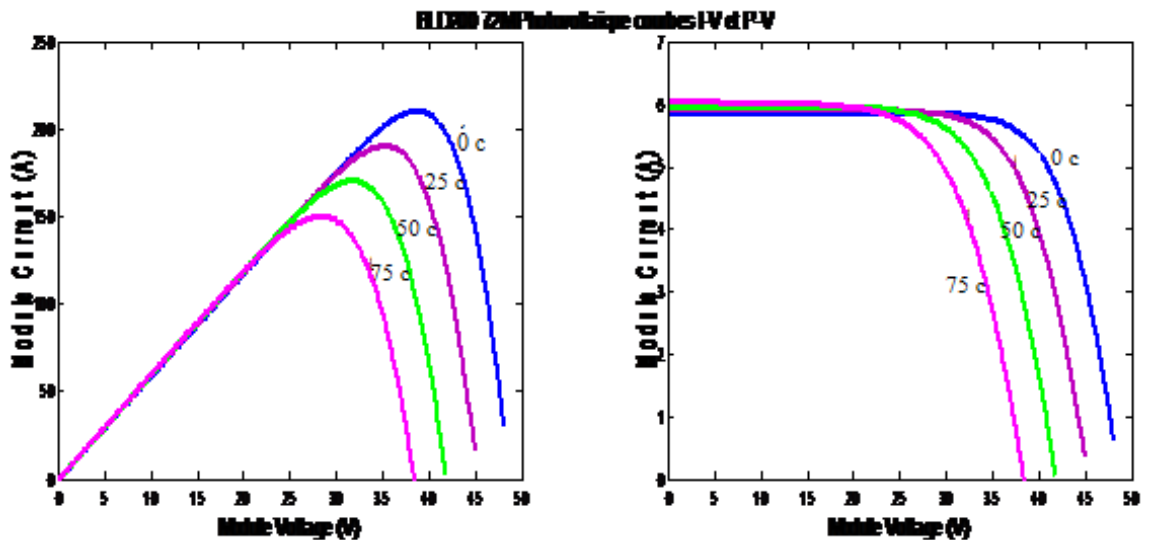


Figure II.12: Influence de température sur les courbes I-V et P-V

II.8. Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque:

II.8.1. Avantages

D'abord une haute fiabilité. L'installation ne comporte pas de pièces mobiles qui la rendent particulièrement appropriée aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les engins spatiaux.

Ensuite le caractère modulaire des panneaux photovoltaïques permet un montage simple et adaptable à des besoins énergétiques divers. Les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications de puissances allant du milliwatt au Mégawatt.

Le coût de fonctionnement est très faible vu les entretiens réduits et il ne nécessite ni combustible, ni transport, ni personnel hautement spécialisé.

La technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologique car le produit fini est non polluant, silencieux et n'entraîne aucune perturbation du milieu, si ce n'est par l'occupation de l'espace pour les installations de grandes dimensions [26]

II.8.2. Inconvénients

La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et exigé des investissements d'un coût élevé.

Le rendement réel de conversion d'un module est faible, de l'ordre de 10 - 15 % avec limite théorique pour une cellule de 28%. Les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs par rapport aux générateurs diesel que pour des faibles demandes d'énergie en régions isolées.

Lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire le coût du générateur est accru.

Le stockage de l'énergie électrique pose encore de nombreux problèmes. [26]

II.9. protection d'un GPV élémentaire:

Lorsque nous concevons une installation photovoltaïque, nous devons assurer la protection électrique de cette installation afin d'augmenter sa durée de vie en évitant notamment des pannes destructrices liées à l'association des cellules et de leurs

Fonctionnement. Pour cela deux types de protection sont classiquement utilisés dans les installations actuelles :

- la protection en cas de connexions en parallèle de modules PV pour éviter les courants négatifs dans les GPV (diode anti-retour).
- La protection lors de la mise en série de modules PV permettant de ne pas perdre la totalité de la chaîne (diode by-pass) [27]

II.10. Modélisation d'un générateur photovoltaïque [14]:

II.10.1. Générateur photovoltaïque idéal:

Une cellule photovoltaïque peut être décrite de manière simple comme une source idéale de courant qui produit un courant I_{ph} proportionnel à la puissance lumineuse incidente, en parallèle avec une diode qui correspond à l'air de transition p-n de la cellule PV (Figure II.13). Si l'on connecte une charge résistive aux bornes du générateur photovoltaïque, ce dernier y débite une part de courant I et le reste, le courant I_D , dans la diode.

Nous avons alors la relation:

$$I = I_{ph} - I_D \tag{II.4}$$

Pour un générateur idéal, la tension aux bornes de la résistance égale à celle aux bornes de la

diode : $V = V_D \tag{II.5}$

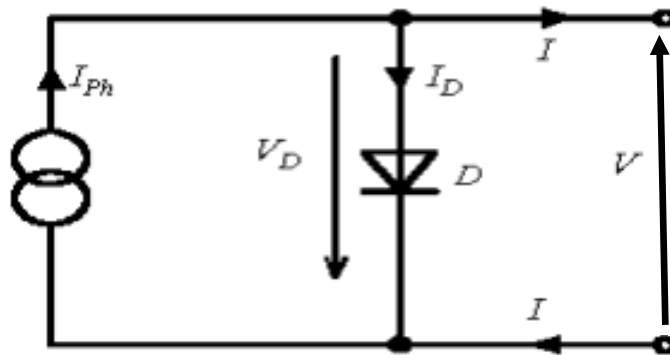


Figure II.13 : modèle simple d'une cellule PV

La diode étant un élément non linéaire, sa caractéristique I-V est donné par la relation :

$$I_D = I_S \left(\exp\left(\frac{V_D}{V_t}\right) - 1 \right) \quad (\text{II.6})$$

Avec :

I_S : courant de saturation inverse de la diode, $V_T = kT / q$, potentiel thermique,

Le courant débité équivaut à :

$$I = I_{ph} - I_D = I_{ph} - I_S \left(\exp\left(\frac{V_D}{V_t}\right) - 1 \right) \quad (\text{II.7})$$

Ce modèle reste théorique et ne rend pas compte du comportement d'une cellule photovoltaïque dans des conditions réelles.

II.10.2. Générateur photovoltaïque réel

Le modèle photovoltaïque précédent ne rendait pas compte de tous les phénomènes présents lors de la conversion d'énergie lumineuse. En effet, dans le cas réel, on observe une perte de tension en sortie ainsi que des courants de fuite. Cette perte de tension est modélisée donc par une résistance en série R_s et les courants de fuite par une résistance en parallèle R_{sh} comme montre la Figure II.14.

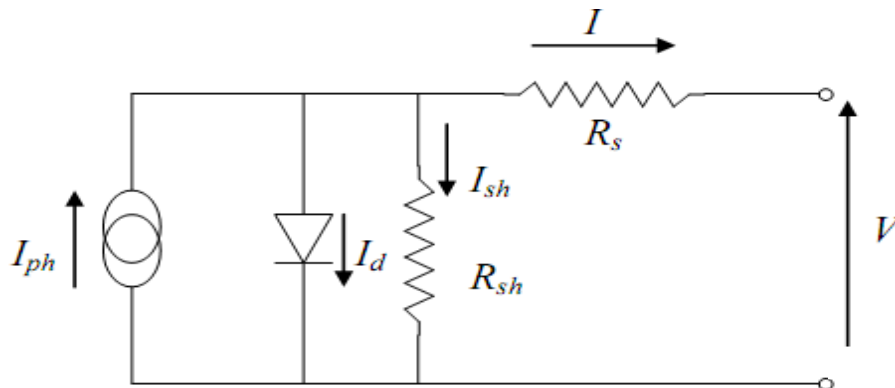


Figure II.14: Modèle de la cellule PV à une diode

L'équation de la caractéristique est alors :

$$I = I_{ph} - I_s \left\{ \exp \left[\frac{q(v + R_s I)}{A.K.T} \right] - 1 \right\} - \frac{v + R_s I}{R_{sh}} \quad (\text{II.8})$$

Avec :

I: Intensité aux bornes du générateur [A]

I_s : Le courant de saturation de la diode [A]

V : Tension aux bornes du capteur [V]

I_{ph} : Photo courant [A], proportionnel à l'irradiation G , avec correction selon T.

R_s : Résistance série[Ω].

R_{sh} : Résistance shunt(ou parallèle)[Ω].

q: Charge de l'électron = $1.6.10^{-19}$ Coulomb.

k: Constante de Boltzmann= $1.38.10^{-23}$ J/K.

A : le facteur d'idéalité de la diode compris entre 1 et 2.

Nous obtenons une équation implicite en I et V qui peut être résolue grâce à une méthode numérique.

II.11.Le convertisseurs [24]

II.11.1. Onduleur Monophasé

Ce type d'onduleur délivrant en sa sortie une tension alternative monophasée, est généralement destinée aux alimentations de secours. Deux classes d'onduleurs monophasés sont à distinguer, suivant leur topologie.

a) Onduleur monophasé en demi-pont

Le schéma de principe d'un tel onduleur monté en demi-pont est montré sur la figure (II.15)

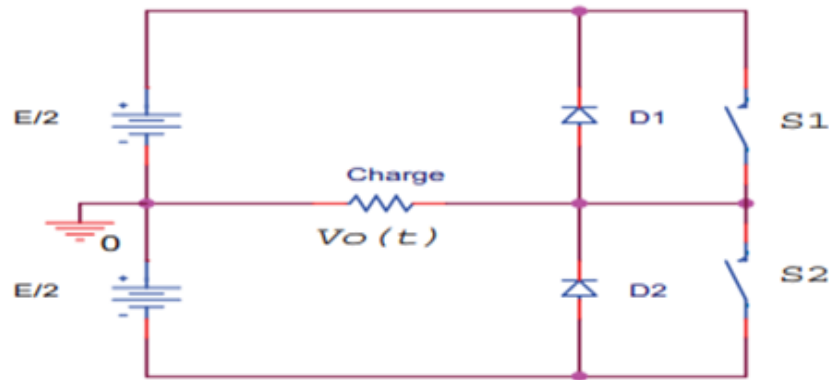


Figure II.15: Schéma de Principe d'un Onduleur Monophasé En Demi-pont

Il est constitué principalement de deux interrupteurs de puissance notés $S1$ et $S2$ à commande complémentaire. La durée de conduction de chacun des interrupteurs est alors d'un demi cycle (180°) correspondant à la fréquence du signal de sortie requis.

Lors de la fermeture de l'interrupteur $S1$, la tension aux bornes de la charge serait donc de $+E/2$, et prend la valeur $-E/2$ quand le second interrupteur, $S2$ est fermé

La conduction simultanée des deux interrupteurs est évitée par l'élaboration d'une commande adéquate qui tient compte des différentes caractéristiques des imperfections de ces interrupteurs de puissance (temps de montée t_r , temps de descente t_f et temps de stockage t_s).

Les diodes $D1$, $D2$, dites de récupération, assurent la conduction d'un courant négatif en cas de déphasage de ce dernier par rapport à la tension aux bornes de la charge.

b) Onduleur monophasé en pont (Pont H)

L'onduleur en pont est représenté en figure (II.16) il comporte quatre interrupteurs de puissance désignée par S1, S2, S3 et S4 quand les interrupteurs S1 et S2, sont fermés simultanément la tension imposée aux bornes de la charge prend la valeur $+E$, et de $-E$ lors de la fermeture simultanée des deux autres interrupteurs S3 et S4.

Deux interrupteurs du même bras ne peuvent pas conduire simultanément, à cause d'un court-circuit de la source de tension continues.

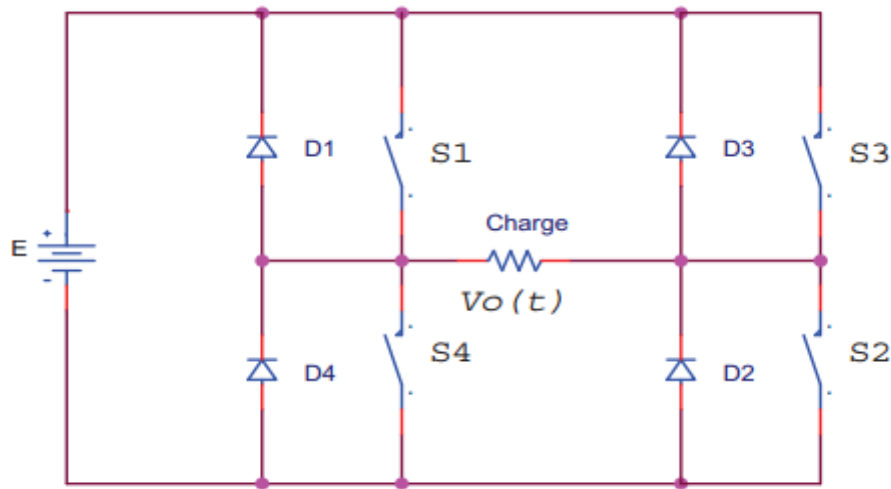


Figure II.16: Schéma de Principe d'un Onduleur Monophasé En pont

II.11.2. Le convertisseurs DC-DC

Le hacheur est un convertisseur continue/continue permettant de convertir une énergie continue à un niveau donné de tension (ou de courant) en une énergie continue à un autre niveau de tension (ou de courant). Son utilisation s'avère nécessaire pour stocker l'énergie photovoltaïque dans des batteries, ou pour alimenter une charge continue le schéma équivalent du hacheur se représente selon la figure ci dessous : Deux topologies de basse de circuit de conversion (DC/DC) seront décrits dans le paragraphe suivant .

a) Le convertisseurs BOOST

Le convertisseur boost est connu par le nom d'élevateur de tension peut être représenté par le circuit de la figure (II.17).

C'est un convertisseur direct DC-DC. La source d'entrée est de type courant continu (inductance en série avec une source de tension) et la charge de sortie est de type tension continue (condensateur en parallèle avec la charge résistive). L'interrupteur K1 peut être remplacé par un transistor puisque le courant est toujours positif et que les commutations doivent être commandées (au blocage et à l'amorçage).

