

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira de Bejaia



Faculté de Technologie
Département Automatique, Télécommunication et
Electronique

Mémoire de Fin D'études

En vue de l'obtention du diplôme MASTER en Automatique

Thème

***Banc de mesures pour installation
photovoltaïque***



Présenté par :

M^{elle} CHERDOUH Karima

Encadré par :

Mr. ARKOUB Mohand

Promotion 2015*2016

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect et de reconnaissance à :

 *Mes parents pour ces sacrifices afin d'atteindre mon but.*

 *Mes frères et mes sœurs.*

 *Toute ma famille.*

 *Tous mes amis.*

 *A toute la promotion Automatique 2015/2016.*

Remerciement

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Je remercie fortement mon promoteur : M^r Arkoub Mohand de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener a bien ce travail.

Je tiens à remercier aussi :

 *Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail*

 *Le corps d'enseignants et les étudiants de Bejaïa.*

 *Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de mon mémoire*

Liste des symboles et abréviations

V_{co}	: la tension du circuit ouvert	(V)
I_{cc}	: courant de court-circuit	(A)
I_{ph}	: Photo courant	(A)
I_s	: Courant de saturation de la diode	
R_s	: Résistance série	(Ω)
R_{sh}	: Résistance shunt	(Ω)
Q	: Charge de l'électron	($1,602 \cdot 10^{-19}$ C)
k	: Constante de Boltzmann	($1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K)
A	: Facteur de qualité de la diode	
T	: Température effective de la cellule	(Kelvin)
ϕ_{ref}	: Irradiance de référence	(W/m^2)
T_{ref}	: Température effective et de référence	(Kelvin)
μ	: coefficient de température du photocourant	
FF	: Facteur de forme	(W/m^2)
STC	: Condition de Température Standard.	
NOCT	: Nominal operating cell temperature	
T_c	: Température de cellule	(C°)
G	: Irradiation solaire sur un plan incliné	(W/m^2)
T_a	: Température ambiante.	
CTN	: Coefficient de Température Négatif.	
CTP	: Coefficient de Température Positif.	
AM1,5	: le Soleil à 41.8° .	

Liste des figures

Chapitre I :

Figure I.1 : Le principe de fonctionnement d'une cellule solaire.	6
Figure I.2: Schéma équivalent d'une cellule PV du modèle à une diode. [2].....	6
Figure I.3 : Schéma équivalent d'une cellule PV du modèle à deux diodes.[2]	7
Figure I.4 : Caractéristique résultante du groupement en série. [2]	8
Figure I.5 : Caractéristique résultante du groupement en parallèle. [2]	9
Figure I.6 : Modules solaire.	9
Figure I.7 : Panneaux solaire	10
Figure I.8: La courbe de la caractéristique $I=f(V)$ et $P=f(V)$	10
Figure I.9: L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I=F(V)$. [2]	13
Figure I.10 : L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $P=F(V)$. [2]	14
Figure I.11 : Influence de la température sur la caractéristique $I=f(V)$. [2]	15
Figure I.12: L'influence de la température sur la caractéristique $P=f(V)$. [2]	15

Chapitre II :

Figure II.1 : Schéma de la chaîne de mesure.....	18
Figure II. 2 : Les différents modules photovoltaïques.	19
Figure II.4 : La cellule photovoltaïque.....	21
Figure II.5 : CTN.....	22
Figure II.6 : CTP.	23
Figure II.7: Caractéristique R/T de la CTP et de la CTN. [6]	23

Chapitre III :

Figure III.1 : Montage de l'installation photovoltaïque principale.	27
Figure III.2: Schéma de l'installation PV.....	28
Figure III.3 : Panneaux toiture terrasse.	29
Figure III.5: Caractéristique $I=F(V)$ du panneau à 1000 W/m^2 Et $25 \text{ }^\circ\text{C}$. [8]	30
Figure III.6 : Capteur de température modulaire.....	30
Figure III.7: Procédé de mesure de la température d'un module PV.....	31
Figure III.8 : Capteur de température ambiante. [9]	32
Figure III.9: Procédé de mesure de la température ambiante.....	32
Figure III.10: La cellule de référence (Si-01 TC). [9].....	33

Liste des figures

Figure III.11 : Procédé de mesure de l'ensoleillement.....	33
Figure III.12 : Transducteur.	34
Figure III .13 : La vue du Datalogger du haut.....	35
Figure III.14 : La vue de bas du SoILog. [10].....	36
Figure III.15 : La connexion. [10].....	36

Chapitre IV :

Figure IV.1 : caractéristique $G_s=f(t)$	37
Figure IV.2 : caractéristique $U=f(t)$	37
Figure IV.3 : caractéristique $I=f(t)$	37
Figure IV.4 : caractéristique $P=f(t)$	37
Figure IV.5 : caractéristique $T_a=f(t)$	38
Figure IV.6: caractéristique $T_m=f(t)$	38
Figure IV.7 : caractéristique $G_s=f(j)$	39
Figure IV.8 : caractéristique $U=f(j)$	39
Figure IV.9 : caractéristique $I=f(J)$	39
Figure IV.10 : caractéristique $P=f(j)$	39
Figure IV.11 : caractéristique $T_{am}=f(j)$	40
Figure IV.12 : caractéristique $T_m=f(j)$	40
Figure IV.13 : caractéristique $G_s=f(j)$	41
Figure IV.14 : caractéristique $U=f(j)$	41
Figure IV.15: caractéristique $I=f(j)$	41
Figure IV.16 : caractéristique $P=f(j)$	41
Figure IV.17 : caractéristique $T_a=f(j)$	42
Figure IV.18 : caractéristique $T_m=f(j)$	42
Figure IV.19 : caractéristique $G_s=f(t)$	43
Figure IV.20 : caractéristique $U=f(j)$	43
Figure IV.21 : caractéristique $I=f(j)$	43
Figure IV.22 : caractéristique $P=f(J)$	43
Figure IV.23 : caractéristique $T_a=f(j)$	44
Figure IV.24 : caractéristique $T_m=f(j)$	44

Sommaire

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur les systèmes photovoltaïques	
I.1.La ressource solaire	3
I.2.Différents types de rayonnement	3
a. Le rayonnement direct	3
b. Le rayonnement diffus.....	3
c. Le rayonnement réfléchi (L'albédo).....	5
d. Le rayonnement solaire global	5
I.3.Présentation de l'énergie photovoltaïque	5
I.3.1. La cellule photovoltaïque	5
I.3.2. Fonctionnement de la cellule photovoltaïque	5
I.3.3. Modèles électrique d'une cellule photovoltaïque	7
a. Modèle à une diode	7
b. Modèle à deux diodes	8
I.3.4. Association de plusieurs cellules	8
a. Association des cellules en série	8
b. Association des cellules en parallèle	9
I.3.5. Le module	10
I.3.6. LePanneau	10
I.3.7. Caractéristique d'un module solaire	11
I. 3.8. Paramètres externes du module photovoltaïque.....	11
a. Courant de court-circuit (I_{cc})	11
b. Tension de circuit ouvert (V_{co})	11
c. Facteur de forme, FF.....	12
d. Le rendement	12
e. Puissance STC.....	12

Sommaire

f. Puissance NOCT.....	12
I.3.9.Orientation et inclinaison des modules	12
a. Orientation.....	12
b. Inclinaison.....	13
I.3.10 .L'influence de l'éclairement sur les caractéristiques électriques	13
a. L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I=f(V)$	13
b.L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $P=f(V)$	14
c.L'influence de la température sur la caractéristique $I=f(V)$	14
d. L'influence de la température sur la caractéristique $P=f(V)$	15
I.4. Réalisation d'une installation photovoltaïque	16
I.4.1. Les installations autonomes	16
a.Régulateur	16
b.L'onduleur	17
c.Les batteries	17
I.4.2. Les installations connectées au réseau	17
I.5.Conclusion	17

Chapitre II: Etude d'une installation photovoltaïque

II.1. Introduction :	18
II.2. Etude et composition de la chaine d'acquisition :	18
II.2.1.Le module photovoltaïque :	19
a. Normalisation :.....	19
II.2.2.Les capteurs :	20
II.2.2.1.Capteurs d'ensoleillement :.....	20
a. Pyrhéliomètre	20
b.Pyranomètre	20
c.l'albédo-mètre.....	20

Sommaire

d.La cellule photovoltaïque.....	21
II.2.2.2.Capteurs de la température	21
a.Résistances métalliques.....	22
b.Les thermistances.....	22
II.2.2.3. Saisie du courant et de la tension	24
II.2.3. Conditionneur de signal	24
a.Amplificad.tion	24
b. Filtrage	24
c. Conversion analogique numérique.....	24
d. Multiplexage	25
II.2.4.L'enregistrement des données par le Datalogger.....	25
a. Définition et domaine d'application	25
b. Fonctionnement.....	26
II.2.5.Communication du Datalogger avec ordinateur	26
II.3.Conclusion	27

Chapitre III: Réalisation de l'installation photovoltaïque

III.1. Introduction	28
III.2. Description des mesures	27
III.3. Etude de l'installation	28
III.3.1.Différents matériels utilisés	29
III.3.1.1. Module solaire	29
III.3.1 .2. Capteurs de température du module	30
III.3.1 .3. Capteur de la température ambiante	31
III.3.1 .4 . Capteurs d'ensoleillement.....	32
III.3.1.5.Mesure du courant et de la tension	33
III.3.1.6. Datalogger SoILog.....	34

Sommaire

III.4.Conclusion	37
------------------------	----

Chapitre IV :Résultats et discussion

IV.1.Introduction	38
IV.2. Etude des paramètres photovoltaïques pour une journée.....	38
IV.3.Etude des paramètres photovoltaïques pour un mois.....	40
IV.3.1.L'heure t=10h.....	40
IV.3.2.L'heure t=12h.....	42
IV.3.3. L'heure t=14h.....	44
IV.4. Conclusion	46

Introduction générale

Introduction générale

L'énergie solaire photovoltaïque est l'énergie renouvelable la plus utilisée ; elle est non polluante, économique, disponible partout, modulable, transportable et d'utilisation simple. Sa gamme de production va du mW à plusieurs MW. Elle consiste à convertir directement le rayonnement solaire en électricité.

Les cellules des modules solaires photovoltaïques qu'on trouve sur le marché mondial sont à majorité à base du silicium. On trouve des cellules à base de silicium monocristallin, polycristallin ou amorphe.

L'utilisation des cellules solaires comme convertisseurs d'énergie solaire a fait apparaître le besoin d'étudier ces systèmes sur site et de les optimiser.

Sur chaque module photovoltaïque on trouve une fiche technique fournie par le fabricant, qui nous donne les caractéristiques de ce module se référant aux conditions de tests standard STC (irradiation 1000 W/m², température du module 25°C, AM1.5 et incidence normale)

Dans la pratique, les sorties des modules PV sont fortement affectées par la variabilité des effets de l'environnement : irradiation, température, effets spectraux, orientation. Ces effets dépendent des particularités géographiques et climatiques du site d'application, mais leur impact sur la performance des modules varie en accord avec la technologie utilisée dans les modules. En conséquence, des tests à l'extérieur sont requis pour faire une prédiction exacte des performances des modules et vérifier le design initial des systèmes PV.

La mesure porte à chaque fois sur un seul module de puissance, de caractéristiques (courant de court circuit, tension à vide) et de dimensions données, monté sur le toit et orienté vers le sud avec une déclinaison donnée. Il est important que le module soit déjà depuis un certain temps (une année) monté sur le toit et qu'il soit durant ce temps là exposé aux conditions climatiques et environnementales avant de commencer les tests.

Il est nécessaire de faire des mesures sur site afin d'avoir des résultats pour les comparer avec celles fournies par le fabricant.

Objectifs du présent travail

Les objectifs fixés pour ce travail sont :

Etude d'une installation photovoltaïque.

Association à l'installation d'un ensemble d'équipements de mesure et de contrôle.

Utilisation d'un datalogger pour l'enregistrement des grandeurs relevées et sa connexion à un PC.

Présentation de l'installation et des différents appareils (voltmètre, ampèremètre, capteur de température, capteur d'ensoleillement, transducteur, charge, datalogger).

Structure du mémoire

Ce mémoire comprend quatre chapitres :

- Dans le premier chapitre nous abordons l'énergie solaire photovoltaïque en général, les caractéristiques des modules et aussi les paramètres influents sur le rendement.
- Le deuxième chapitre traitera des grandeurs utiles (tension, courant, puissance, énergie, rendement) et des paramètres influents (température du module, température ambiante, ensoleillement,...capteurs correspondants,...)
- Puis une étude sur l'installation disponible sera présentée dans le troisième chapitre.
- Dans le chapitre quatre on présente les résultats: tableaux, graphes, commentaires.

CHAPITRE

I

I.1. La ressource solaire :

Le soleil est l'étoile la plus proche de la planète terre. Ces irradiations énergétiques sont la seule source d'énergie qui influe sur l'atmosphère et le climat sur terre. Le rayonnement solaire est électromagnétique compris dans une bande de longueur d'onde variant de 0,22 à 10 μm . [1]

L'énergie associée du rayonnement solaire est approximativement décomposée comme suit :

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

L'atmosphère terrestre reçoit un rayonnement solaire d'une puissance moyenne de 1367 W/m^2 .

L'énergie de chaque photon est donnée par la formule suivante $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$

λ : longueur d'onde.

ν : fréquence (ν).

$h=6.62 \cdot 10^{-34} \text{ JS}^{-1}$ est la constante de Planck.

$c=3 \cdot 10^8 \text{ mS}^{-1}$ étant la vitesse de propagation.

I.2. Différents types de rayonnement :

Le soleil fournit une quantité d'énergie énorme pour satisfaire les besoins globaux de la terre, le soleil fournit donc annuellement 5000 fois les besoins énergétiques globaux de la terre. [1]

Le rayonnement extraterrestre est de l'ordre de 1367 W/m^2 en traversant l'atmosphère, il se décompose en plusieurs composants :

a. Le rayonnement direct : C'est le rayonnement du soleil, ses rayons sont parallèles entre eux. [1]

b. Le rayonnement diffus : La diffusion est le phénomène qui répartit un faisceau parallèle en une multitude de faisceaux partant dans toutes les directions, alors le rayonnement diffus est constitué par la lumière diffusée par l'atmosphère (air, nuage...). [1]

c. Le rayonnement réfléchi (L'albédo) : C'est la partie réfléchi par la terre. Il est déterminé à l'aide d'un appareil albédo mètre et dépend de l'environnement du site. [1]

d. Le rayonnement solaire global : C'est la somme des différents rayonnements. La valeur de ce flux global sur une surface varie selon sa position et son orientation. Il peut être mesuré avec un pyranomètre. [1]

I.3.Présentation de l'énergie photovoltaïque :

L'énergie photovoltaïque est une source d'énergie renouvelable, produite à partir du rayonnement solaire. Cette transformation s'effectue sans bruit, sans émission de gaz, elle est totalement propre .Elle utilise pour ce faire des modules photovoltaïques composés de cellules solaires qui réalisent cette transformation d'énergie.

Le terme « photovoltaïque » désigne le processus physique qui consiste à transformer l'énergie solaire en énergie électrique.

I.3.1. La cellule photovoltaïque :

Une cellule photovoltaïque ou la photopile est l'élément de base de la conversion photovoltaïque, elle est assimilable à une diode photosensible. Son fonctionnement est basé sur les propriétés des matériaux semi-conducteurs qui ont pour rôle de convertir l'énergie lumineuse en énergie électrique. [1]

I.3.2. Fonctionnement de la cellule photovoltaïque :

Elle exploite les propriétés des matériaux semi-conducteurs utilisés dans l'industrie de l'électronique : diodes, transistors et circuits intégrés

La cellule photovoltaïque est fabriquée à partir de deux couches de silicium (matériau semi-conducteur) :

- une couche dopée P
- une couche dopée N

L'effet de diffusion des électrons de la zone N vers la zone P et des trous de la zone P vers la zone N engendre une ionisation positive des atomes côté N et une ionisation négative côté P au voisinage de la jonction. Il y a alors apparition d'un champ électrique interne. Ce champ

électrique, présent dans la zone de transition, dite aussi zone de déplétion ou zone de charge d'espace, joue le rôle essentiel dans l'effet photovoltaïque.

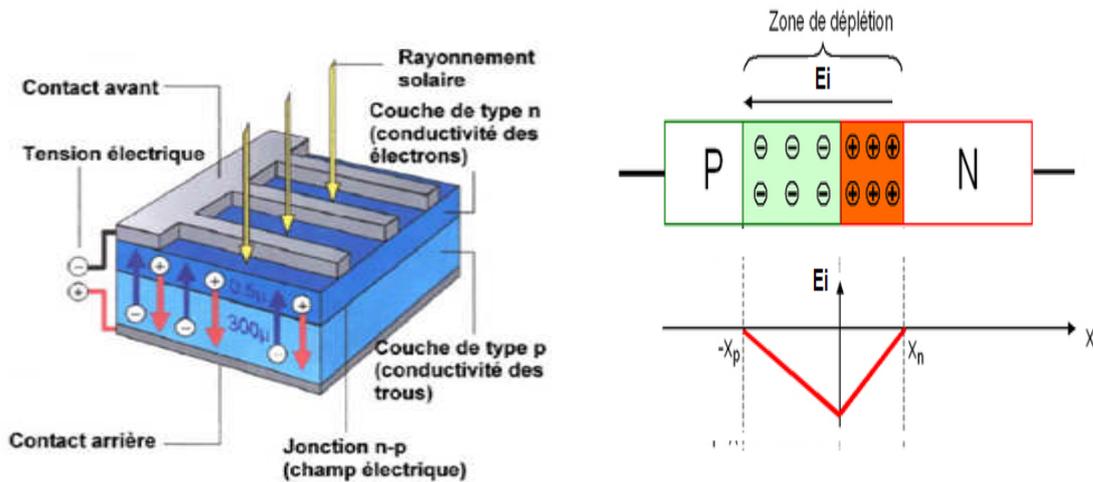


Figure I.1 : Le principe de fonctionnement d'une cellule solaire.

En effet, sous l'effet de la lumière, les paires électrons-trous libérées, soumises à ce champ électrique, se trouvent séparées, les électrons et les trous sont poussés dans des directions opposées. Il y a donc cumul de charges négatives (côté N) et de charges positives (côté P). On a un générateur. C'est l'effet photovoltaïque. [2] :

I.3.3. Modèles électrique d'une cellule photovoltaïque :

On trouve plusieurs modèles électriques ont été proposés pour représenter la cellule photovoltaïque, afin de développer un circuit précis pour une cellule PV.

On présentera deux modèles du GPV

- Modèle à une diode.
- Modèle à deux diodes.

a. Modèle à une diode

Le fonctionnement d'un module photovoltaïque est décrit par le modèle « standard » à une diode, établi par Shokley pour une seule cellule PV, est généralisé à un module PV en le considérant comme un ensemble de cellules identiques branchées en série ou en parallèle. [2]

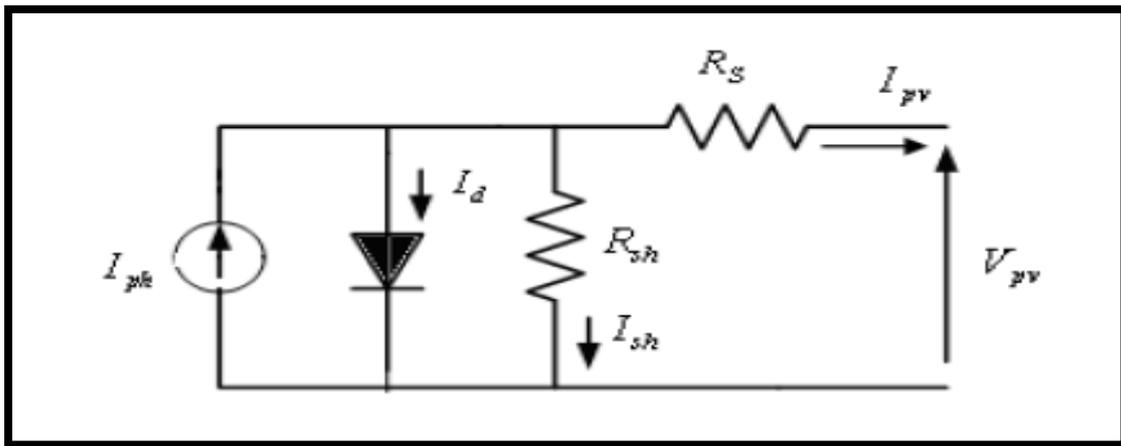


Figure I.2: Schéma équivalent d'une cellule PV du modèle à une diode. [2]