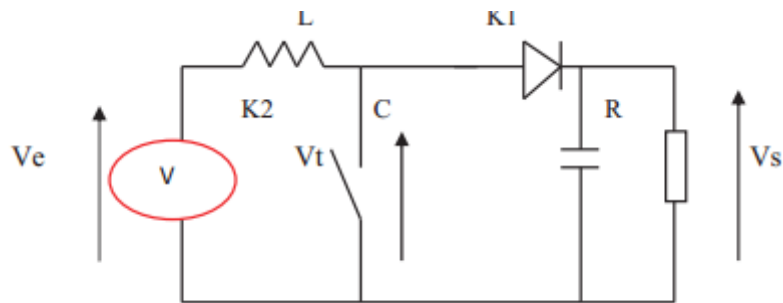


Figure II.17: Le convertisseur boost

$$v_s = \frac{v_e}{(1-\alpha)} \tag{II.13}$$

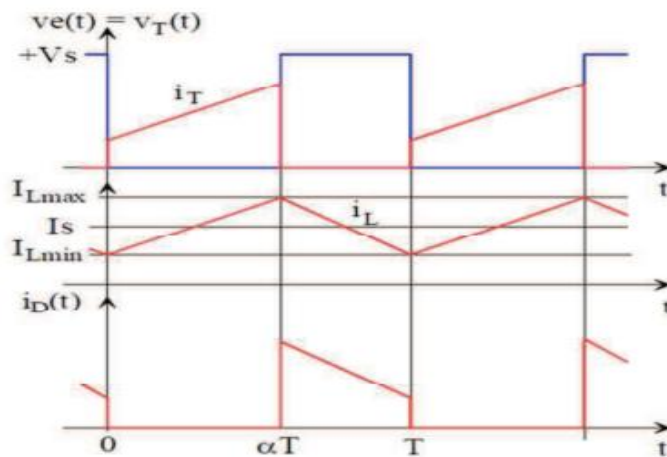


Figure II.18: signaux typiques de convertisseur boost

Fonctionnement

L'interrupteur K1 est fermé pendant la fraction αT de la période de découpage T. La source d'entrée fournit l'énergie à la charge R au travers de l'inductance L.

Lors du blocage du transistor, la diode K2 assure la continuité du courant dans l'inductance.

L'énergie emmagasinée dans cette inductance est alors déchargée dans le condensateur et la résistance de la charge.

Les formes d'ondes en conduction continue sont représentées à la figure (II.18). En régime permanent, la valeur moyenne de la tension aux bornes de l'inductance est nulle, ce qui impose la relation suivante :

$$v_e = (1 - \alpha)v_s \quad (\text{II.9})$$

$$v_s = v_e \times \frac{1}{1 - \alpha} \quad (\text{II.10})$$

b) Convertisseur Buck

Un convertisseur Buck, ou hacheur série, est un appareil qui convertit une tension continue en une autre tension continue de plus faible valeur.

Hacheur de type BUCK, buck chopper.

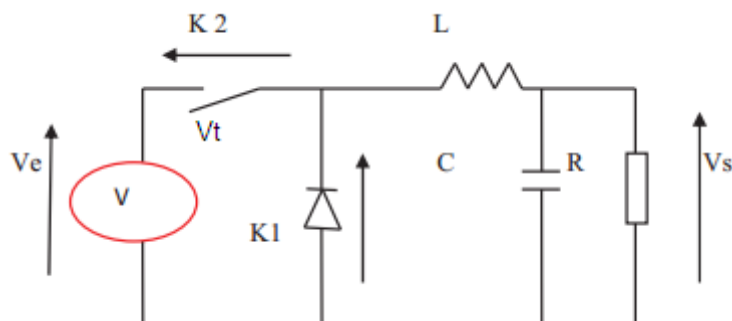


Figure II.19: Le convertisseur buck

Le hacheur série est un convertisseur direct DC–DC, La source d'entrée est de type tension continue et la charge de sortie continue de type source de courant. L'interrupteur K1 peut être remplacé par un transistor puisque le courant est toujours positif et que les commutations doivent être commandées (au blocage et à l'amorçage).

Fonctionnement

L'interrupteur K1 est fermé pendant la fraction T de la période de découpage T . La source d'entrée fournit l'énergie à la charge R au travers de l'inductance L.

Lors du blocage du transistor, la diode K2 assure la continuité du courant dans l'inductance.

L'énergie emmagasinée dans cette inductance est alors déchargée dans le condensateur et la résistance de charge.

Les formes d'ondes en conduction continue sont représentées à la figure (II.20). En régime permanent, la Valeur moyenne de la tension aux bornes de l'inductance est nulle. La tension de sortie est donnée par la relation suivante :

$$V_s = V - V_L = \alpha \times V_e \tag{II.11}$$

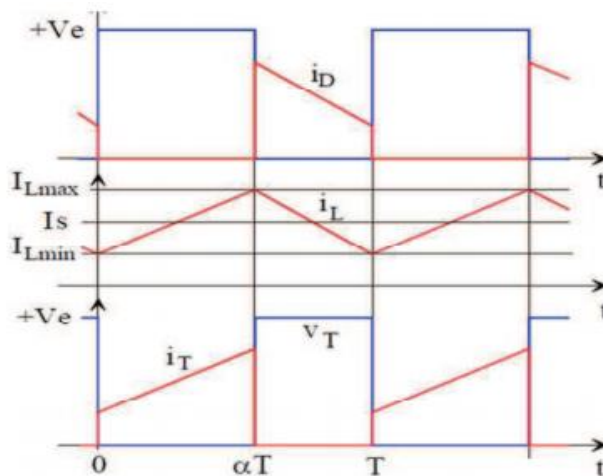


Figure II.20: signaux typiques de convertisseur buck

II.12.Principe du MPPT:

Par définition, une commande MPPT, associée à un étage intermédiaire d'adaptation, permet de faire fonctionner un générateur PV de façon à produire en permanence le maximum de sa puissance. Ainsi, quels que soient les conditions météorologiques (température et l'éclairement), la commande du convertisseur place le système au point de fonctionnement maximum (V_{mpp} , I_{mpp}). [28]

L'adaptation d'impédance est souvent sous forme d'un convertisseur DC – DC comme représenté sur la figure (II.21).

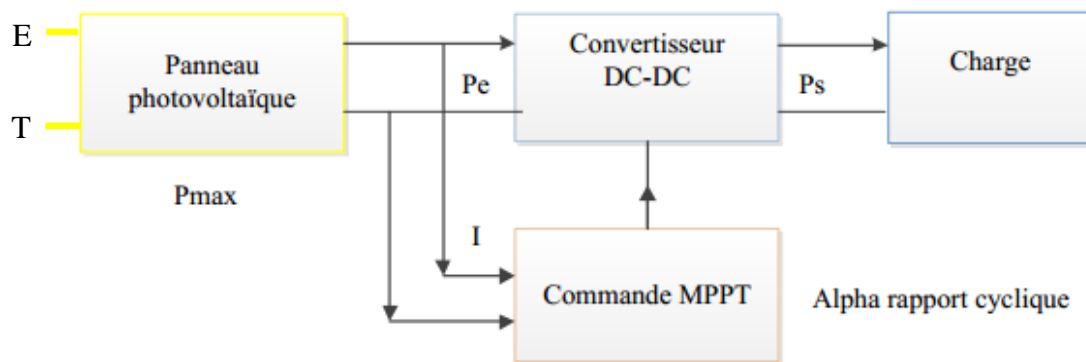


Figure II.21: chaîne de conversion d'énergie solaire comprenant une commande MPPT

II.13. Systèmes photovoltaïques pour l'habitat

Les systèmes PV sont classés en deux grandes catégories selon la manière dont l'énergie est utilisée.

II.13.1. Isolé:

Le rôle des systèmes autonomes est d'alimenter un ou plusieurs consommateurs situés dans une zone isolée du réseau électrique. Comme on le remarque sur la figure (II.22) qui représente l'exemple d'un système PV autonome, un système de stockage est associé au générateur PV pour assurer l'alimentation à chaque instant et pendant plusieurs jours malgré l'intermittence de la production.

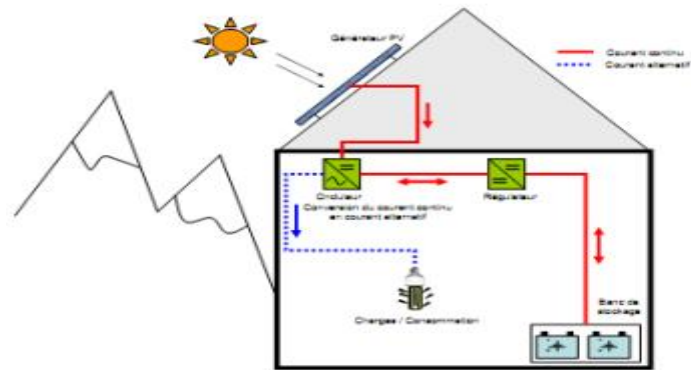


Figure II.22: structure d'un système PV autonome

II.13.2. Connecté au réseau:

Un tel système s'installe sur un site raccordé au réseau (Sonelgaz en Algérie). Généralement sur des habitations ou des entreprises qui souhaitent recourir à une forme d'énergie renouvelable et qui bénéficient d'un bon ensoleillement, voir Figure (II.23)

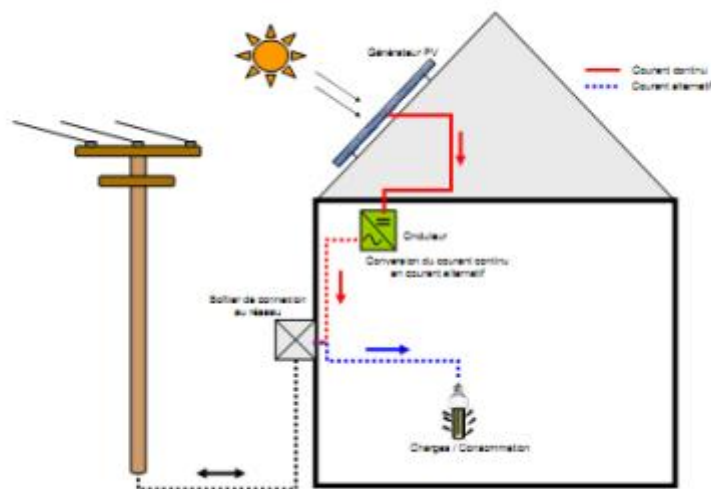


Figure II.23: structure d'un système PV connecté au réseau

L'énorme avantage de cette solution est l'absence de batterie. On ne stocke plus l'énergie, on l'injecte directement dans le réseau local ou national. Et ceci sans limite quantitative, donc toute l'énergie est récupérée.

Il ya un compteur qui tourne dans un sens pour la consommation, et un autre dans l'autre sens pour la production. Mais il faut tout de même convertir le courant continu des panneaux en alternatif au travers d'un onduleur et celui-ci doit être homologué par la compagnie d'électricité qui va recevoir ce courant. Car il doit respecter des normes sur sa qualité " sinusoïdale "

Ces systèmes ne sont pas des alimentations de secours en cas de coupure du réseau, car ils ne comportent aucune réserve d'énergie. Dans certains cas, on ajoute au système une batterie de secours pour les coupures de courte durée.[29]

II.14. conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un mécanisme de travail des cellules solaires et leurs caractéristiques comme nous l'avons expliqué la relation qui existe entre (courant) et (la tension). De plus, nous avons étudié l'effet de la température et de la lumière sur les cellules solaires, et les moyens de les protéger, comme nous l'avons souligné les avantages et les inconvénients de cette énergie, et le chapitre précédent sera consacré pour les détails expérimentaux et ses caractères, qui est la partie la plus importante dans cette recherche.

CHAPITRE III

ETUDE EXPERIMENTALE

III. 1. Introduction:

Dans ce chapitre nous voulons préciser l'angle parfait (optimal) du panneau solaire en méthode expérimentale et le comparant avec les valeurs théoriques.

III.2. Valeurs théorique d'Inclinaison optimal d'un panneau photovoltaïque:

Un calcul théorique de l'angle d'inclinaison optimal pour une irradiation maximale reçue sur un Capteur incliné est fait en variant l'angle d'inclinaison dans le jour type du mois afin d'identifier l'angle pour laquelle l'énergie reçue atteint sa valeur maximale.

Sur le tableau I.2 ci-dessous, nous avons présenté les angles optimaux pour chaque mois avec l'énergie maximale correspondante.[10]

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
β	60	51	35	17	-1	-8	-5	10	28	46	58	61
E[Wh/m ² .J]	6252	6459	6056	6531	6576	7073	7176	6791	6032	5970	6049	5167

Tableau III.1 : Les valeurs de l'irradiation globale journalière mensuelle pour une inclinaison optimale

III .2 . La procédure des mesures:

L'expérience consiste à mettre quatre panneaux solaires orientées vers le sud; pour chacun un angle d'inclinaison propre ($\alpha=60$; $\alpha=45$, $\alpha=30$, $\alpha=15$) et mesurer la puissance produite par chaque panneau solaire.