Le courant fourni par la cellule est donné par la relation :

$$I_{pv} = I_{ph} - I_d$$

$$I_d = I_{s1} \left[\exp \left\{ \frac{(V_{pv} + R_s I_{pv})}{V_t \cdot n} \right\} - 1 \right]$$

$$I_{pv} = I_{ph} - \left(\frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_{sh}} \right) - I_s \left[\exp \left\{ \frac{(V_{pv} + I_{pv} \cdot R_s)}{V_t \cdot n} \right\} - 1 \right] \quad [2]$$

Le photocourant I_{ph} varie avec l'irradiation, il est déterminé par rapport à des valeurs données aux conditions de référence.

b. Modèle à deux diodes

Utilisant les phénomènes de polarisation de la jonction PN. Le schéma du générateur photovoltaïque devient dans le cas de la figure suivante : [2]

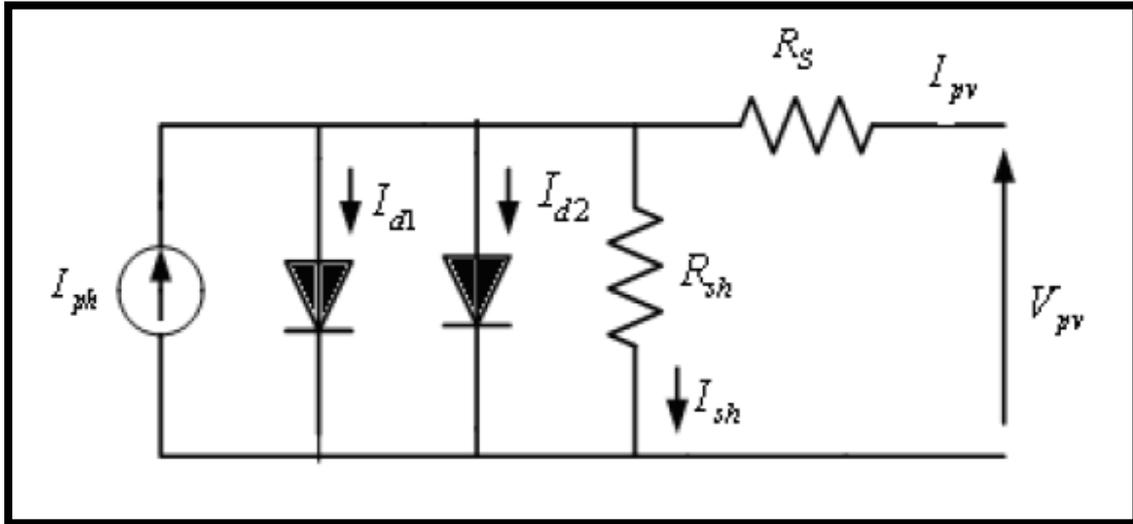


Figure I.3 : Schéma équivalent d'une cellule PV du modèle à deux diodes. [2]

$$I_{pv} = I_{ph} - I_{d1} - I_{d2}$$

$$I_{d1} = I_{s1} \left[\exp \left\{ \frac{(V_{pv} + R_s I_{pv})}{V_t \cdot n_1} \right\} - 1 \right]$$

$$I_{d2} = I_{s2} \left[\exp \left\{ \frac{(V_{pv} + R_s I_{pv})}{V_t \cdot n_2} \right\} - 1 \right]$$

$$I_{sh} = \frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_{sh}}$$

$V_t = \frac{KT_c}{q}$: le potentiel thermodynamique

T_c : température absolue

$$I_{pv} = I_{ph} - \frac{V_{pv} + R_s I_{pv}}{R_{sh}} - I_{s1} \left[\exp \left\{ \frac{(V_{pv} + R_s I_{pv})}{V_t \cdot n_1} \right\} - 1 \right] - I_{s2} \left[\exp \left\{ \frac{(V_{pv} + R_s I_{pv})}{V_t \cdot n_2} \right\} - 1 \right] \quad [2]$$

I.3.4. Association de plusieurs cellules :

Les cellules sont associées en série ou en série/parallèle. Pour cela les connexions des pôles négatives situées en sur les faces avant des cellules sont connectées aux pôles positifs situées sur les faces arrière des cellules suivantes.

a. Association des cellules en série :

Ce système d'association est généralement le plus utilisé pour les modules photovoltaïques du commerce. Dans un groupement en série, les cellules sont traversées par le même courant et la caractéristique résultante du groupement en série est obtenue par addition des tensions à courant donnée. $V_{co} = N_s \cdot V_{co}$

L'association série permet ainsi d'augmenter la tension de l'ensemble et donc d'accroître la puissance de l'ensemble. [2]

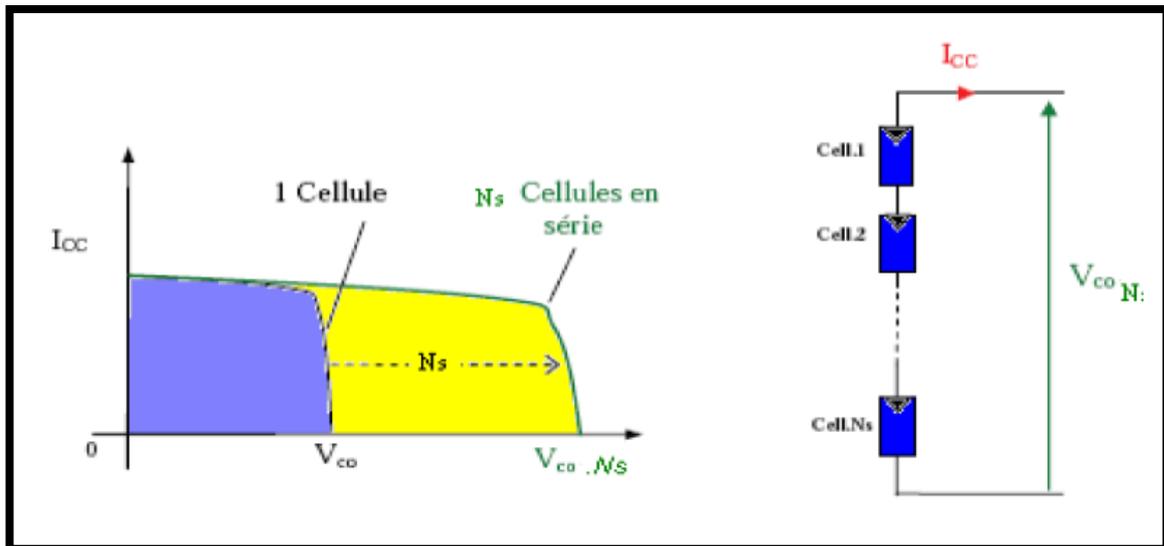


Figure I.4 : Caractéristique résultante du groupement en série. [2]

b. Association des cellules en parallèle :

L'association parallèle de N_p cellules est possible et permet d'accroître le courant de sortie du générateur. Ainsi, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante de groupement est obtenue par addition des courants à tension donnée.

$$I_{cc} = N_p \cdot I_{cc} \text{ [2]}$$

Avec I_{cc} : le courant de court circuit.

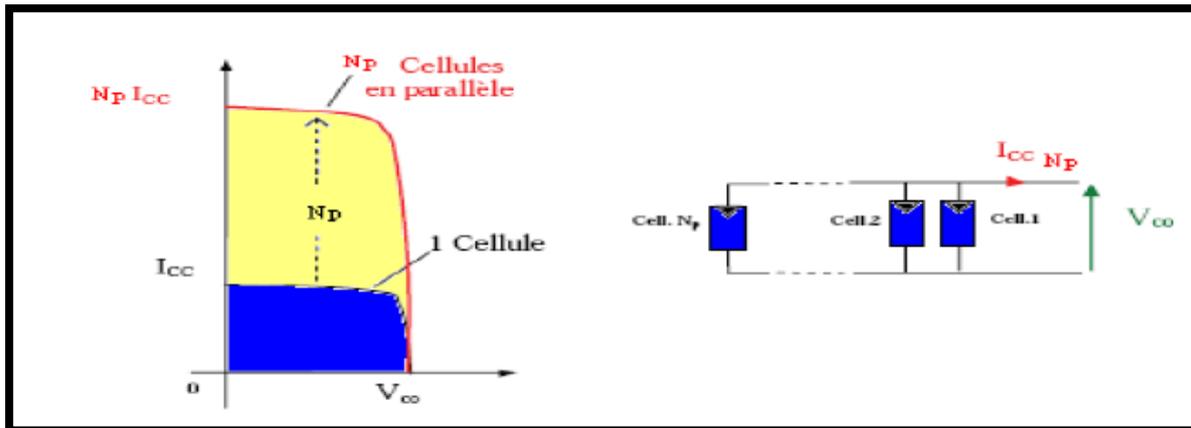


Figure I.5 : Caractéristique résultante du groupement en parallèle. [2]

I.3.5. Le module :

Un module photovoltaïque est un convertisseur d'énergie lumineuse en électricité. Par définition c'est un ensemble de photopiles assemblés en série ou en parallèle pour générer une puissance électrique suffisante lors de son exposition à la lumière. Il est complexe composé de cellules photovoltaïques, d'intercalaires, de diodes by-pass, de connecteurs, d'une boîte de jonction, de câbles, d'un verre de protection sur la face avant du module et d'un verre ou d'un film en fluorure.

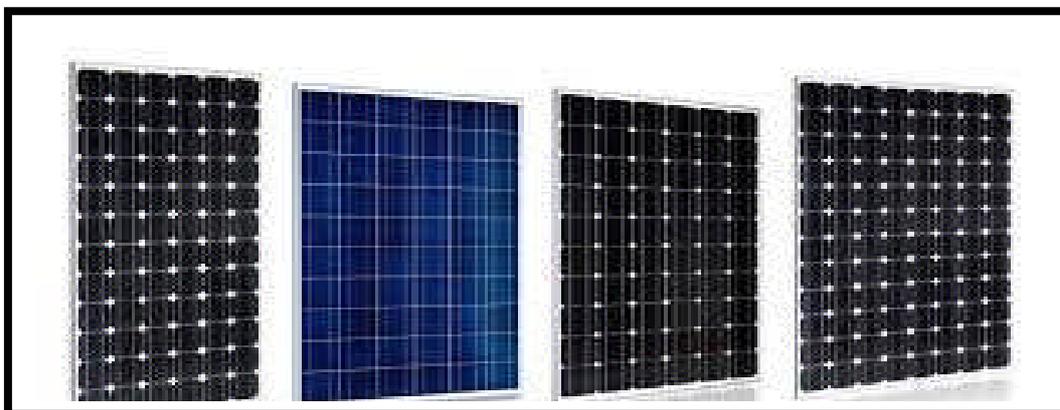


Figure I.6 : Modules solaire.