Figure III.1 : Disposition des panneaux solaire

Nous obtenons les courbes de la puissance en mesurant le courant et la tension. Ceci en utilisant le dispositif suivant :



Figure III.2 : Photo de la réalisation pratique

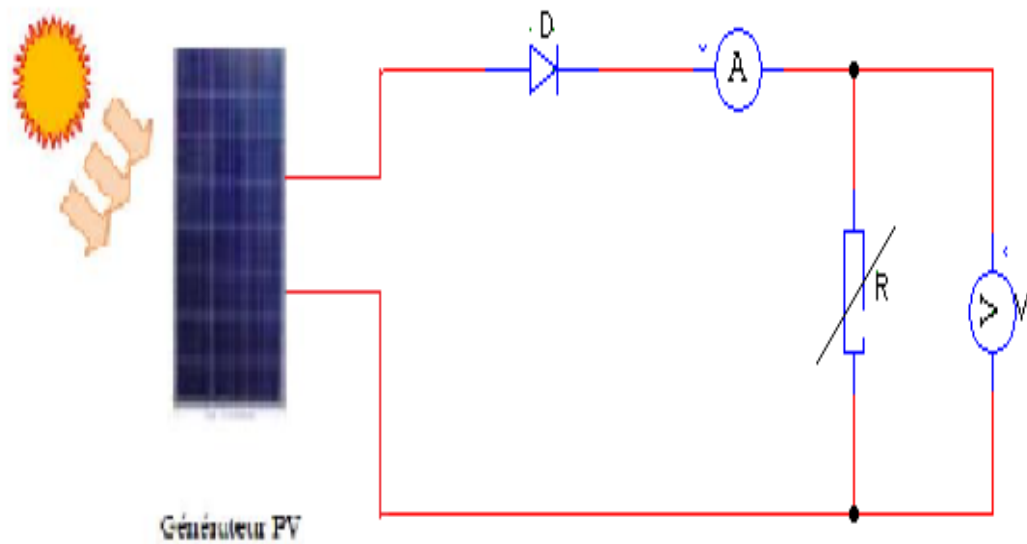


Figure III.3 : Schéma synoptique du couplage

Tout cela pour connaître quel angle qui a plus de rendement durant les mois de Mars, Avril et Mai.

III.3. Module photovoltaïque

Dans notre réalisation, nous utilisons un module PV du type BLD200, qui est disponible au niveau du centre de recherche, labo de génie électrique LAGE, de l'université Kasdi Merbah Ouargla. Ce module PV est en silicium monocristallin et constitué de 72 cellules PV élémentaires. Il peut délivrer dans les conditions standards de test (CST) une puissance de 200 W, un courant de 5.29A sous une tension optimale de 37.77V. Les caractéristiques électriques de ce module PV sont données dans la Figure suivante (voir Figure III.4) :

BLD SOLAR		BLD200 72M
better life we do		
Type		BLD200 72M
Maximum Power	(P _{max})	200W
Output Tolerance		± 3%
Current at P _{max}	(I _{mp})	5.29A
Voltage at P _{max}	(V _{mp})	37.77V
Short Circuit Current	(I _{sc})	5.92A
Open Circuit Voltage	(V _{oc})	45.25V
Nominal Operating Cell Temp	(T _{noct})	45±2°C
Weight		15KG
Dimension		1580*808*35mm
Maximum System Voltage		1000V
Maximum Series Fuse Rating		10A
Cell Technology		MONO Si
All technical data at standard test condition		
AM 1.5	E 1000W/m ²	TC 25°C
   		
Module Application: Class A		
Zhejiang BLD Solar Technology Co., Ltd		
Add: Qinggang (Shangqiu) Technological Ind. Zone, Yuhuan, Zhejiang, China		
Tel: +86 576 81731999		Fax: +86 576 81731990
Made in China		

Figure III.4 : Caractéristiques électriques du générateur photovoltaïque BLD200 72M

III.4. Charge optimale du panneau

Pour que le panneau fonctionne à sa puissance optimale, il faut le charger par sa charge optimale calculée à partir des caractéristiques du panneau. Dans notre cas, $R = 7.13 \text{ Ohm}$.

$V_{\text{max}}=37.77\text{V}$, $I_{\text{max}}=5.29\text{A}$ donc $R = V_{\text{max}}/I_{\text{max}}= 7.13 \text{ Ohm}$

Dans ce cas là nous avons choisi $R=8\Omega$

III.5. Résultats expérimentaux et discussion:

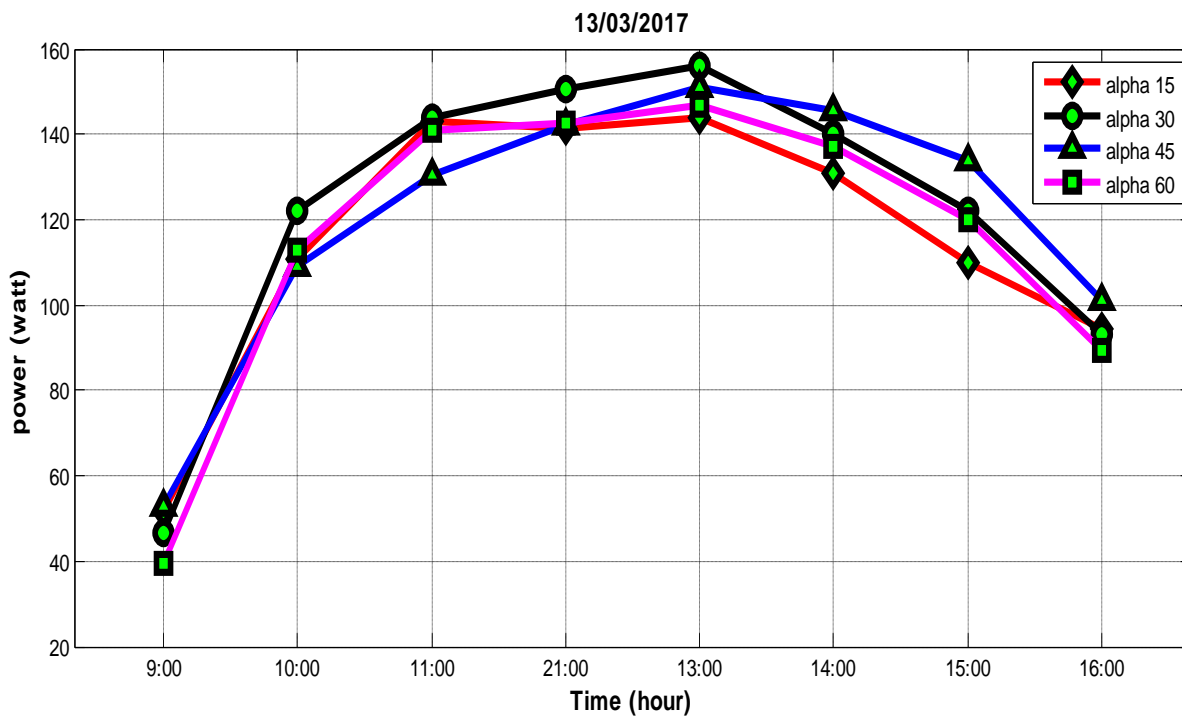


Figure III.5: puissance PV en fonction du temps

Le 13/03/2017

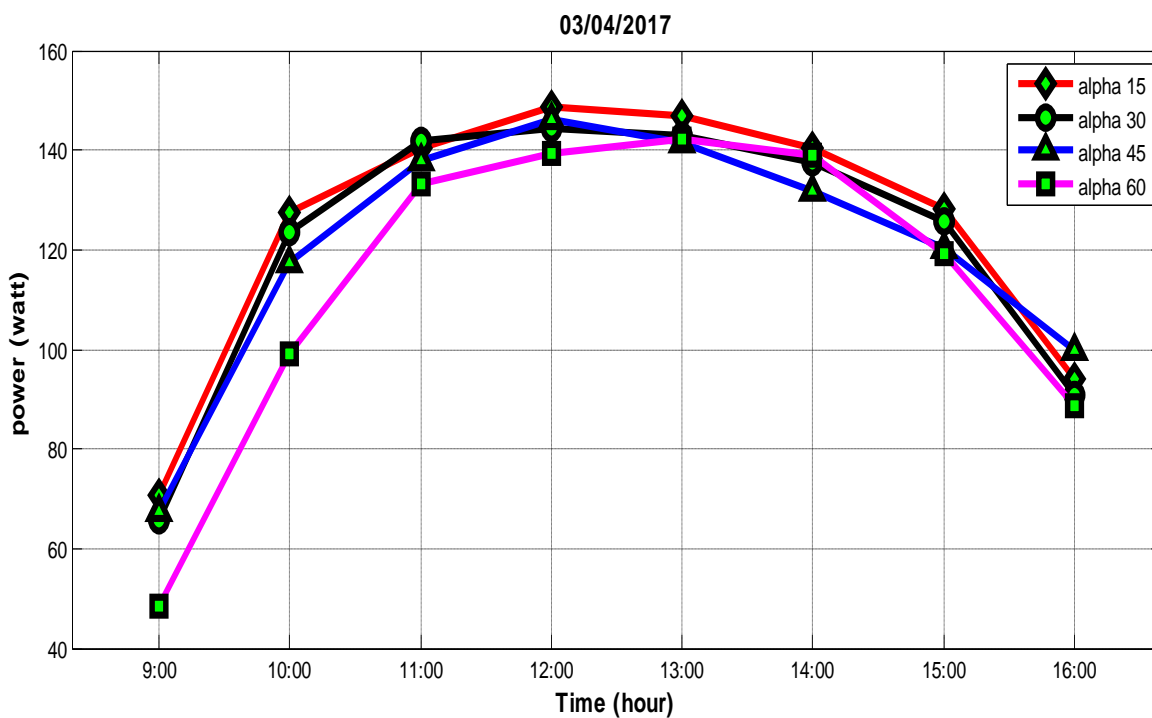


Figure III.6: puissance PV en fonction du temps

Le 03/04/2017

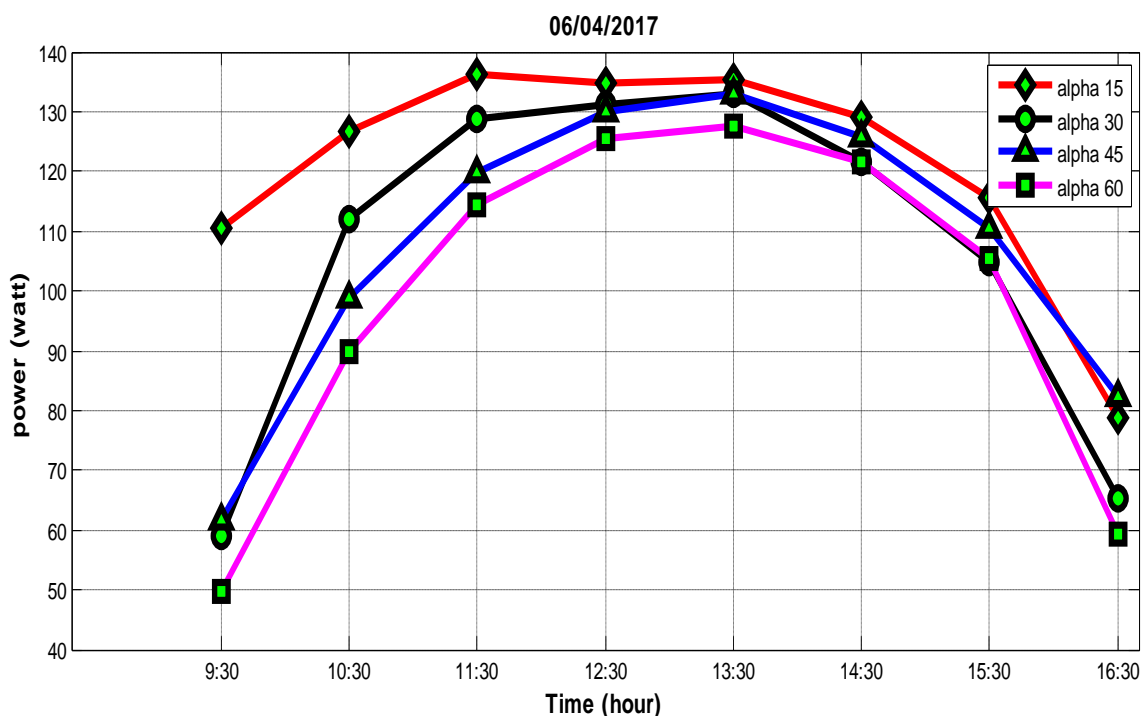


Figure III.7: puissance PV en fonction du temps

Le 06/04/2017

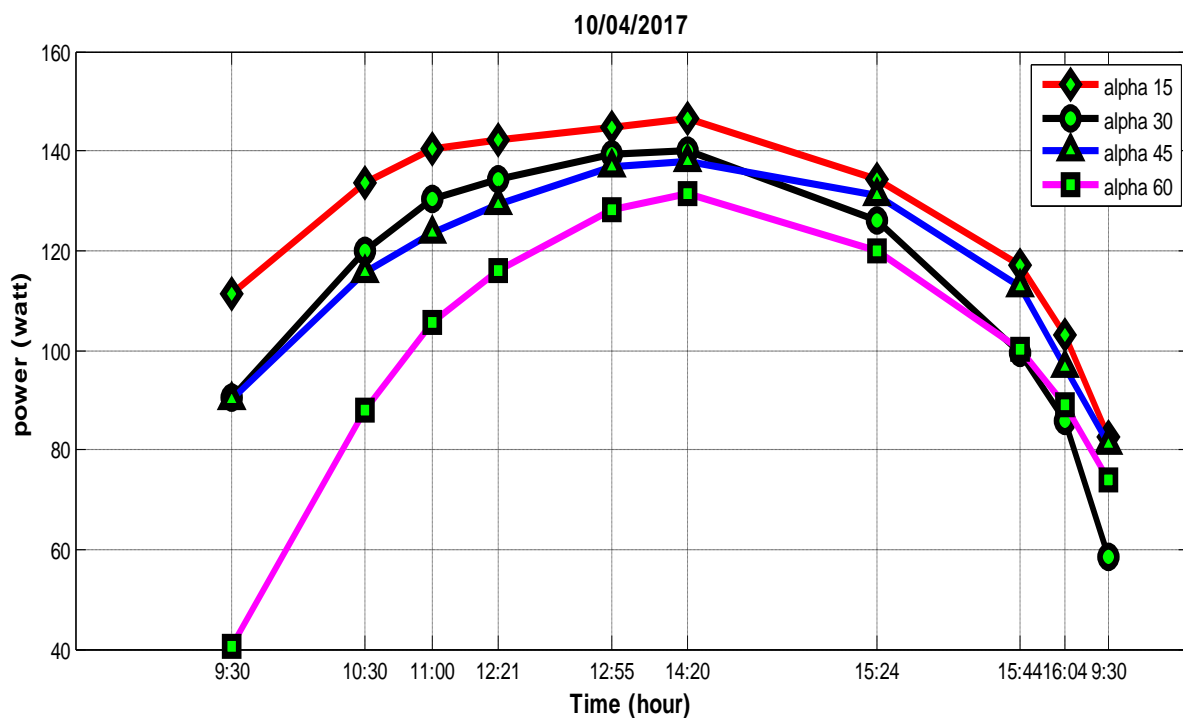


Figure III.8: puissance PV en fonction du temps

Le 10/04/2017

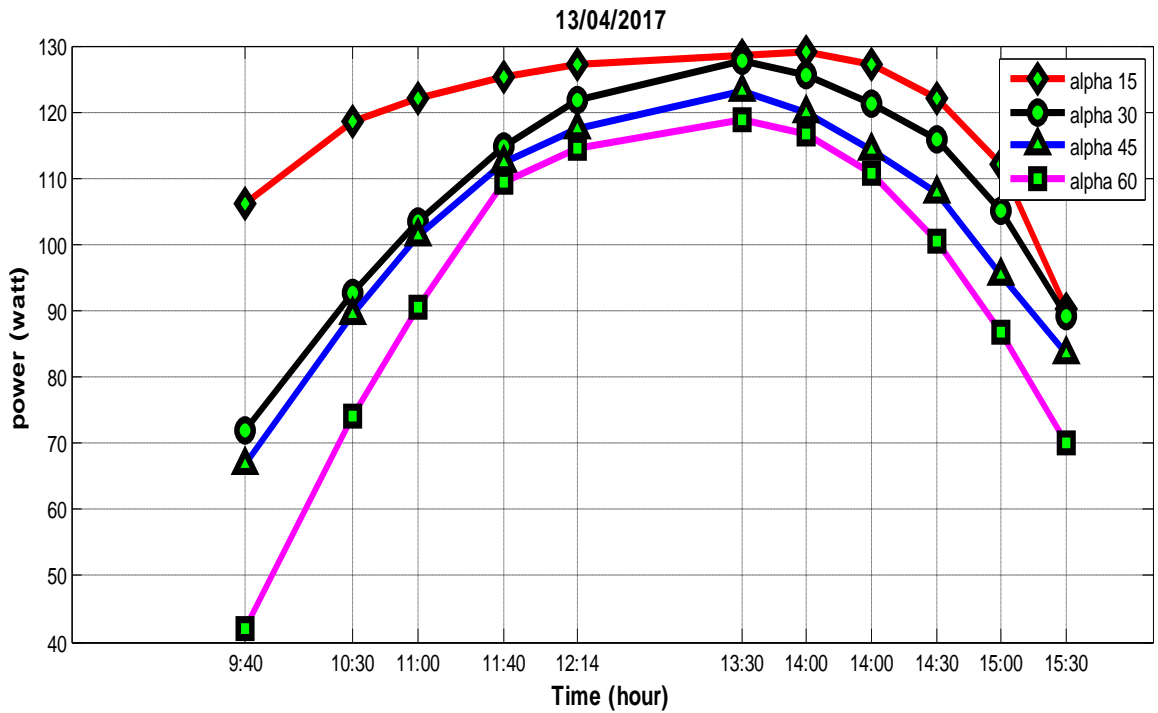


Figure III.9: puissance PV en fonction du temps

Le 13/04/2017

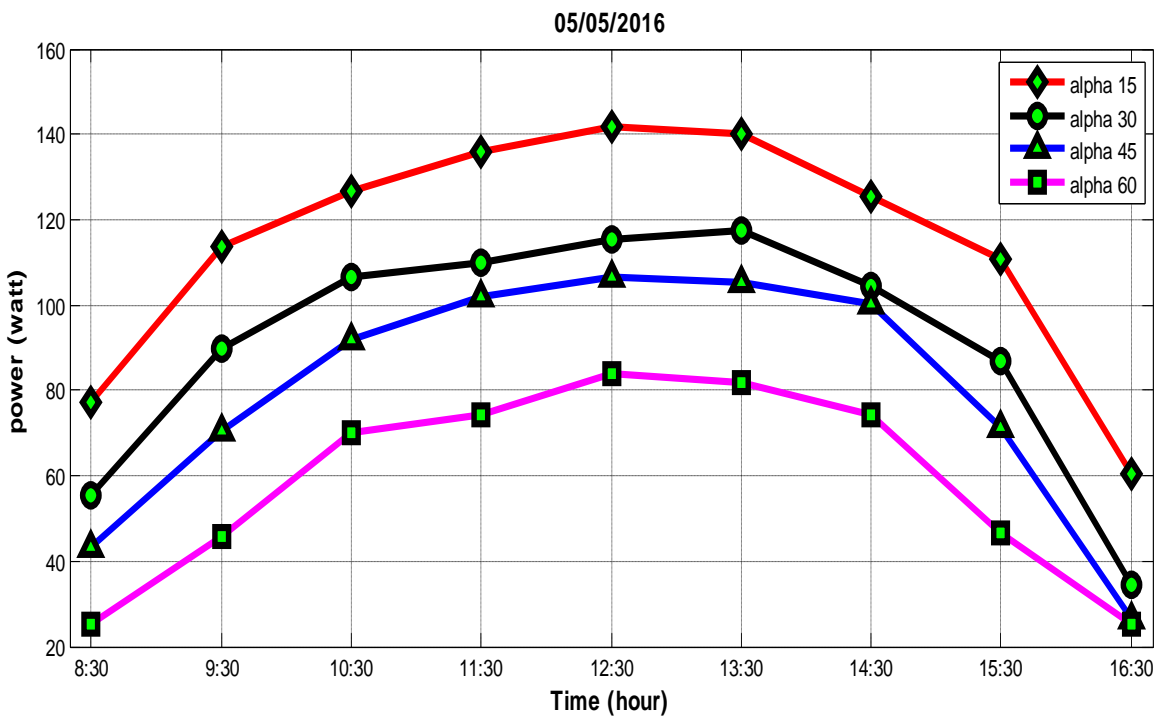


Figure III.10: puissance PV en fonction du temps

Le 05/05/2017

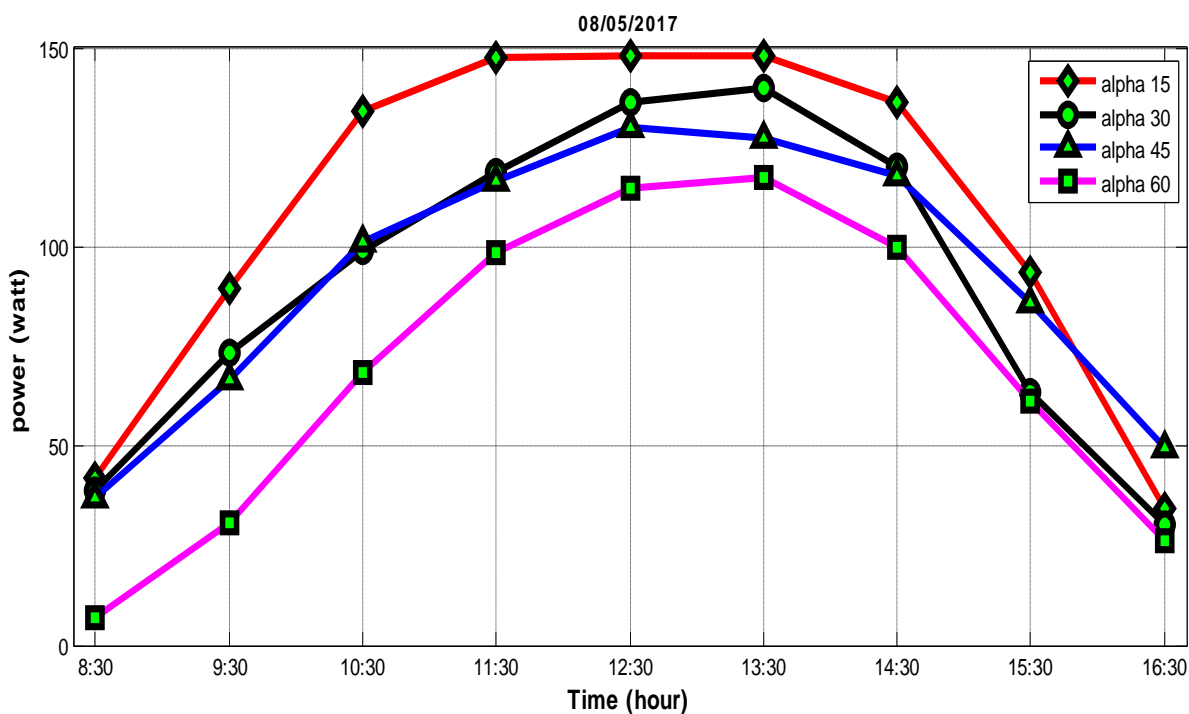


Figure III.11: puissance PV en fonction du temps

Le 08/05/2017

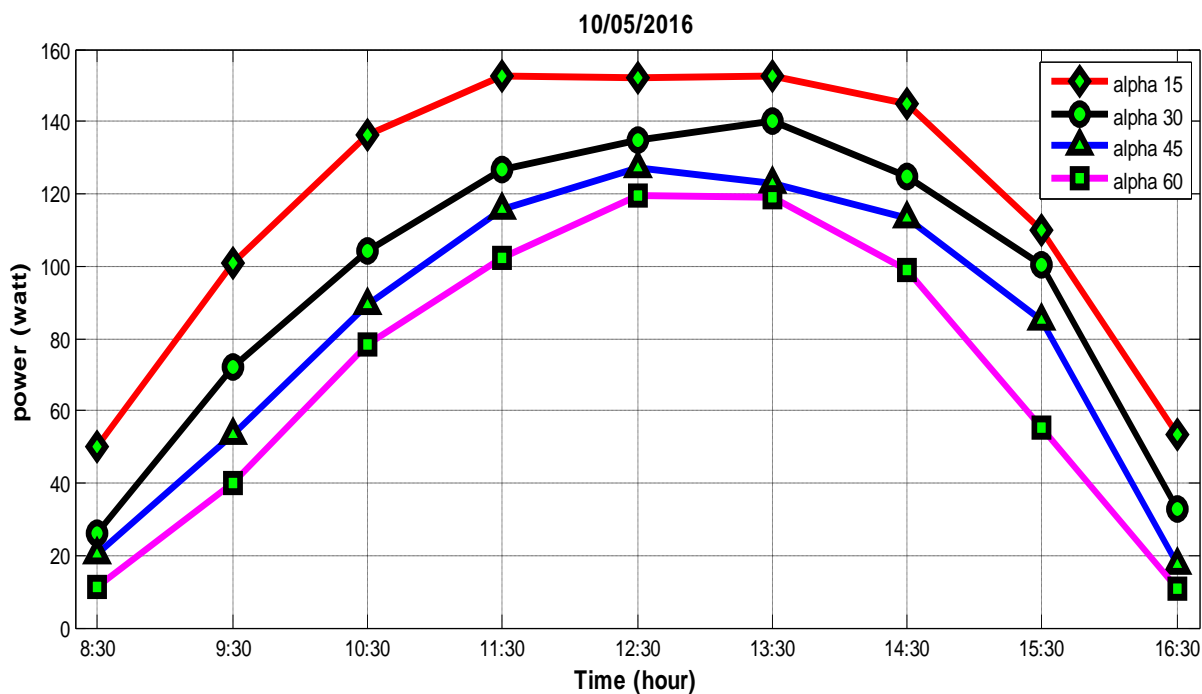


Figure III.12: puissance PV en fonction du temps

Le 10/05/2017

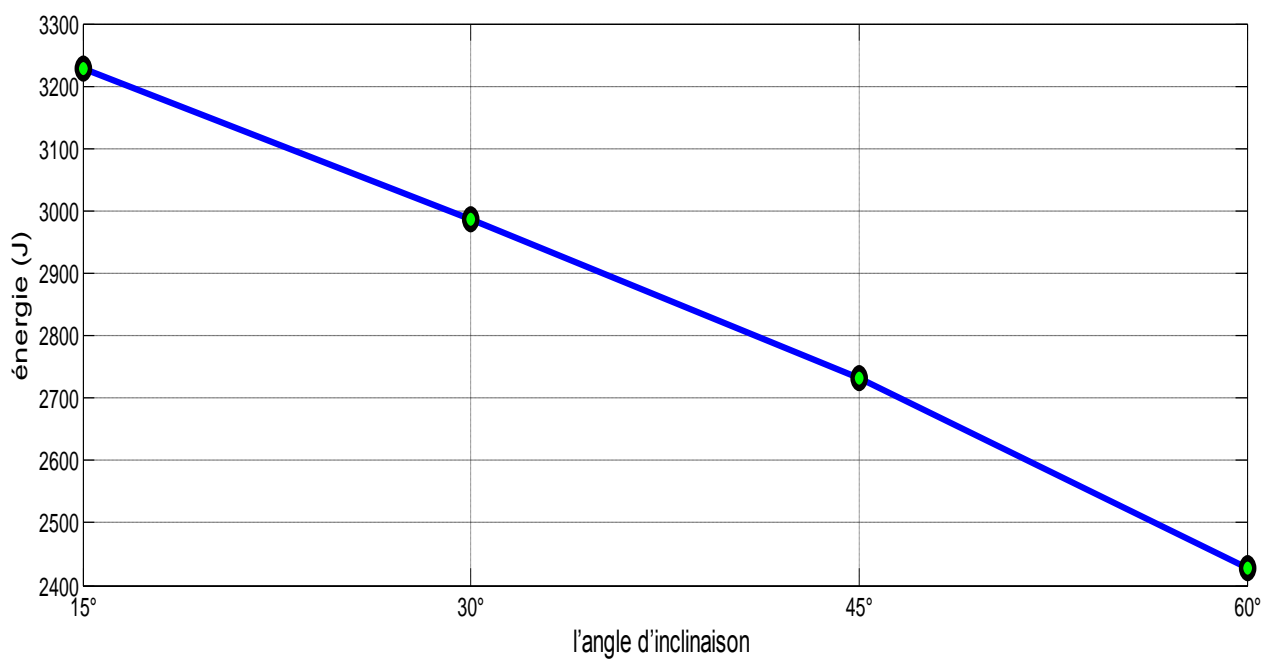


Figure III.13: Les courbes d'énergie en fonction du l'angle d'inclinassent

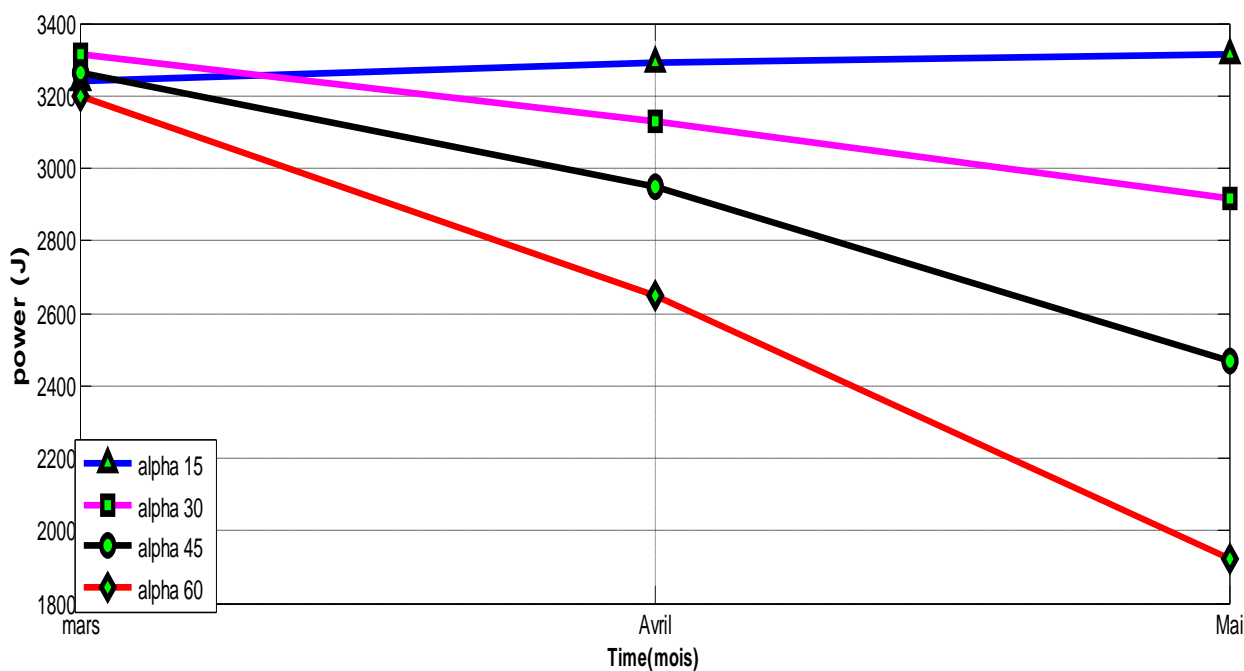


Figure III.14: Les courbes d'énergie en fonction du mois

III.6. Analyse:

III.6.1. Les courbes de puissance

On observe que au mois de Mars l'angle ($\alpha=30$) est parfaite pour recevoir le maximum du rayonnement solaire, suivie de l'angle ($\alpha=45$) ensuite l'angle ($\alpha=15$) à la fin l'angle ($\alpha=60$) et cela pendant toute la journée tandis que au moment de l'aube et au crépuscule l'éclairement serait moins par apport à midi où il arriverait à sa valeur maximale.

Cependant au mois d'Avril et Mai l'angle ($\alpha=15$) c'est l'angle optimal pour recevoir le maximum du rayonnement solaire suivie de l'angle ($\alpha=30$); l'angle ($\alpha=45$) enfin l'angle ($\alpha=60$).

III.6.2. Les courbes d'énergie

On remarque que l'énergie est un inversement proportionnel par rapport à l'angle d'inclinaison du panneau solaire durant la période d'étude (mars ; avril; mai). De cet effet l'angle d'inclinaison $\alpha = 15^\circ$ est l'angle optimal pour cette période de la saison.

La valeur mensuelle de cumule de l'énergie photovoltaïque varier selon le mois de l'année. Il est maximum pour l'angle $\alpha 30$ en mois de mars et devient maximum pour l'angle $\alpha 15$ en mois d'avril et mai.

III.7. Conclusion

Nous concluons de cette expérience au cours des mois (Mars, Avril, Mai) que l'angle optimal (parfait) est de 15° car c'est la plus rentable en production de l'énergie solaire photovoltaïque.

CHAPITRE IV

RÉALISATION D'UN SYSTÈME
D'ENREGISTREMENT AUTOMATIQUE
DES MESURES DU PANNEAU SOLAIRE A
BASE D'ARDUINO

IV.1. Introduction:

L'opération de la mesure est très difficile et fatigante; car il est difficile de mesurer la puissance dès l'aube au crépuscule avec des moyens traditionnels (Voltmètre et Ampèremètre) comme elle n'est pas exacte en donnant aussi des résultats un peu distincts. C'est pourquoi on a développé un appareil qui mesure la puissance automatiquement chaque deux minutes et peut la sauvegarder dans une carte mémoire (SD).

Il démarre automatiquement avec le lever du soleil (l'aube) jusque le coucher du soleil(crépuscule)en donnant des résultats exactes.

Ce que nous allons le prouver dans cette étude détaillée.

IV.2. Carte ARDUINO

IV.2.1. Définition du module Arduino

Le module Arduino est un circuit imprimé en matériel libre (plateforme de contrôle) dont les plans de la carte elle-même sont publiés en licence libre dont certains composants de la carte : comme le microcontrôleur et les composants complémentaires qui ne sont pas en licence libre. Un microcontrôleur programmé peut analyser et produire des signaux électriques de manière à effectuer des tâches très diverses. Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée ; le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme l'art contemporain et le pilotage d'un robot, commande des moteurs et faire des jeux de lumières, communiquer avec l'ordinateur, commander des appareils mobiles (modélisme). Chaque module d'Arduino possède un régulateur de tension +5 V et un oscillateur à quartz 16 MHz (ou un résonateur céramique dans certains modèles). Pour programmer cette carte, on utilise l'logiciel IDE Arduino.[30]

IV.2.2. Exemples de cartes Arduino

Arduino Uno



Arduino Mega



Figure IV.1: Arduino uno et Arduino Mega

IV.2.3. Caractéristiques de la carte Arduino uno

Microcontroler	ATmega328 (8 bits)
Tension de fonctionnement	5 V
Tension d'alimentation (recommandée)	7 – 12 V
Tension d'alimentation (limites)	6-20 V
Nombre d' E/S	14 (don't 6 pouvant générer des signaux(PWM))
Nb ports "Analogique / Numérique "	6