I.3.6. Panneau : Les modules peuvent être assemblés en panneaux, eux-mêmes interconnectés pour former un champ de modules. Dans une installation, l'ensemble des champs de modules constitue le champ photovoltaïque.



Figure I.7 : Panneaux solaire .

I.3.7. Caractéristique d'un module solaire :

a. La courbe courant-tension et courant-puissance:

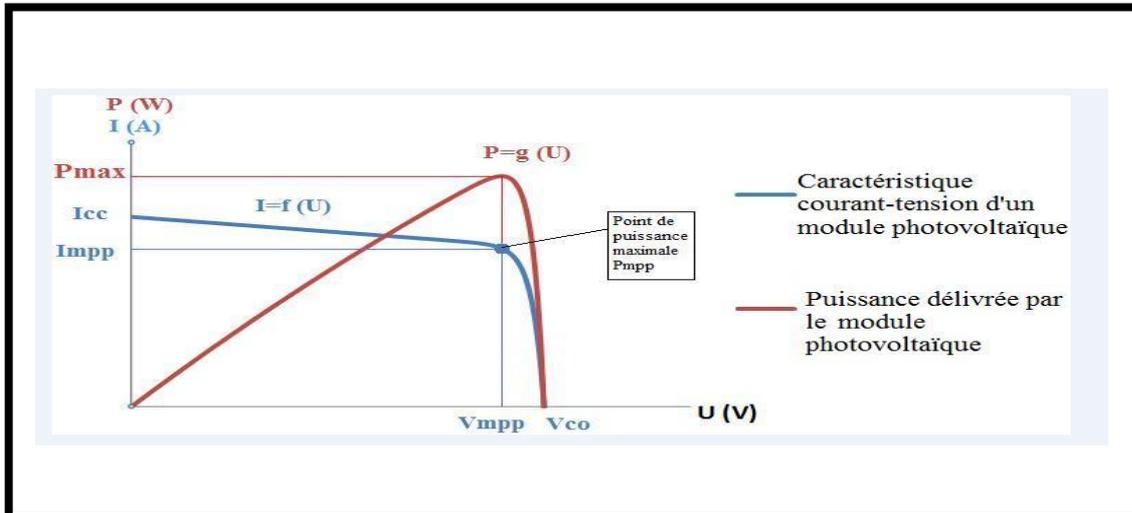


Figure I.8: La courbe de la caractéristique $I=f(V)$ et $P=f(V)$.

Le courant produit est assez constant pour les différentes valeurs de tension, (le rayonnement solaire est supposé constante (1000 w/m^2), et le module est considéré comme source de courant continu. Au delà de V_{pmax} , le courant diminue rapidement et s'annule pour $V=V_{co}$.

I. 3.8. Paramètres externes du module photovoltaïque:

a. Courant de court-circuit (I_{cc}) : Il s'agit du courant pour lequel la tension aux bornes de la cellule ou du générateur PV est nulle. Celui-ci est fonction de la température, de la longueur d'onde du rayonnement, de la surface active de la cellule.

b. Tension de circuit ouvert (V_{co}) : c'est la tension aux bornes de la cellule lorsqu'elle n'est pas connectée à une charge ou lorsqu'elle connectée à une charge de résistance infinie. Elle dépend du type de cellule solaire, des matériaux de la couche active et de plus de l'éclairement de la cellule.

c. Facteur de forme, FF : c'est le facteur de remplissage ou fill factor(FF), pour qualifier la qualité d'une cellule ou d'un générateur PV ce coefficient représente le rapport entre la puissance maximale délivré par la cellule P_{max} et le produit $I_{cc} * V_{co}$. [4]

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{co} * I_{cc}}$$

d. Le rendement, η : C'est le rendement de conversion en puissance. Il est défini comme étant le rapport entre la puissance maximale délivrée par la cellule et la puissance lumineuse incidente (reçue). [7]

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{FF * I_{cc} * V_{co}}{P_{in}}$$

e. Puissance STC : La puissance crête (STC) d'un module PV s'exprime en watt-crête : c'est la puissance qu'il peut fournir s'il est soumis à l'ensoleillement de 1000 w/m^2 alors que la température des cellules est de 25°C . [4]

f. Puissance NOCT : La température d'utilisation de cellule (TUC en français et NOCT en anglais), est la température qu'atteint une cellule encapsulée dans un module soumis à l'ensoleillement de 800 W/m^2 , à une température ambiante de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, une inclinaison de 45° et avec un vent de 1 m/s dans les conditions de circuit ouvert.

La température d'une cellule PV est directement proportionnelle à l'ensoleillement et peut être obtenu par la formule suivante : [4]

$$T_c = T_a + \left(\frac{N_{oct} - 20}{800} \right) \cdot G$$

I.3.9. Orientation et inclinaison des modules :

a. Orientation : l'orientation idéale d'un module PV, est vers l'équateur, ce qui nous donne : orientation vers le Sud dans l'hémisphère Nord, et orientation vers le Nord dans l'hémisphère Sud. [5]

b. Inclinaison : l'inclinaison d'un module PV varie selon le cas d'application.

Cas d'une application qui consomme une énergie quasi-constante tout au long de l'année. Une inclinaison de 60° par rapport à l'horizontale.

Quand l'application fonctionne seulement en période estivale, une inclinaison de 20 à 30° est préférable. [5]

I.3.10 L'influence de l'éclairement sur les caractéristiques électriques :

a. L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I=f(V)$:

La figure ci-dessous représente la courbe $I=f(V)$ d'un panneau photovoltaïque dans des conditions constantes d'ensoleillement (1000 w/m^2) et de température (25 °C), pour différents niveaux de rayonnement. [2]

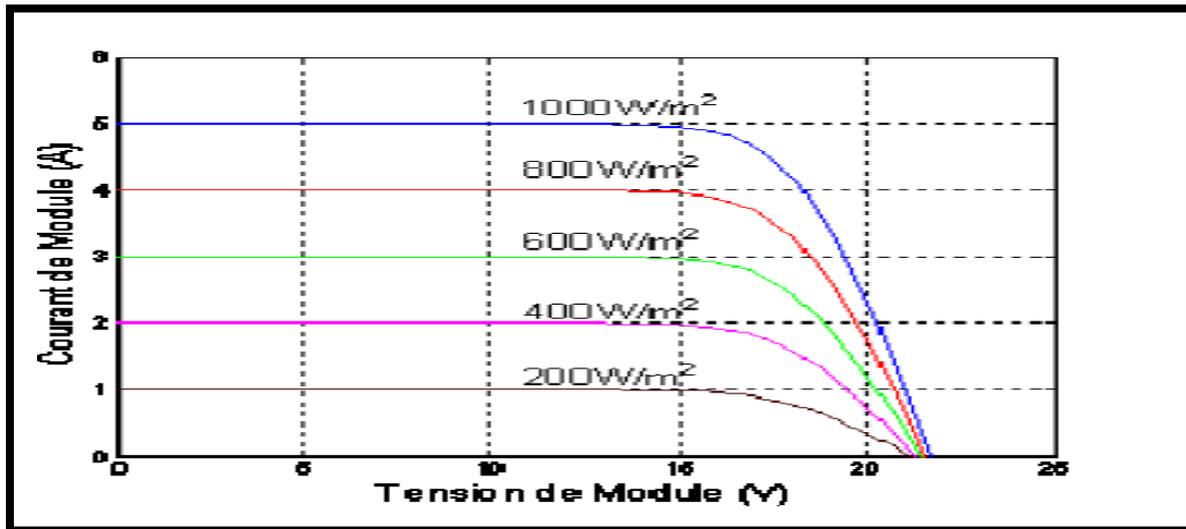


Figure I.9: L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $I=f(V)$. [2]

On remarque que la valeur du courant est directement proportionnelle à l'intensité du rayonnement. Par contre, la tension ne varie pas dans les mêmes proportions, elle reste identique même à faible éclairement.

b. L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $P=f(V)$:

La figure illustre la variation de la puissance délivrée par le générateur en fonction de la tension pour différentes valeurs d'éclairement, ce qui nous permet de déduire l'influence de l'éclairement sur la caractéristique $P(V)$.

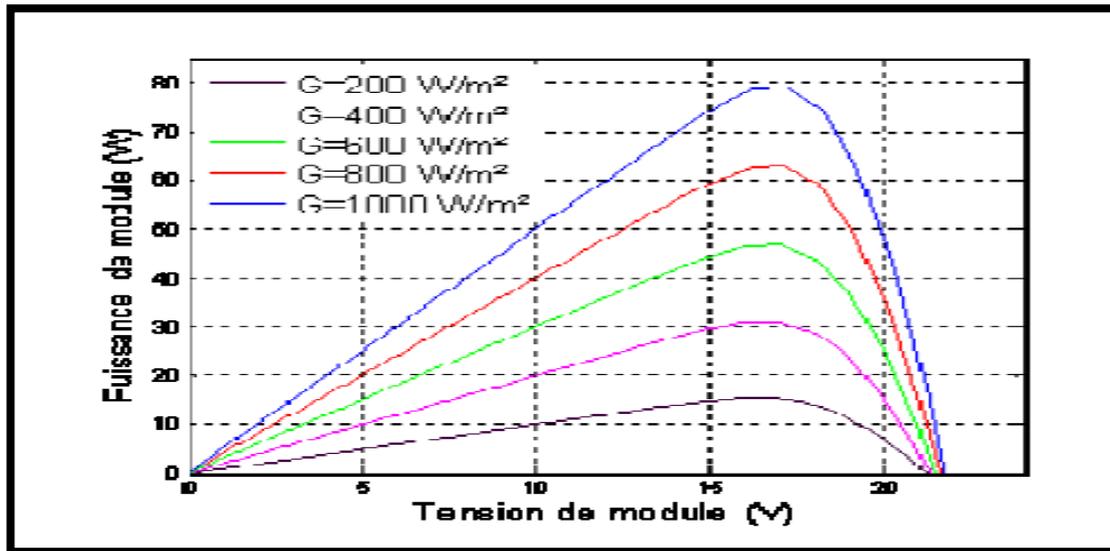


Figure I.10 : L'influence de l'éclairement sur la caractéristique $P=f(V)$. [2]

Il est clair que la valeur du courant de court-circuit est directement proportionnelle à l'intensité du rayonnement..

Ceci implique donc que :

La puissance optimale de la cellule est pratiquement proportionnelle à l'éclairement.

Les points de puissance maximale se situent à peu près à la même tension.

c. L'influence de la température sur la caractéristique $I=f(V)$:

Les caractéristiques électriques d'une cellule PV dépendant de la température.

La figure suivante présente des courbes courant-tension pour températures de fonctionnement d'un module photovoltaïque.

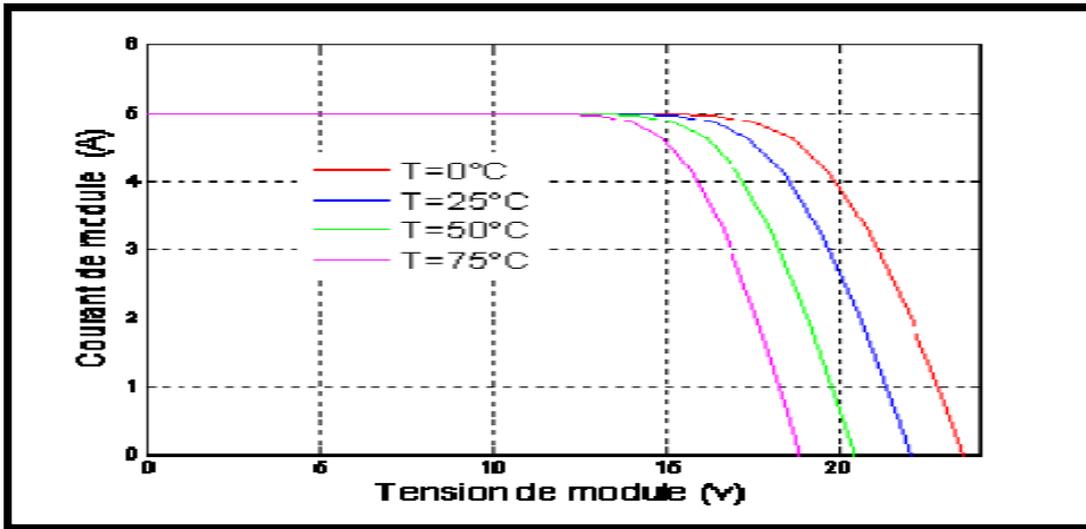


Figure I.11 : Influence de la température sur la caractéristique $I=f(V)$. [2]

On remarque que température a une influence négligeable sur la valeur du courant de court-circuit. Par contre, la tension baisse assez fortement lorsque la température augmente, par conséquent la puissance diminue.

b. L'influence de la température sur la caractéristique $P=f(V)$:

La figure suivante illustre la variation de la puissance délivrée par un module photovoltaïque en fonction de la tension pour différentes valeurs de la température, ce qui nous permet de déduire l'influence de la température sur la caractéristique $P=f(V)$.

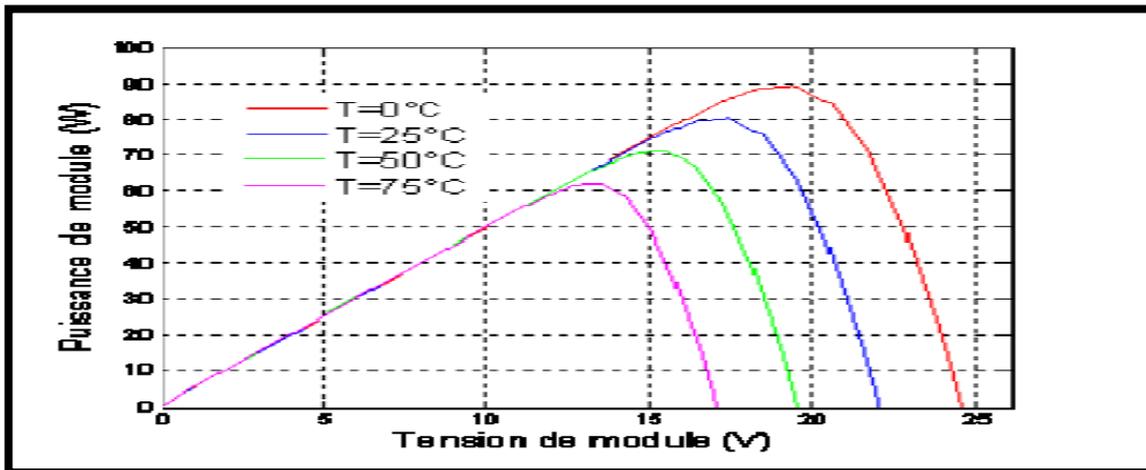


Figure I.12: L'influence de la température sur la caractéristique $P=f(V)$. [2]

On s'aperçoit que la tension de circuit-ouvert décroît en fonction d'une augmentation de la température. Par conséquent, on perd de la puissance disponible aux bornes du module PV.

I.4. Réalisation d'une installation photovoltaïque :

Les installations photovoltaïques sont deux types, selon leurs objectifs

- Soit des installations autonomes
- Soit des installations connectées au réseau

I.4.1 : Les installations autonomes :

C'est un système photovoltaïque indépendant d'une source d'énergie qui alimente l'utilisateur en électricité sans être connecté au réseau électrique. Dans la majorité des cas, un système autonome exigera des batteries pour stocker l'énergie. Ils servent à alimenter les maisons en site isolé, sur des îles, en montagne ainsi qu'à des applications comme la surveillance à distance et le pompage de l'eau.

Les installations PV autonomes comportent généralement :

- Un générateur PV constitué d'une association série-parallèle de modules PV
- Un système de conversion DC/AC onduleur.
- Un système de régulation de charge pour réguler et contrôler la charge et la décharge des batteries.
- Un système de stockage électrochimique ; batterie.

a. Régulateur :

Les systèmes de régulation de charge sont des éléments d'un système photovoltaïque qui ont pour but de contrôler la charge et la décharge d'une batterie afin d'en maximiser la durée de vie.

Son rôle principal est de réduire le courant lorsque la batterie est presque entièrement chargée.

b. L'onduleur :

L'onduleur est un élément essentiel d'une installation photovoltaïque. C'est un appareil d'électronique de puissance capable de convertir une tension continue en une tension alternative, adapté aux normes industrielles qui sont monophasé ou triphasé, 50 ou 60 Hz.

c. Les batteries :

Dans une installation PV autonome, l'énergie produite est stockée dans des batteries, pour une utilisation en absence du soleil.

La gestion de l'énergie solaire nécessite des stockages qui vont répondre à deux fonctions principales :

Fournir à l'installation de l'électricité lorsque le générateur PV n'en produit pas (la nuit ou par mauvais temps).

I.4.2 : Les installations connectées au réseau :

Le module est couplé directement à un onduleur. L'énergie est livrée par le réseau lui-même, les accumulateurs ne sont pas nécessaires à moins que nous voulions une forme autonome d'énergie pendant les pannes d'électricité.

Ces installations sont constituées :

- De panneaux solaires PV
- D'onduleurs pour obtenir une tension synchrone au réseau (en Algérie la tension du réseau est de 220 V pour une fréquence de 50 Hz)
- De compteur d'énergie, comptant, par exemple, l'énergie provenant du réseau et l'énergie injectée dans le réseau.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté une approche générale sur l'énergie photovoltaïque et les systèmes photovoltaïque. Et des différentes caractéristiques électriques des cellules photovoltaïques ainsi que les paramètres influents sur ces paramètres.

CHAPITRE

II

II.1. Grandeurs utiles et capteurs associés :

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes grandeurs utiles pour une installation PV en général, et les différents capteurs utilisés pour faire la mesure de ces grandeurs physiques.

II.2. Etude et composition de la chaine d'acquisition :

L'acquisition de signal consiste à recueillir des mesures, les numériser et les stocker puis les analyser avec un ordinateur. Les systèmes d'acquisition des données assurent le contact entre le monde naturel qui subit des lois physique et les calculateurs numériques qui traitent l'information.

Pour obtenir une image d'une grandeur physique, on fait appel à une chaine de mesure qui peut faire intervenir plusieurs phénomènes différents.

Le schéma suivant illustre la chaine de mesure d'une installation photovoltaïque.



Figure II.1 : Schéma de la chaine de mesure.

II.2.1. Le module photovoltaïque :

Un générateur photovoltaïque ou module est constitué de cellules photovoltaïques élémentaire montées en série et/ou en parallèle afin d'obtenir des performances électriques désirées tels que la puissance, le courant de court-circuit et la tension en circuit ouvert.



Figure II. 2 : Les différents modules photovoltaïques.

a. Normalisation :

Les conditions standard de qualification des modules photovoltaïques sont:

- Un spectre AM 1.5 ;
- Un éclairement de $1000\text{W}/\text{m}^2$;
- Une température de 25°C . [3]

II.2.2. Les capteurs :

Les capteurs sont les premiers éléments de la chaîne de mesure, leur rôle essentiel est de traduire une grandeur physique ou chimique en une autre grandeur, généralement électrique, qui sera interprétée par des appareils appropriés.

On trouve plusieurs types selon l'utilisation, le besoin, capteur de température, capteur d'ensoleillement, capteur de tension et courant...etc.