Courant max. par E/S	40 mA sous +5V (ATTENTION : 200mA cumulé l'ensemble des broches E/S)
Courent pour broches 3.3V	50 Ma
Intensité maxi disponible pour la sortie 5V	Fonction de l'alimentation utilisée – 500mA max si port USB utilisé seul
Mémoire Flash	32 KO (ATmega328)
SRAM	2 KO (ATmega328)
EEPROM	1 KO (ATmega328)
Vitesse horloge	16 Hz

Tableau II.1: Caractéristiques de la carte Arduino uno

IV.2.4. Description de la carte ARDUINO UNO

L'Arduino est une famille de cartes électronique à microcontrôleur open-source née en Italie en 2005. Ces cartes basées sur une interface entrée/sortie simple et sur un environnement de développement proche du langage C .

La carte Arduino uno est la première version stable de carte Arduino. Elle possède toutes les fonctionnalités d'un microcontrôleur classique en plus de sa simplicité d'utilisation. Elle utilise une puce ATmega328P cadencée à 16 Mhz. Elle possède 32ko de mémoire flash destinée à recevoir le programme, 2ko de SRAM (mémoire vive) et 1 ko d'EEPROM (mémoire morte destinée aux données)

Elle offre 14 pins (broches) d'entrée/sortie numérique (donnée acceptée 0 et 1) dont 6 pouvant générer des PWM (*Pulse width Modulation*). Elle permet aussi de mesurer des grandeurs analogiques grâce à ces 6 entrées analogiques. Chaque broche est capable de délivré un courant de 40 mA pour une tension de 5V. Cette carte Arduino peut aussi s'alimenter et communiquer avec un ordinateur grâce à son port USB. On peut aussi l'alimenter avec une alimentation comprise en 7V et 12V grâce à son connecteur Power Jack [31]

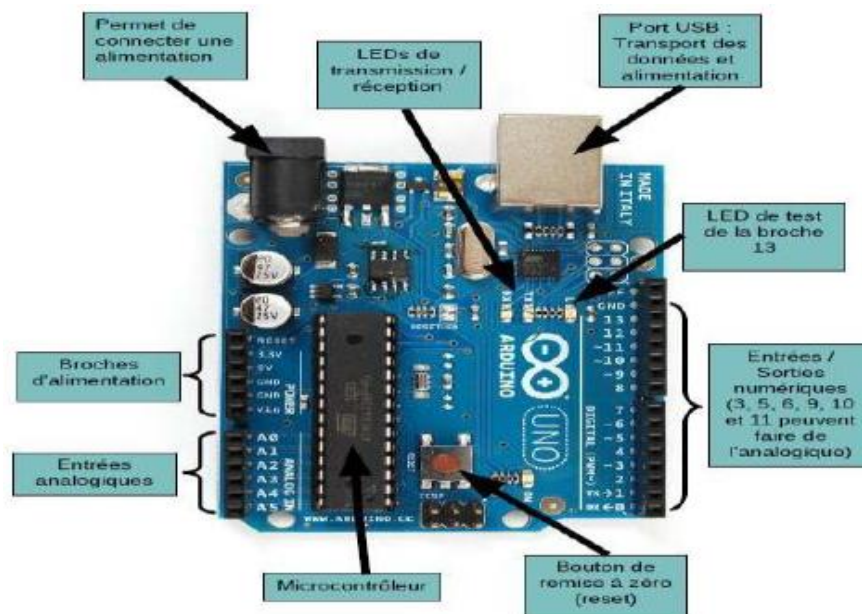


Figure IV.2 : Description d'une carte Arduino uno

IV.3. environnement de la programmation

Le logiciel de programmation de la carte Arduino sert d'éditeur de code (langage proche du C). Une fois, le programme tapé ou modifié au clavier, il sera transféré et mémorisé dans la carte à travers de la liaison USB. Le câble USB alimente à la fois en énergie la carte et transporte aussi l'information ce programme appelé IDE Arduino [30]

IV.4. Étage de mesure

IV.4.1. Module capteur de courant ACS712 20A

Le dispositif ACS712 Allegro (voir ANNEXE C) offre un moyen économique et précis de détection de courants AC et DC. Ce capteur de courant Allegro ACS712 est basée sur le principe de l'effet Hall, qui a été découvert par le Dr Edwin Hall en 1879 selon ce principe, quand un conducteur de courant est placé dans un champ magnétique déposé, une tension est générée sur ses bords perpendiculaires à la direction à la fois du courant et du champ magnétique . La figure IV.3 représente le schéma d'un capteur de courant ACS712 utilisé dans notre travail



Figure IV.3 :Module de ACS712

La sortie du dispositif a une pente positive lorsqu'un courant augmentant circule à travers le chemin de conduction de cuivre. Le ACS712-20B peut mesurer le courant jusqu'à \pm

20A et fournit la sensibilité de sortie de 66 mV/A (à +5V), qui signifie que pour chaque augmentation de 1A dans le courant à travers les bornes de conduction dans le sens positif, la tension de sortie augmente aussi par 66 mV. Au zéro de courant, la tension de sortie est la moitié de la tension d'alimentation ($V_{cc} / 2$). Il est à noter que la sortie fournit ACS712 ratio métrique, ce qui signifie que le courant de sortie de zéro et la sensibilité de l'appareil sont à la fois proportionnel à la tension d'alimentation VCC. Cette fonctionnalité est particulièrement utile pour l'utilisation de la ACS712 avec un convertisseur analogique-numérique [31]

IV.4.1. Circuit de mesure de la tension

Ce circuit est un diviseur de tension. Il permet de passer de la tension, V_{cc} , aux bornes du module photovoltaïque, à la tension, V_{out} , comprise entre 0 et 5 volts, pour être ensuite mesurée par la carte Arduino [32]

$$R1=10\text{ K}\Omega \quad R2=100\text{ K}\Omega$$

$$V_s = V_e \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{10000}{100000 + 10000} = 0.091V_e \quad (\text{IV. 1})$$

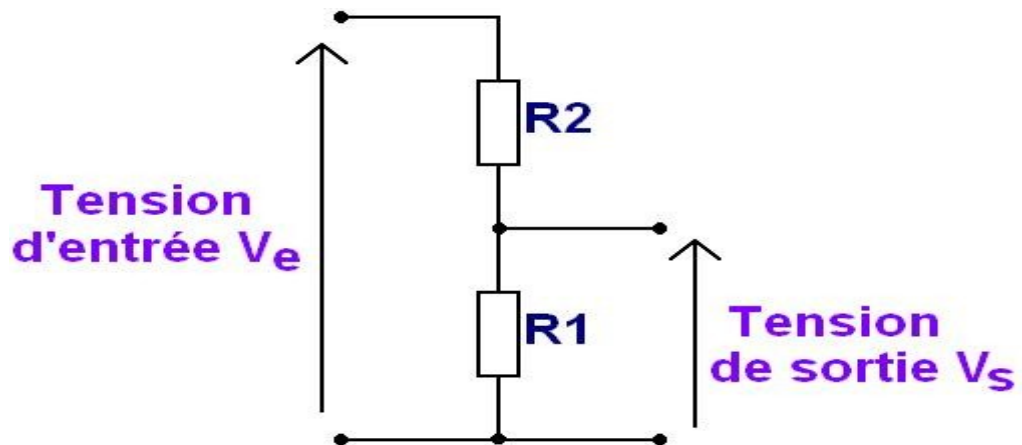


Figure IV.4 : Schéma du circuit de mesure de la tension

IV.5. Étage de la commande

IV.5.1. Module de 8 relais

pour projet Arduino Ce module complet permet de contrôler divers appareils et équipements avec courant élevé



Figure IV.5 : Module de 8 relais

IV.5.2. Caractéristiques principales [33]

- ✓ Carte d'interface à **8 relais**, courant de pilotage de 15-20 mA chacun.
- ✓ Equipé de relais pour fort courant : **AC 250V 10A**; DC 30V 10A.
- ✓ Interface standard qui peut être contrôlée directement par un Arduino
- ✓ Avec des LED d'indication de position de l'état de la sortie relais.

IV.6. Étage d'enregistreur de données

IV.6.1 data logging shield

Un data logger ou « enregistreur de données » est un dispositif électronique capable d'enregistrer des valeurs de mesure sur une longue période (pouvant couvrir plusieurs mois).

Les grandeurs sont automatiquement mesurées, souvent numérisées et enregistrées sur un support pour un traitement ultérieur (tracé de courbes, analyse statistique...). La photographie ci-dessous montre le Data Logging shield du fabricant américain Adafruit [34] :

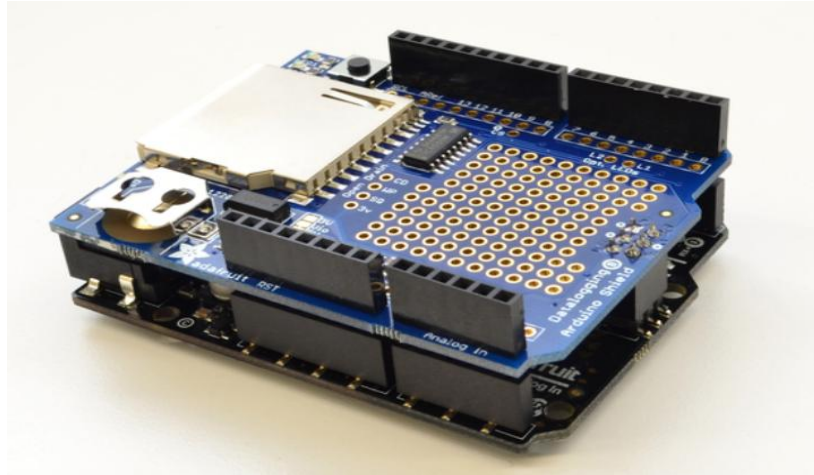


Figure IV.6 :data logger shield

IV.6.2. Caractéristiques de la « data logger shield »

- ✓ L'interface de la carte SD fonctionne avec les cartes formatées FAT16 ou FAT32. Construit au niveau 3.3v Le circuit de changement de vitesse vous permet de lire ou d'écrire super rapide et d'éviter d'endommager votre carte SD
- ✓ L'horloge en temps réel (RTC) maintient le temps même lorsque l'Arduino est débranché. La sauvegarde de batterie à pile à pièces dure pendant des années
- ✓ Le régulateur 3.3v embarqué est à la fois une tension de référence fiable et fonctionne également de façon fiable SD Cartes qui nécessitent beaucoup de pouvoir pour courir
- ✓ soit compatible avec une grande variété de Arduino [34]

IV.7. Schéma globale du système PV et dispositif

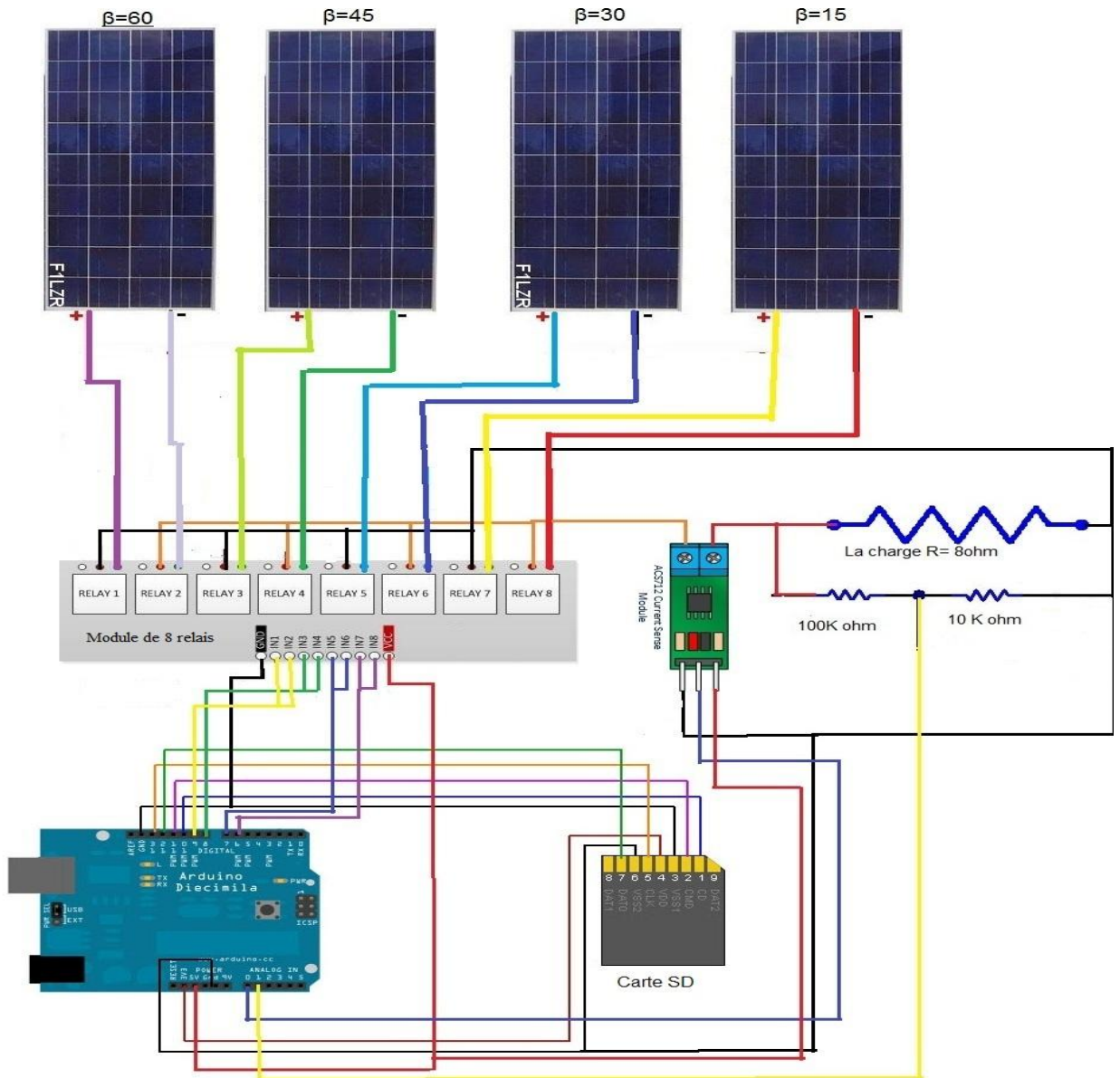


Figure IV.7. :Schéma globale du dispositif

IV.8. La réalisation virtuelle « PORTEUS »

Avant de passer à la réalisation pratique, nous avons utilisé un CAO: il s'agit de ISIS-PORTEUS, c'est un CAO électronique perfectionné conçu par Labcenter Electronics qui

permet de dessiner des schémas électroniques, de les simuler et de réaliser le circuit imprimé correspondant. Le CAO électronique « PROTEUS » est disponible et téléchargeable sur ce lien [https://www.labcenter.com/], se compose de nombreux outils regroupés en modules au sein d'une interface unique.

Ce dernier nous permet de schématiser notre carte électrique et la simuler virtuellement comme le montre la figure suivante [30] :

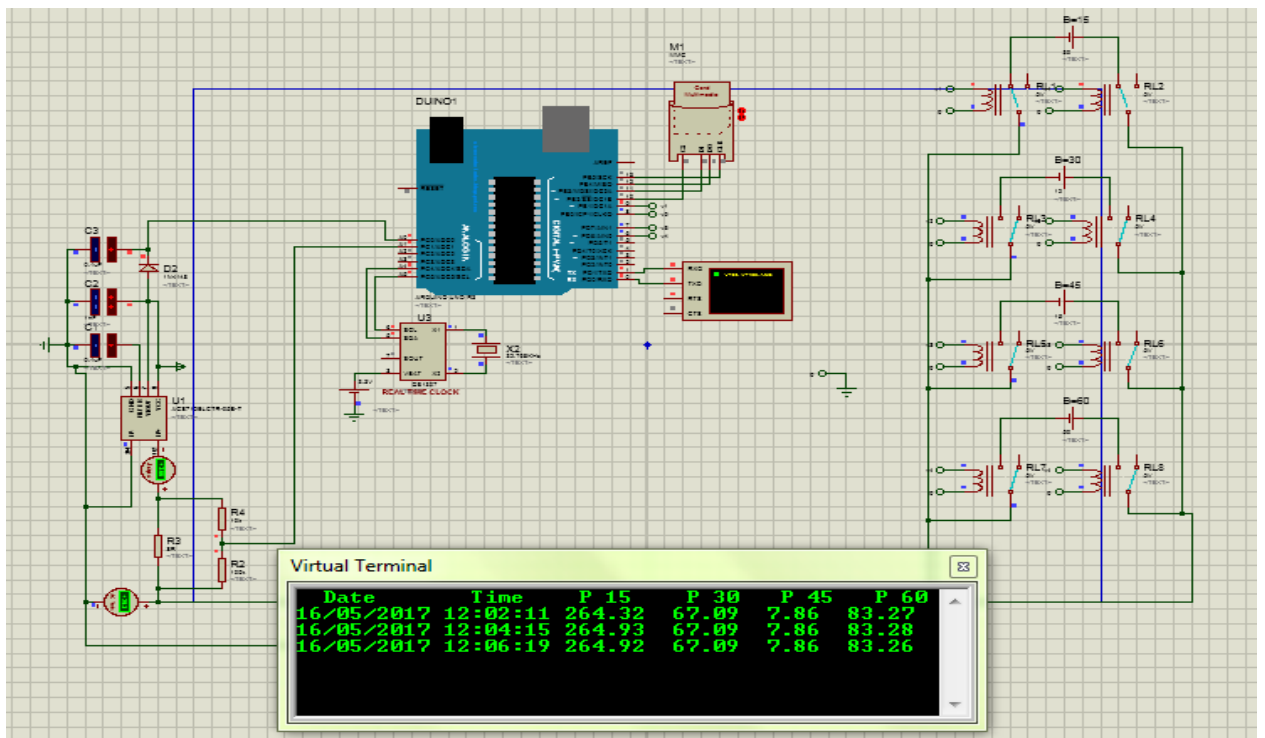
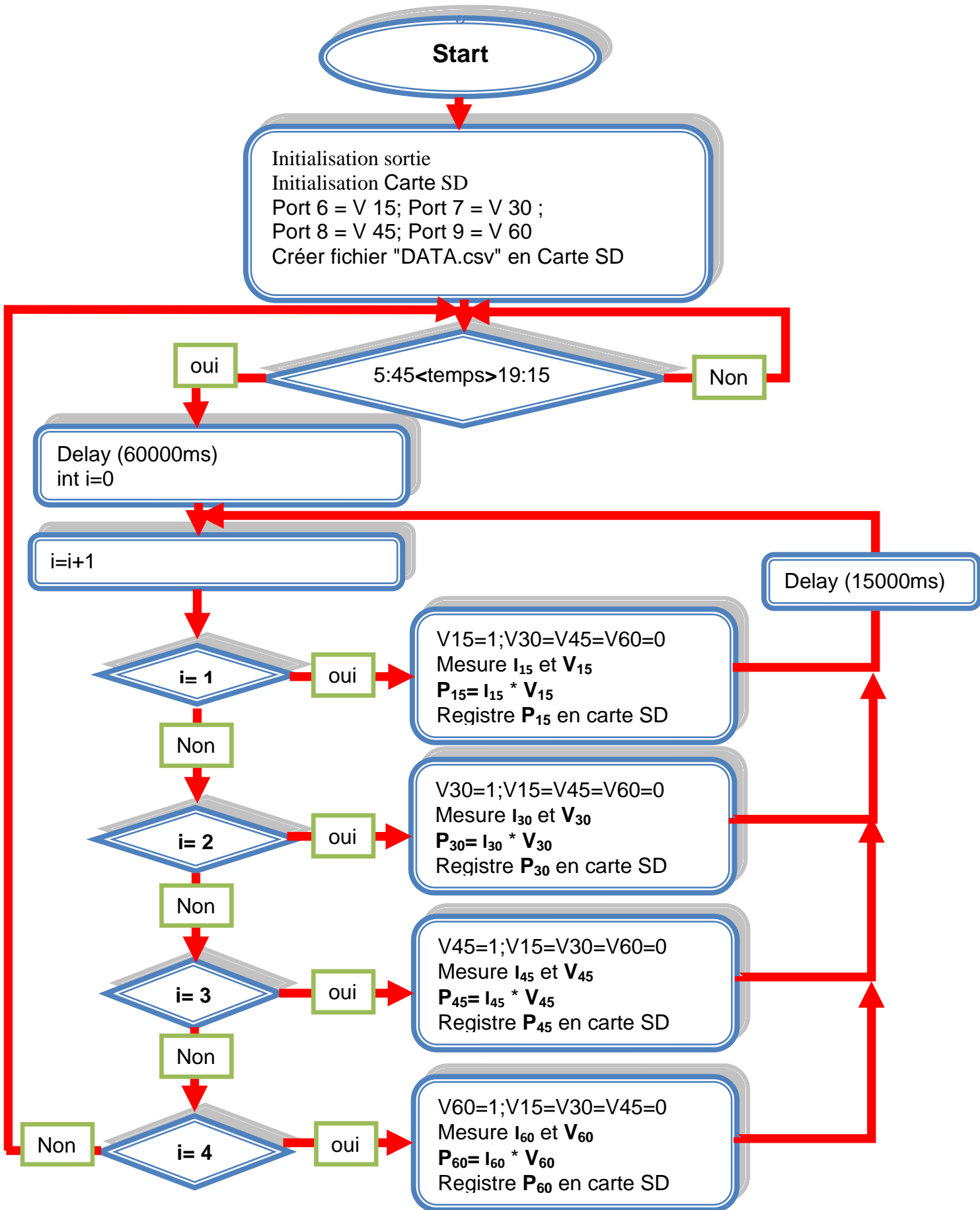


Figure IV.8 : La carte réalisée sous ISIS-PROTEUS

IV.9. Organigramme

Avant de passer à la programmation, nous devons réaliser un organigramme qui explique le déroulement des différentes séquences, tant intérieures qu'extérieures : il comportera plusieurs boucles dont la fin d'exécution succède toujours à son commencement.