II.2.2.1. Capteurs d'ensoleillement :

Concernant les instruments de mesure du rayonnement solaire au sol, on distingue plusieurs types de technologies, utilisées pour mesurer la puissance du rayonnement solaire entre autre :

- ✓ **Pyrhéliomètre** : utilisé pour la mesure du rayonnement solaire direct. Orienté, en permanence, vers le soleil, cet instrument ne mesure que le rayonnement provenant du seul disque solaire. [5]

- ✓ **Pyranomètre:** la mesure du rayonnement diffus est faite à l'aide d'un pyranomètre, duquel on a adjoint un écran occultant le rayonnement solaire. [5]

Et aussi utilisé pour la mesure rayonnement global. [5]

- ✓ **l'albédo-mètre :** utilisé pour la mesure de l'albédo (le rapport entre le rayonnement solaire réfléchi et le rayonnement solaire incident). [5]

La figure suivante présente les appareils de mesure les différents types de rayonnement :



Figure II.3 : Appareils de mesures. [2]

- ✓ **La cellule photovoltaïque :** c'est assemblage de photodiodes disposées pour favoriser une exposition maximale à la lumière. Elle permet de générer un courant électrique et une tension. On la qualifie de photopile.

La tension d'une cellule photovoltaïque au silicium est de l'ordre de 0.5V. Le courant dépend de la surface de la cellule.

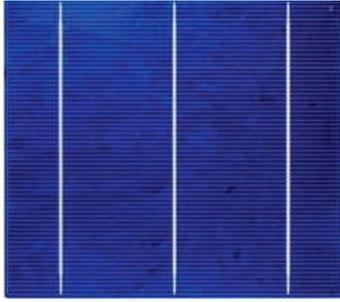


Figure II.4 : La cellule photovoltaïque

II.2.2.2. Capteurs de la température :

1. Capteurs à résistance :

L'effet de température T (mesurande) se traduit par une variation de la résistance R du capteur. On distingue deux types de capteurs à résistance : ceux dont la variation de la résistance est pratiquement linéaire (résistances métalliques) et ceux dont la variation n'est pas linéaire (thermistances).

a. Résistances métalliques :

La résistance croît avec la température, linéairement dans une grande plage et lentement aussi.

.

On trouve :

La sonde de température Pt1000 et Pt100: sont des capteurs utilisés dans l'industrie et les applications du photovoltaïque pour la mesure de la température dans une la plage allant de -200 à 650°C. Leurs résistances s'élèvent en fonction de l'augmentation de la température ambiante.

b. Les thermistances :

Une thermistance est un transducteur qui convertit une température, grandeur physique d'entrée E , en une valeur de résistance électrique, grandeur physique de sortie S .

Les thermistances sont réalisées à base de mélanges d'oxydes métalliques et de semi-conducteurs. On peut classer les thermistances en deux groupes :

- **CTN :**

Thermistance à coefficient négatif dont la résistance électrique augmente (respectivement diminue) quand la température diminue (respectivement augmente)

Les CTN sont utilisées pour la mesure des petites variations de température.

La résistance varie en fonction de la température selon la relation suivante

$$R(T) = \exp\left(B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right). [6]$$



Figure II.5 : CTN

- **CTP :**

Thermistance à coefficient de température positif dont la résistance électrique augmente (respectivement diminue) quand la température augmente (respectivement diminue)

La relation théorique est décrite comme suit : $R(T) = R_0 \exp b(T - T_0)$,

Avec B = coefficient de température. [6]



Figure II.6 : CTP.

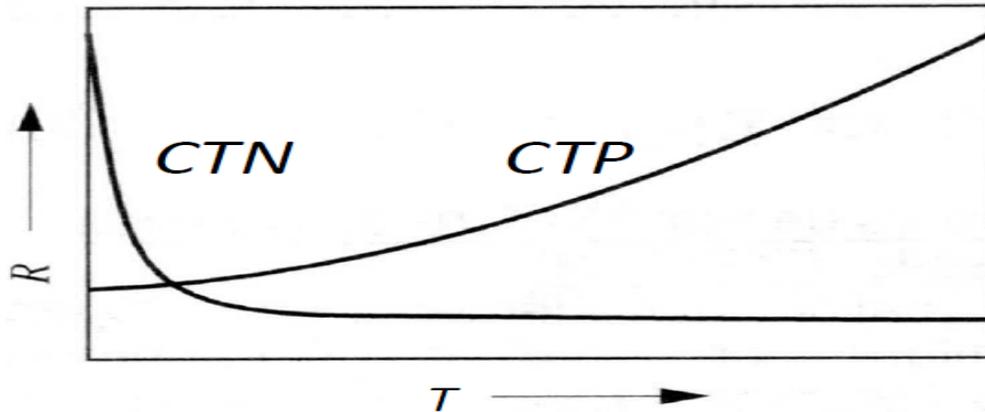


Figure II.7: Caractéristique R/T de la CTP et de la CTN. [6]

II.2.2.3. Saisie du courant et de la tension :

Dans le but de mesurer la puissance de sortie du générateur photovoltaïque, deux paramètres sont mesurés instantanément : le courant de sortie avec ou sans isolation galvanique ainsi que la tension de sortie. L'isolation galvanique représente l'absence de circulation de courant entre deux circuits.

II.2.3. Conditionneur de signal :

Les signaux obtenus via les capteurs ne sont pas toujours exploitables efficacement et parfois sont néfastes pour être traités directement. Donc les signaux mesurés à haute tension, les signaux extrêmement forts ou faibles, les signaux qui contiennent des bruits nécessitent le conditionnement qui assure un bon fonctionnement sécurisé. Nous allons parler maintenant sur les étapes principales constituant le bloc conditionnement de signal. [7]

a. Amplification :

Cette opération est indispensable puisque les signaux sont très faibles à la sortie du capteur, sans modifier leurs natures. Elle minimise l'effet des parasites, et permet d'atteindre une amplitude désirée à la sortie. [7]

b. Filtrage :

Les signaux obtenus toujours contiennent des perturbations ou des parasites. Si le signal parasite est faible par rapport au signal utile, le traitement n'est pas nécessaire, dans le cas contraire le signal parasite sera gênant et nécessite le filtrage. [7]

c. Conversion analogique numérique :

Après la conversion des grandeurs physiques en signaux électriques correctement conditionnés, ces valeurs doivent être numérisées pour les transférer aux calculateurs numériques ; on utilise pour cela des convertisseurs analogique/numériques(CAN), et pour le cas inverse des convertisseurs numérique/analogique(CNA). Cette conversion présente des avantages tels que facilités de mise en œuvre, excellente immunité au bruit, absence de dérive... [7]

d. Multiplexage :

Lors de mesure de plusieurs canaux, le stockage des données se fait dans le même emplacement, le multiplexeur joue un grand rôle dans l'acquisition séquentiel qui permet de sélectionner le capteur voulu et orienter ses données vers une adresse bien spécifiée. [7]

II.2.4. L'enregistrement des données par le Datalogger

L'enregistrement des données est une opération qui nécessite de l'ordre et qui doit être menée avec rigueur. Le but de l'enregistrement des données doit être clairement établi de façon à ce que les données collectées permettent un gain d'information maximum.

Le Datalogger a une très large application dans le domaine industriel et scientifique et un important rôle dans les systèmes d'acquisition de données. Dans notre projet qui consiste à faire un banc de mesure pour réaliser une installation PV, nous allons l'utiliser pour enregistrer les grandeurs de l'installation tels le rayonnement, la tension, le courant et la température du module photovoltaïque.

a. Définition et domaine d'application :

Le datalogger est un instrument électronique qui appartient au système d'acquisition et d'enregistrement de données, il peut fonctionner tout seul sans qu'il soit connecté à un ordinateur. Contrairement aux autres systèmes d'acquisition de données qui nécessitent la connexion à un ordinateur.

Le datalogger à une très large application, on le trouve dans les domaines suivants :

- Contrôle de la température, la pression, et d'autres facteurs climatiques dans les stations météo.
- La surveillance et le contrôle de la qualité dans les transformations des aliments.
- Contrôle des consommations et détections des dangers dans les usines.
- Etude de l'emplacement convenable pour les postes photovoltaïque
- Evaluation des installations photovoltaïque. [7]

b. Fonctionnement :

Il enregistre les mesures sur plusieurs canaux en même temps comme la température, l'humidité, l'intensité de la lumière, les débits, la pression, les niveaux et d'autres grandeurs électrique, physique ou biologiques. Il reçoit ces mesures via des capteurs, ensuite il stocke automatiquement ces données dans la mémoire interne à des intervalles régulier suivant l'ordre chronologique. Ces données peuvent être consultées en connectant le datalogger avec l'ordinateur. [7]

II.2.5. Communication du Datalogger avec ordinateur :

Pour la transmission des données le Datalogger est muni d'un port série RS232, qui est une norme standardisant un port de communication de type série. Disponible sur presque tous les PC, il est communément appelé le «port série». Sur le système d'exploitation MS-DOS qui équipait les PC, les ports RS-232 étaient désignés par les noms COM1, COM2, ect. Cela leur a aussi valu le surnom de «ports COM», encore utilisé de nos jours.

Il est fréquemment utilisé dans l'industrie pour connecter différents appareils électroniques (automate, appareil de mesure, etc,...). [7]

c. Utilisation des données enregistrées :

Les données enregistrées dans le datalogger, on les récupère à partir de l'ordinateur, ces données servent à calculer plusieurs paramètres comme : l'énergie, la puissance et le rendement.

1. La puissance : c'est l'énergie fournie par le module et mathématiquement le produit du courant et la tension $P=U*I$

2. Energie : c'est la capacité du module PV à produire de l'électricité mathématiquement, est le produit de la puissance et le temps d'utilisation du module photovoltaïque par exemple une pendant une année d'utilisation : $E=P*t$.

Conclusion :

Dans ce chapitre, j'ai présenté une étude sur la chaîne de mesure dans une installation photovoltaïque, en détaillons les différentes grandeurs et capteurs associés. Ainsi que la chaîne d'acquisition de données et l'enregistrement (Datalogger).

CHAPITRE

III

III.1. Introduction :

Dans ce chapitre, je présente notre installation photovoltaïque avec les différents matériels utilisés, afin d'obtenir des mesures qui seront enregistrés ensuite dans le Datalogger.

III.2. Description des mesures :

Notre but est de relever des mesures des différentes grandeurs suivantes :

- La température ambiante du site ainsi que la température du module.
- L'ensoleillement direct à l'aide d'une cellule de référence.
- L'ensoleillement global à l'aide du pyranomètre.
- Mesure des grandeurs de sortie : courant et tension.