IV.10. Principe de fonctionnement

Il a été programmé Arduino pour formater la carte SD ensuite configurer un fichier Excel puis en mesurant (le courant I) au moyen de Capteur courant ACS712 et mesure la tension (V) pour chaque panneau photovoltaïque chaque deux minutes et calcule le produit de somme $P=I*V$ en enregistrant les données dans un fichier Excel puis il s'arrête au coucher du soleil pour recommencer avec le lever du soleil du jour suivant.

IV.11. Tests pratiques du réalisé

La figure IV.9 représente le schéma global du système photovoltaïque réalisé. Il est composé d'un 4 module photovoltaïque de type BLD200, résistance variable, appareil de mesure et d'enregistrement est connectée à un ordinateur PC

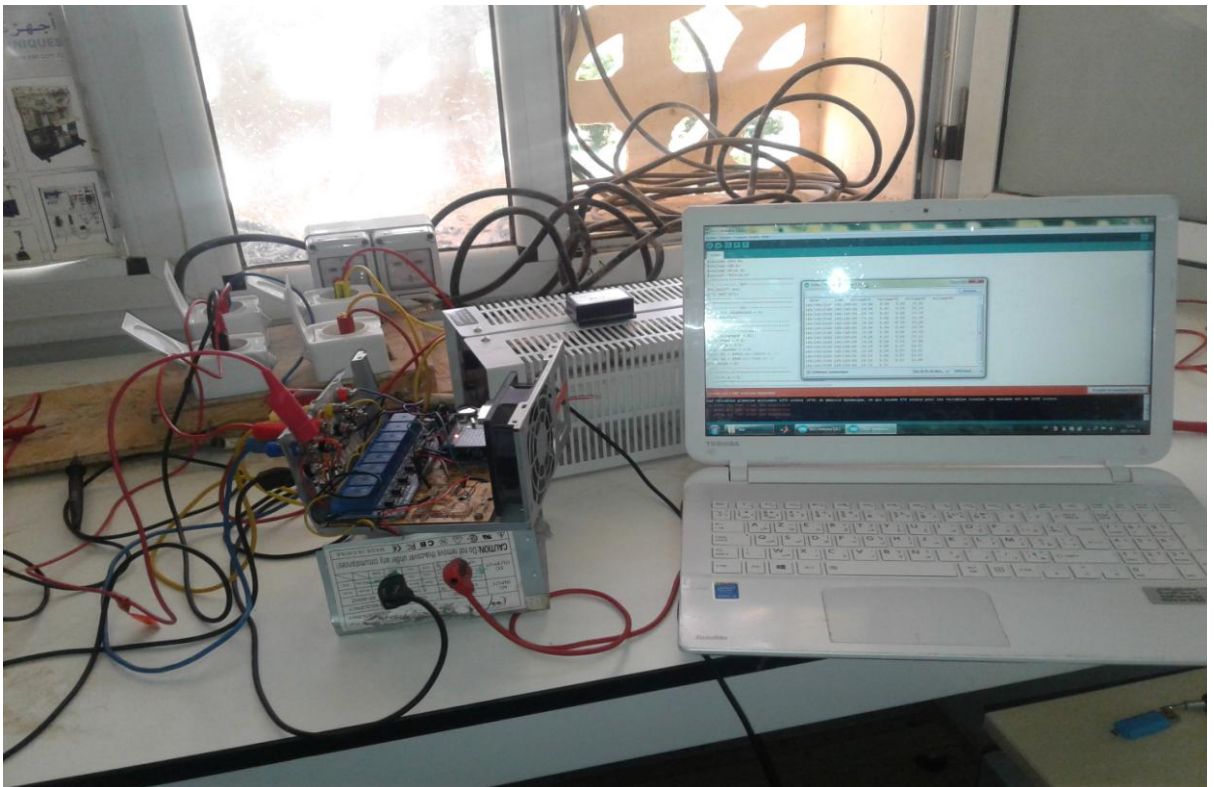


Figure IV.9 : Photo de la réalisation pratique

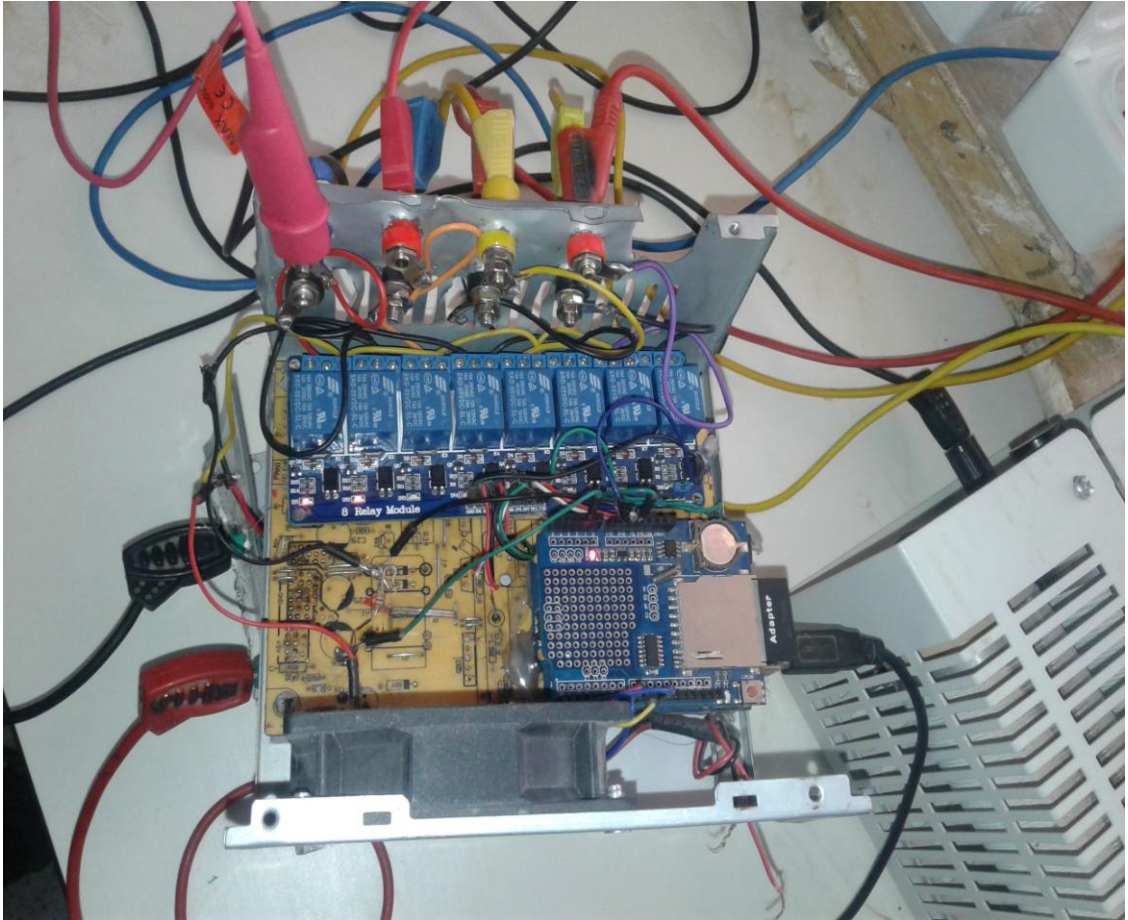


Figure IV.10 : système d'enregistrement des mesures

IV.12. Réalisation d'un dispositif Expérimental

Nous avons installé l'appareil le: 14/05/2017,il a commencé à mesurer le 15/05/2017à 6:00H avec le lever du soleil et est arrêté la mesure à 19:00 H au coucher du soleil .

On a les résultats dans la figure IV.11

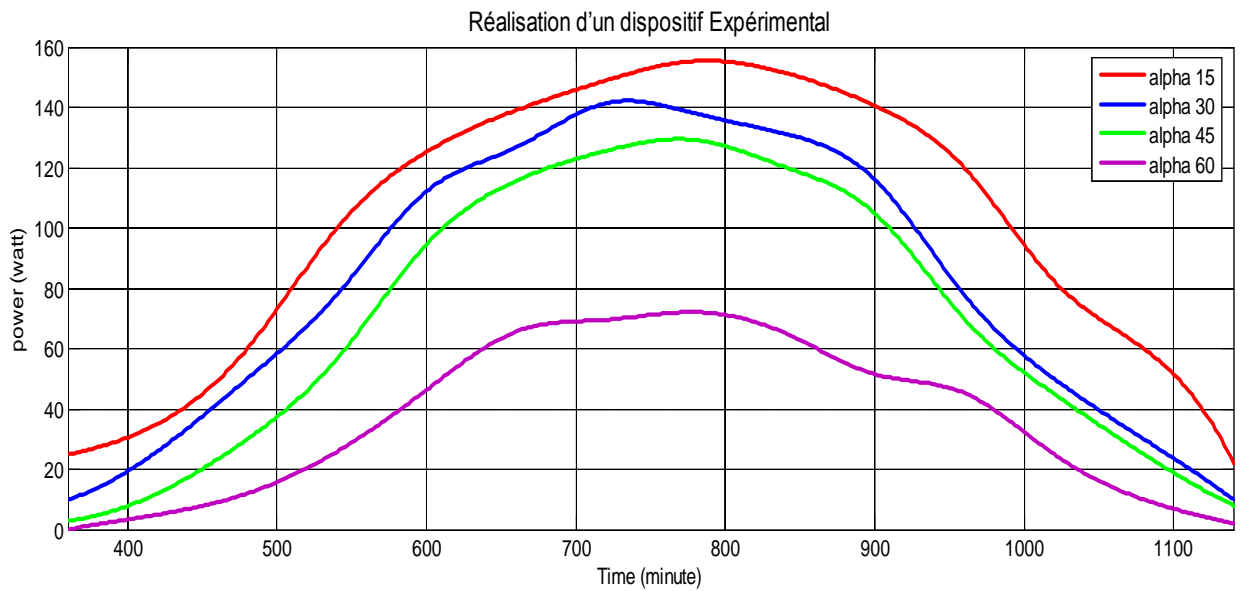


Figure IV.11 : puissance PV en fonction du temps

Le 15/05/2017 en mesurer par Arduino

IV.11. Conclusion

Nous avons des résultats très précis avec ce dispositif avec quelques défauts tel que le domaine de l'angle de l'étude a été resserrée entre [15-60] ce que nous allons le corriger par le développement de ce dispositif afin que l'étude élargit le champ [0-90] et la durée de l'étude et l'exactitude complète des angles de sorte que le changement d'angle ce fait d'un seul degré.

IV.13. Conclusion générale

Dans ce mémoire nous avons étudié l'influence de l'angle d'inclinaison des panneaux solaires sur le rendement des systèmes photovoltaïques dans la zone de la wilaya de Ouargla.

En effet; nous avons fait une étude expérimentale de l'angle optimal et en comparant cet angle avec la valeur théorique, nous avons trouvé une bonne cohérence entre les deux résultats. Nous avons conclu pour la période d'étude, que l'angle optimal se baisse à chaque fois qu'on fait converger vers la saison de l'été.

En outre; nous avons fait une réalisation d'un circuit électronique à base de l'Arduino qui a pour fonction, la mesure de la tension et le courant durant les journées concerné et le calcul de puissance et l'enregistrement de ces résultats dans une carte mémoire d'une façon très précie et efficace.

Durant notre étude; nous avons rencontré des difficultés comme le manque de précision des mesures; ceci est due à l'influence des conditions climatiques et l'altitude par rapport au niveau de mer

Comme perspective; nous proposons la réalisation d'un dispositif de poursuite solaire de panneau pour obtenir des angles plus précises.