Et pour cela on doit réaliser l'installation photovoltaïque suivante :

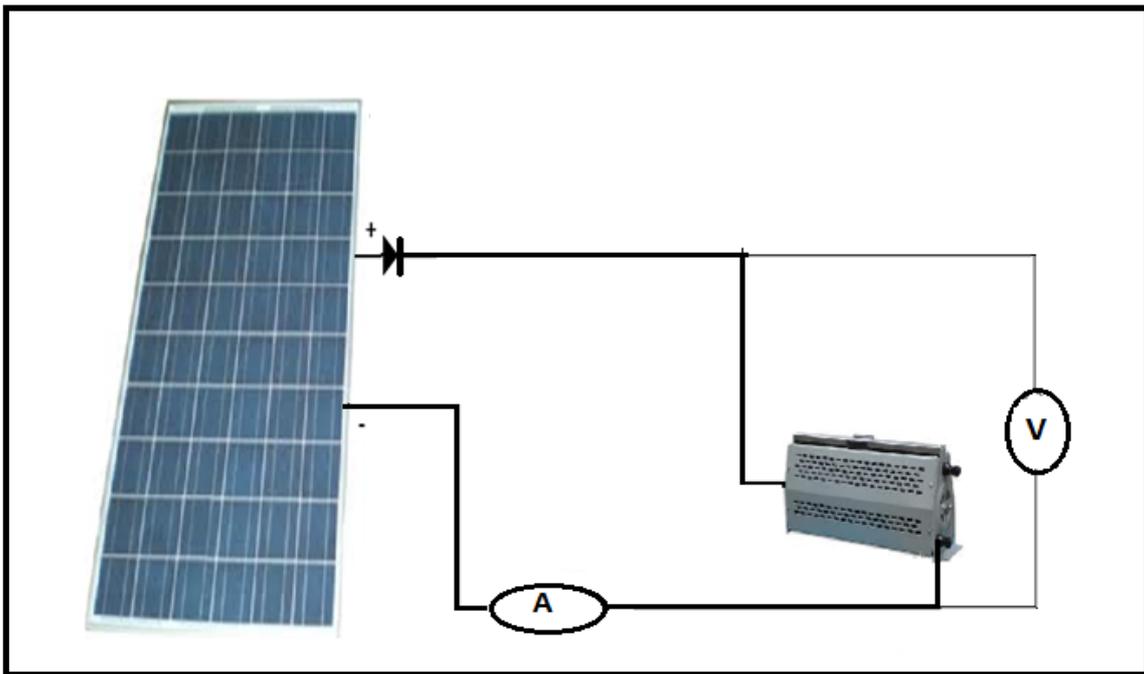


Figure III.1 : Montage de l'installation photovoltaïque principale.

III.3. Etude de l'installation :

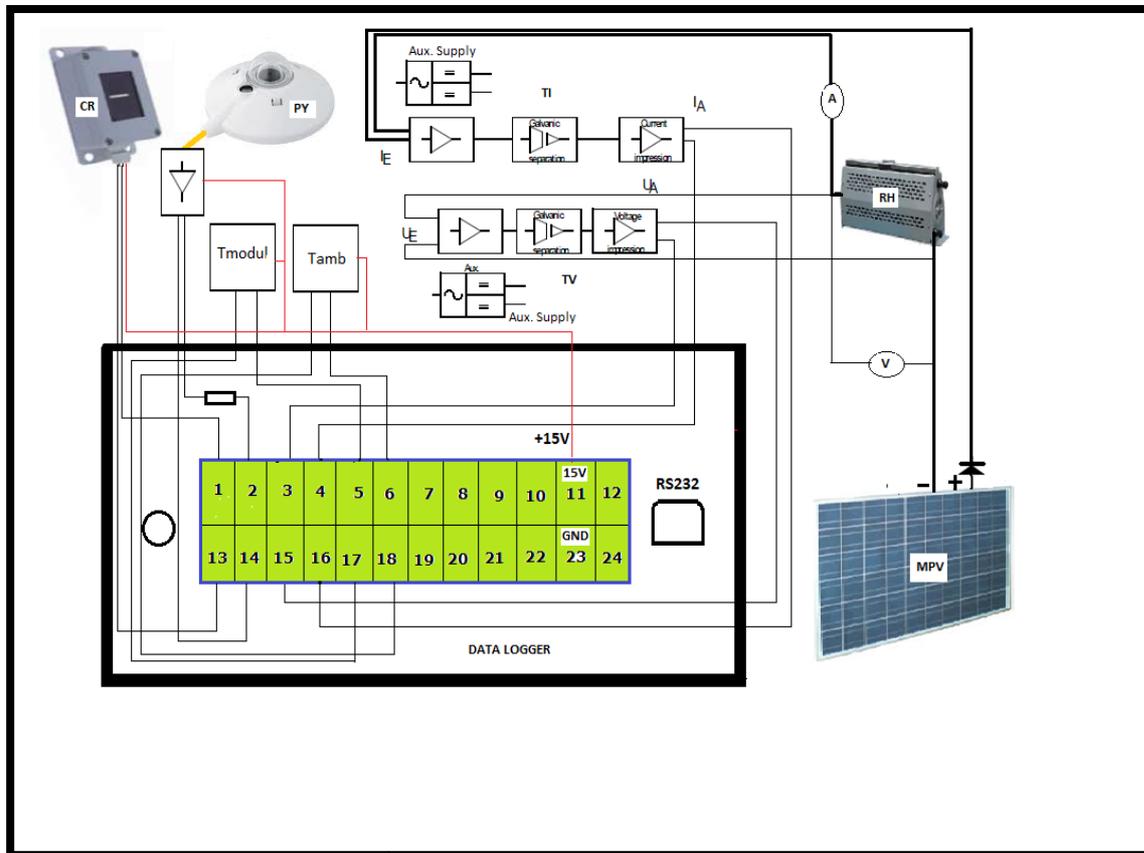


Figure III.2: Schéma de l'installation PV.

III.3.1. Différents matériels utilisés :

III.3.1.1. Module solaire :

Le module solaire utilisé est conçu par TENESOL (TOTAL & EDF GROUPS), spécialisée dans l'électricité photovoltaïque depuis 1983.

Les modules TENESOL utilisent la technologie des cellules multicristallines à haut rendement.

Les cellules sont assemblées (36 cellules) en série dans un module afin de produire une tension de 12, 24,48 Volts en courant continu. La puissance unitaire d'un module varie de 10 à 200 Wc.

Le TE1300 est un module structuré pour toiture terrasse, et est installé sur un support métallique incliné de 45°. [8]



Figure III.3 : Panneaux toiture terrasse.

Puissance	W	130	135	140
Puissance minimale	W	127.5	137.5	137.5
Puissance maximale		132.5	137.5	142.5
Tolérance	%	±1.9	±1.9	±1.8
Tension à puissance max V_{pm}	(V)	17.8	17.9	18.0
Intensité à puissance max I_{pm}	(A)	7.4	7.6	7.8
Tension courant ouvert	(V)	22.0	22.1	22.2
Courant de court circuit	(A)	8.0	8.1	8.2

Tableau III.4 : Les caractéristiques données par le constructeur.

I	V
0	7,6
1	7,6
2	7,6
3	7,6
4	7,6
5	7,6
6	7,6
7	7,6
8	7,6
9	7,58
10	7,55
11	7,53
12	7,5
13	7,48
14	7,44
15	7,42
16,8	7,35
17,8	7,2
18,45	6,8
19,4	6
19,9	5,1
20,4	4
20,9	3
21,3	2
21,7	1
22	0

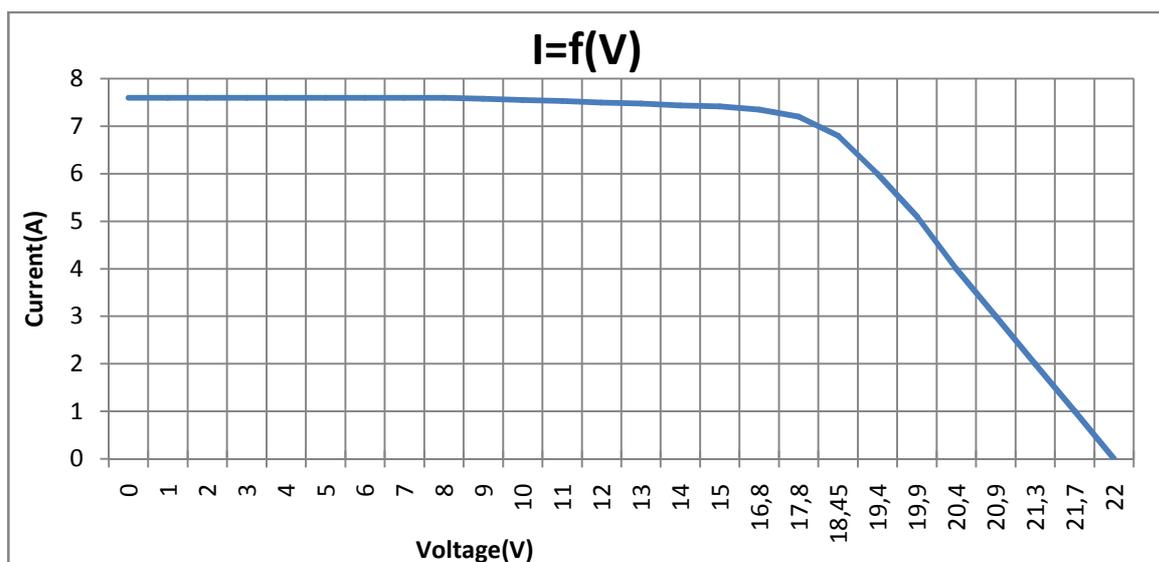


Figure III.5: Caractéristique $I=f(V)$ du panneau à $1000 W/m^2$ Et $25 ^\circ C$. [8].