Les références

- [1]: BOUGHRARI imad Eddine et MOKDADI B elgacem 'Etude et optomation d'un système photovoltaïque 'UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA ,2016
 - [2]: BENKHELIFA Abdelaziz ' Modélisation et expérimentation d'un capteur solaire plan à eau Influence de l'intensité de l'éclairement solaire et de l'inclinaison du capteur solaire sur le rendement du capteur ' Université Kasdi Merbah Ouargla', 2012
 - [3]: KHODRANE Ismail ' Etude d'un système de poursuite solaire pour les panneaux photovoltaïques' UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2014
 - [4]: YACINE Fouad 'ETUDE DES NOUVELLES GENERATIONS DE CELLULES PHOTOVOLTAIQUES. ' Université Des Sciences et de le Technologie d'Oran, 2011
 - [5]: Ahmed Djafour 'ETUDE D'UN SYSTEME DE PRODUCTION D'HYDROGENE SOLAIRE' UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA,2013
 - [6]: MEZIAN Fariza' Détermination du gisement solaire par traitement d'images' , UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZIOUZOU
 - [7]: Alain Ricaud ' Gisement solaire et transferts énergétiques' Université de CERGY-PONTOISE, 2011
 - [8]: SOTHEI OUALID ' ETUDE ET ANALYSE DE L'INFLUENCE DE L'ECART DE TEMPERATURE (ABSORBEUR – VITRE) SUR L'EFFICACITE D'UN CAPTEUR SOLAIRE' UNIVERSITEMENTOURI CONSTANTINE
 - [9]: Benbouza Naima 'Etude du rayonnement solaire dans la région de Batna ' UNIVERSITE DE BATNA ,2008
 - [10]: Mohamed Lakhdar LOUAZENE' Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site de Ouargla' UNIVERSITE EL HADJ LAKHDAR - BATNA, 2008
 - [11]: HADJ BELKACEMI Mohammed 'Modélisation et Etude Expérimentation d'un Capteur Solaire non Vitré et Perforé' Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen,2011
 - [12]: Alain Ricaud' Les convertisseurs photovoltaïques' Oct 2012
-
-

Références Bibliographiques

- [13]: HANANOU FATIHA et ROUABAH AICHA 'Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque' UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA,2014
- [14]: Tarek Bouguerra 'Optimisation d'un système photovoltaïque : Application en continu et en alternatif' UNIVERSITE MENTOURI DE CONSTANTINE 1,201
- [15]: MATALLAH Sorya 'Dimensionnement et simulation d'un système photovoltaïque pour alimenter un habitat dans la wilaya d'Ouargla' Université Kasdi Merbah – Ouargla,2015
- [16]: BENAMMAR Cherif et BOUKHECHEBA Takaieddine ' Etude de L'influence de l'angle de inclinaison sur le rendement d'un système PV en zone d'Ouargla ' Université Kasdi Merbah – Ouargla,2016
- [17]: مكتب الارصاد الجوية ورقلة
- [18]: CHEBANA Abdelkrim 'CONTROL D'UN SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE CONNECTE AU RESEAU' Université Mohamed Khider Biskra ,2014
- [19]: MECHALIKH Med Nadjib et HAMADA Charaf Eddine ' Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque en fonctionnement autonome et connecté au réseau ' UNIVERSITÉ KASDI MERBAH – OUARGLA ,2013
- [20]: HASSINI née BELGHITRI HOUDA 'MODELISATION, SIMULATION ET OPTIMISATION D'UN SYSTEME HYBRIDE EOLIEN-PHOTOVOLTAIQUE'UNIVERSITE ABOU-BAKR BELKAID DE TLEMCEN, 2010
- [21]: Zhejiang BLD Solar Technology Co., LTD '<http://www.bldsolar.com>'
- [22]: Mlle Ayache Khedidja' Modélisation et Simulation d'un Générateur Photovoltaïque Couplé à un Réseau Électrique' Université Mohamed Chérif Messaâdia de Souk-Ahras , 2014
- [23]: Mr. BELKACEM Mourad 'Etude et optimisation du transfert d'énergie électrique en conversion photovoltaïque par la recherche du point de puissance maximale (MPPT)' UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID DE TLEMCEN, 2015
- [24]: Othmane BENSEDDIK et Fathi DJALOUUD 'Etude et optimisation du fonctionnement d'un système photovoltaïque' UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA,2012
-
-

Références Bibliographiques

- [25]: HADJAB Moufdi ' DÉ VE L L OPE ME NT DE S PE RF OR MANC S D' UN SY ST È ME P HOT OVOL T AÏ QUE' U N I V E R S I T E D J I L L A L I L I A B E S S I D I B E L A B B E S, 2011
- [26]: Mr. Yassine LASMI ' Optimisation de la poursuite du point de puissance maximale (MPPT) d'un système photovoltaïque par les techniques intelligentes'. Université Sétif -1 (ALGERIE) , 2013
- [27]: BOUKHERS Djamil 'OPTIMISATION D'UN SYSTEME D'ENERGIE ' PHOTOVOLTAIQUE APPLICATIOU AU POMPAGE ' Université Mentouri de Constantine ,2007
- [28]: M. SLAMA Fateh' Modélisation d'un système multi générateurs photovoltaïques interconnectés au réseau électrique' UNIVERSITE FERHAT ABBAS - SETIF-UFAS (ALGERIE) , 2011
- [29]: MISSOUM MOHAMMED ' Contribution de l'énergie photovoltaïque dans la performance énergétique de l'habitat à haute qualité énergétique en Algérie' UNIVERSITE HASSIBA BENBOUALI DE CHLEF, 2011
- [30]: GOUGUI Abdelmoumen et KRAMA Abdelbasset ' Etude et réalisation d'une carte de contrôle par Arduino via le système Androïde ' UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA,2015
- [31]: LATRECHE Soufiane et BOUZID Kheir eddine ' _Etude et Réalisation d'un système photovoltaïque à base d'une carte Arduino uno' UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA,2016
- [32]: ACHOU YACINE et RACHEDI ABDALLAH ' Réalisation d'une carte de mesure et d'affichage à base d'Arduino Mega2560 : application aux systems photovoltaïque ' UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA,2016
- [33]: Site web <http://tiptopboards.com/123-module-8-relais-pour-arduino.html> Site consulté en Mai 2017
- [34]: Site web [_\(https://learn.adafruit.com/adafruit-data-logger-shield\)](https://learn.adafruit.com/adafruit-data-logger-shield) Site consulté en Mai 2017
-
-

Annexes

Modélisation du module photovoltaïque BLD200 72M – Chapitre 2

```
function Ia =BLD200_72M (Va,G,TaC)
```

```
k = 1.381e-23; % Boltzmann's constant
```

```
q = 1.602e-19; % Electron charge
```

```
n = 1.62; % Diode ideality factor (n),
```

```
Eg = 1.12; % Band gap energy; 1.12eV (Si), 1.42 (GaAs),
```

```
Ns = 72;
```

```
TrK = 298;
```

```
Voc_TrK = 45.25 /Ns;
```

```
Isc_TrK = 5.92; % Isc (short circuit current per cell) @ temp TrK
```

```
a = 0.37e-3; % Temperature coefficient of Isc (0.037%/C)
```

```
TaK = 273 + TaC; % Module temperature in Kelvin
```

```
Vc = Va / Ns; % Cell voltage
```

```
Isc = Isc_TrK * (1 + (a * (TaK - TrK)));
```

```
Iph = G * Isc;
```

```
Vt_TrK = n * k * TrK / q;
```

```
b = Eg * q / (n * k);
```

```
Ir_TrK = Isc_TrK / (exp(Voc_TrK / Vt_TrK) - 1);
```

```
Ir = Ir_TrK * (TaK / TrK)^(3/n) * exp(-b * (1 / TaK - 1 / TrK));
```

```
dVdI_Voc = -1.0/Ns; % Take dV/dI @ Voc from I-V curve of datasheet
```

```
Xv = Ir_TrK / Vt_TrK * exp(Voc_TrK / Vt_TrK);
```

```
Rs = - dVdI_Voc - 1/Xv;
```

```
Vt-Ta = n * k * TaK / q;
```

```
Ia=zeros(size(Vc)); % Initialize Ia with zeros
```

```
for j=1:5;
```

```
Ia = Ia - (Iph - Ia - Ir .* ( exp((Vc + Ia .* Rs) ./ Vt-Ta) - 1))...
```

```
./ (-1 - Ir * (Rs ./ Vt-Ta) .* exp((Vc + Ia .* Rs) ./ Vt-Ta));
```

```
End
```

Influence de la température sur le rendement des cellules

```
clear;
G = 1;
figure
hold on
for TaC=0:25:75
Va = linspace (0, 48-TaC/8, 200);
Ia = BLD200_72M(Va, G, TaC);
Pa = Ia.*Va;
figure (1)
subplot(1,2,1)
plot(Va, Pa)
hold on
%figure (2)
subplot(1,2,2)
plot(Va, Ia)
hold on
end
%title('BLD200 72M Photovoltaic Module I-V Curve')
xlabel('Module Voltage (V)')
ylabel('Module Current (A)')
axis([0 50 0 300])
axis([0 50 0 7])
gtext('0C')
gtext('25C')
gtext('50C')
gtext('75C')
%hold off
```

Influence du rayonnement sur le rendement des cellules

```
clear all;
% Effet de l'éclairement sur la caractéristique P-V
Va = linspace (0, 45, 200);
TaC=25;
hold on
for G=.2:.2:1
Ia = BLD200_72M(Va, G, TaC);
Pa = Ia.*Va;
figure (1)
subplot(1,2,1)
plot(Va, Pa)
hold on
%figure (2)
subplot(1,2,2)
plot(Va, Ia)
hold on
end
title('BLD200 72M Photovoltaic Module I-V Curve')
xlabel('Puissance (W)')
ylabel('Courant (A)')
axis([0 50 0 7])
gtext('1000W/m^2')
gtext('800W/m^2')
gtext('600W/m^2')
gtext('400W/m^2')
gtext('200W/m^2')
hold off
```

M72PCS 205W/200W/195W/190W PRODUCT SPECIFICATION

Electrical parameters at standard test conditions
(STC:AM=1.5, 1000W/m², Cells Temperature 25°C)

Typical type	205W	200W	195W	190W
Max power(Pmax)	205	200	195	190
Max power voltage(Vmp)	37.8	37.77	37.62	37.44
Max power current(Imp)	5.42	5.29	5.18	5.08
Open circuit voltage(Voc)	45.36	45.25	45.07	44.86
Short circuit current(Isc)	6.12	5.92	5.8	5.68
Cell efficiency(%)	18.73	18.3	17.8	17.3
Module Efficiency(%)	18.06	15.67	15.37	14.88
Max system voltage	DC1000V			
Maximum Series Fuse Rating	15A			

Mechanical Data

Dimensions	1580x806x35mm
Weight	15kgs
Front glass	3.2 mm tempered glass
Output cables	4 mm ² symmetrical lengths 900 mm
Connections	MCA compatible IP67
Cell type	Mono Crystalline Silicon 125mmx125mm
Number of cells	72 cells in series

Temperature Characteristics

Temp.Coeff.of Isc(TK Isc)	0.037% / °C
Temp.Coeff.of Voc(TK Voc)	(-0.34%) / °C
Temp.Coeff.of Pmax(TK Pmax)	(-0.48%) / °C
Operating temperature	(-40~+85%) °C
Normal operating cell temperature	45±2°C

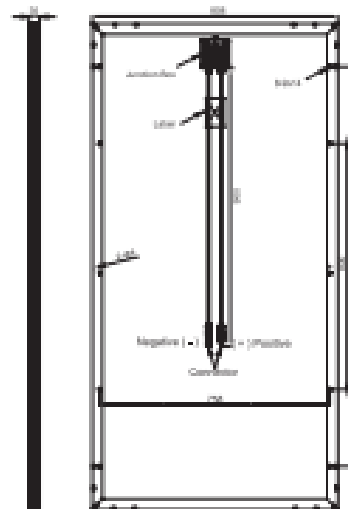
Packing Configuration

Container	20'GP	40'GP	40'HQ
Pieces per pallet	66-62	66	74
Pallets per container	8+1	14	14
Pieces per container	448	924	1036

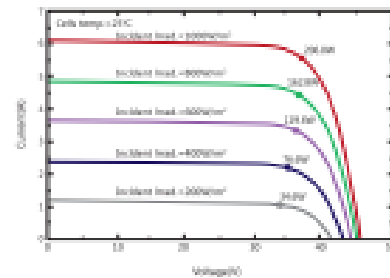
Tests, Certifications and Warranties

Standard tests	IEC 61215, IEC 61730
System certs	ISO 9001, ISO14001
Certifications	TUV/CE/MCS/PV CYCLE/CEC/CHUBB
Extreme wind and snow loads testing	Withstand extreme wind(2400 Pascal) and snow loads(5400 Pascal)
Positive tolerance	0~+3%
Junction box	≥ IP65
Warranties	10 years material and workmanship and 25 years output at least 80%

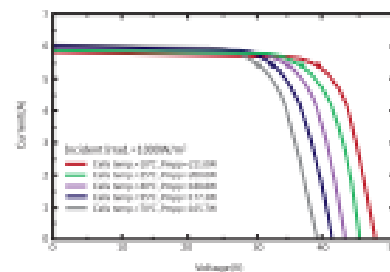
Dimensions and Structure



I-V Curve



I-V Curves at different irradiance



I-V Curves at different temperature

Zhejiang BLD Solar Technology Co., LTD
Ginggang Industrial Zone, Yuhuan, Zhejiang,317606 China

Tel: +86 576-81731999 Fax: +86 576-81731990
E-mail: sales@bldsolar.com Http://www.bldsolar.com



ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 3 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 3-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage



Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

Description

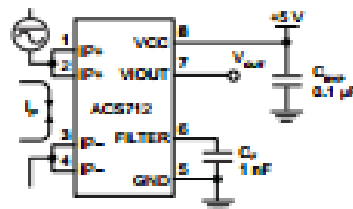
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($>V_{OUT}/I_P$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of

Continued on the next page...

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current, I_P , within the range specified. C_f is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712

*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

Description (continued)

the device at up to 5^x overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _A (°C)	Optimized Range, I _p (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{RECC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{OUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{REOUT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{OUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{OUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _p	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C

Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V _{ISO}	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V _{WVBS}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V _{pk}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V _{WVRS}	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V _{pk}

* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001



Allegro Microsystems, LLC
115 Northwest Court
Worcester, Massachusetts 01890-2000 U.S.A.
1.800.851.8000 www.allegromicro.com