III.3.1 .2. Capteurs de température du module :

Pour relever la température du module, on utilise un capteur en platine Pt1000 relié au datalogger à l'aide d'un câble. Sa gamme de mesure est $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ d'une précision de 1%, alimenté sous une tension de 15 à 24 V et un courant maximale de 20 mA délivre un signal de 4.20 mA. [9]

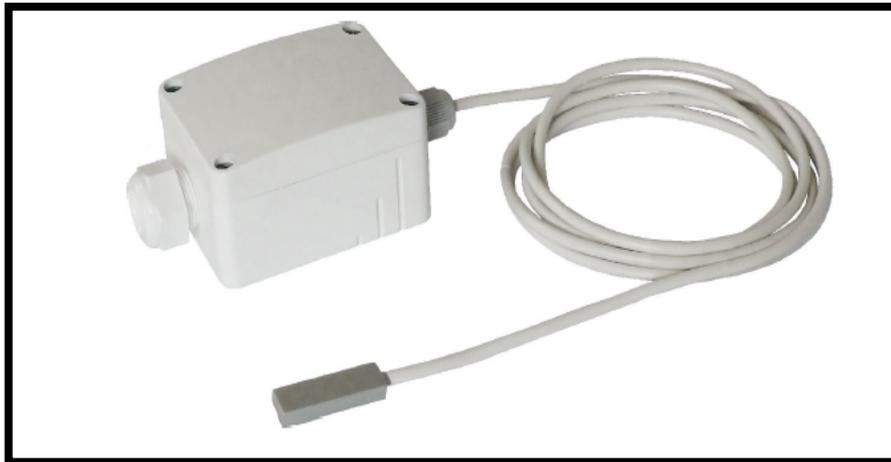


Figure III.6 : Capteur de température modulaire.

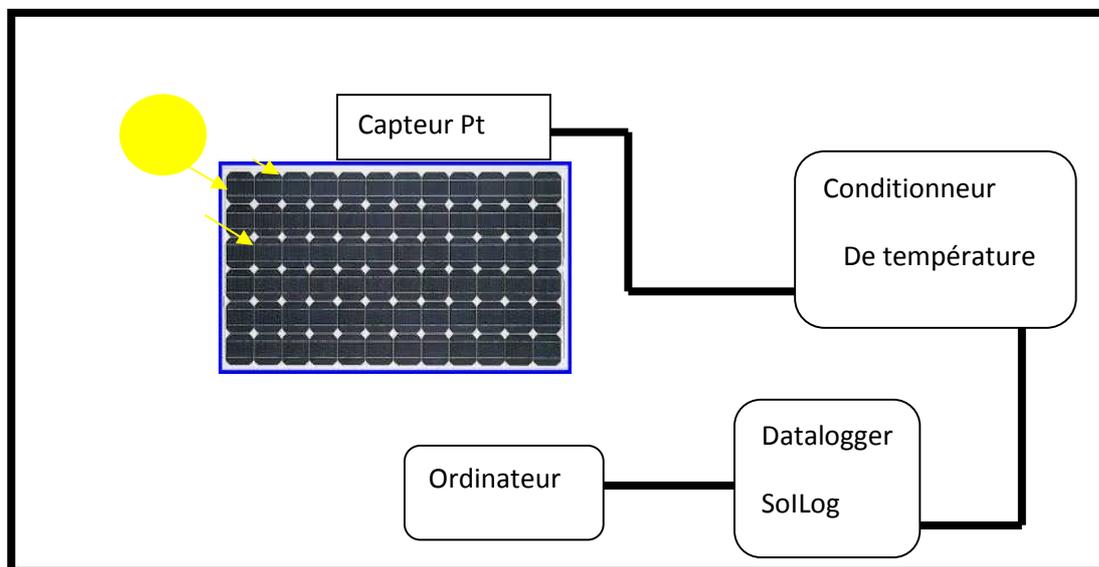


Figure III.7: Procédé de mesure de la température d'un module PV.

III.3.1 .3. Capteur de la température ambiante :

Pour relever la température ambiante sur site de l'installation du panneau PV, on utilise le capteur en platine (Pt1000), qui est connecté sur le module, il délivre un signal de 0.10V. Son intervalle de mesure c'est : -50 :+50°C.



Figure III.8 : Capteur de température ambiante. [9]

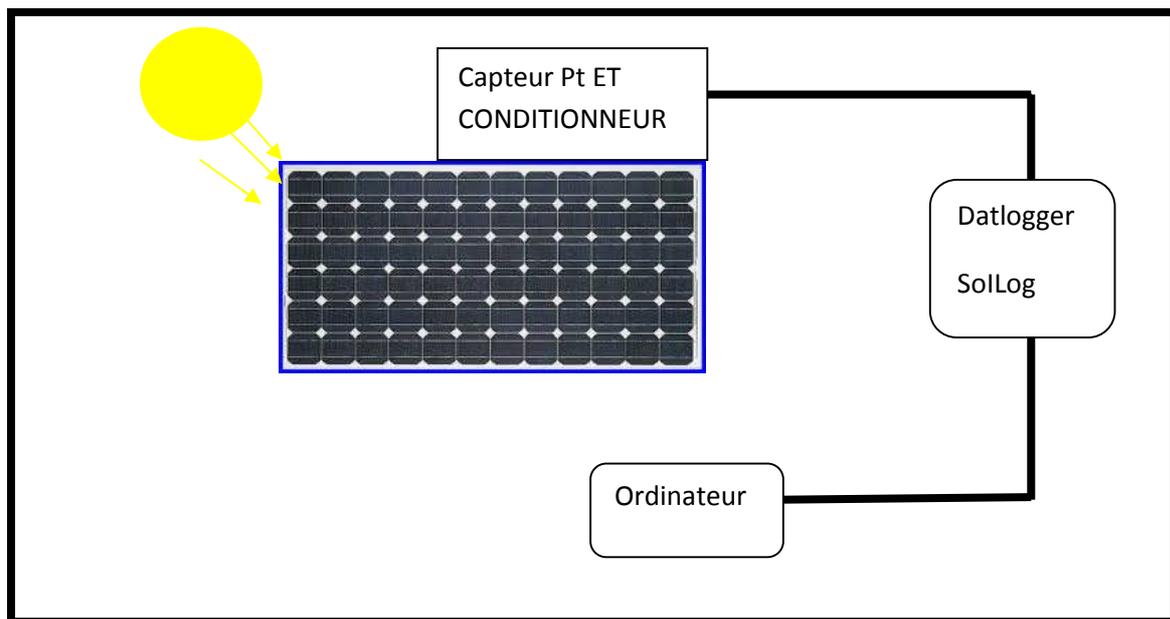


Figure III.9: Procédé de mesure de la température ambiante.

III.3.1 .4 . Capteurs d'ensoleillement :

Les capteurs d'ensoleillement sont des composants dont la sortie varie en fonction de l'intensité de la lumière.

a. Capteur du rayonnement direct :

La mesure du rayonnement sera avec une cellule de référence (**Si-01 TC**) qui transforme les rayons en une tension. Elle est installée sur le même support orientée dans la même direction que le module photovoltaïque.

Ce capteur est fabriqué avec une cellule solaire monocristalline.

La consommation du courant de Si-01TC est d'environ $15 \mu\text{A}$.

Ce capteur peut aussi mesurer la température dans la gamme (-20 à 70°C).



Figure III.10: La cellule de référence (Si-01 TC). [9]

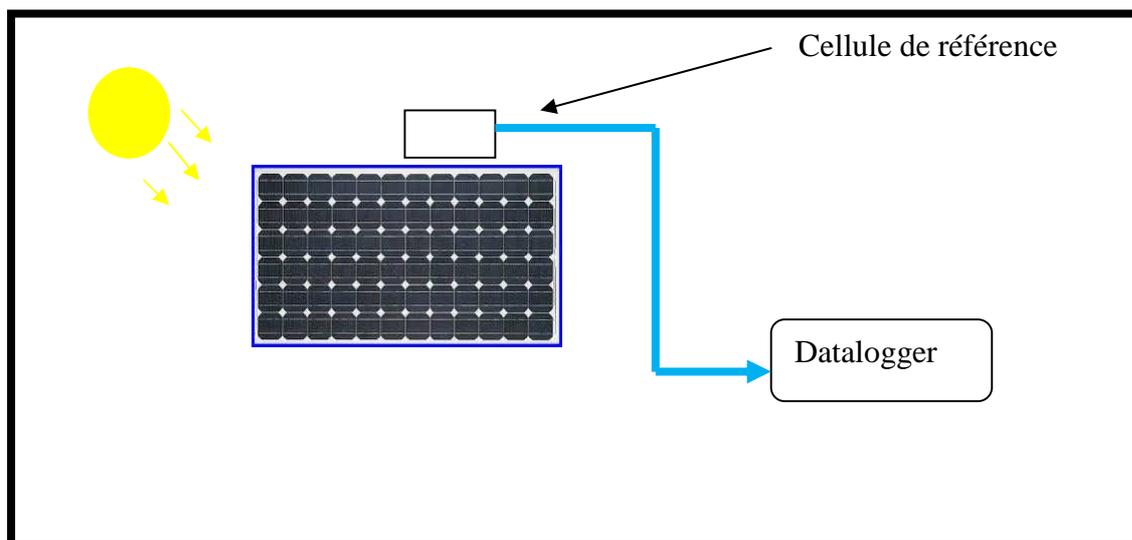


Figure III.11 : Procédé de mesure de l'ensoleillement.

III.3.1.5 : Mesure du courant et de la tension :

Afin de mesurer la puissance de sortie du générateur PV, deux paramètres sont mesurés instantanément : le courant de sortie ainsi que la tension.

Le courant sera mesuré à l'aide d'un ampèremètre et la tension à l'aide d'un voltmètre.

On utilise aussi un transducteur pour saisir le courant et la tension dans le datalogger

a. Transducteur : IgT-MU et UgT-MU

Ces deux transducteurs ;IgT-MU et UgT-MU servent à mesurer un courant et une tension par isolation galvanique, les sorties sont adaptées aux entrées du datalogger

Pour chacun d'eux, on peut avoir un courant ou une tension (0-20 mA /0-10 V et 4-20 mA /2-10V). Ils peuvent être alimentés en continu (24V) ou en alternatif (220V). [9]



Figure III.12 : Transducteur.

III.3.1.6. Datalogger SoILog:

SoILog est un datalogger avec 4 entrées analogiques et 4 entrées digitales, utilisé pour l'acquisition et l'enregistrement des valeurs mesurés.

Le Datalogger contrôle à la base les valeurs d'irradiation solaire et l'énergie PV.

Dans le cas d'erreur, une alarme sera activée et un message d'alarme sera envoyé par SMS, fax ou email.

Le câble RS232 est connecté au PC pour pouvoir configurer le datalogger et lire les données enregistrées. Le port RS 232 peut devenir un RS485 pour connecter plusieurs SoILog et avoir une grande distance (15m) entre le datalogger et le PC.[10]

De haut le SoILog admet 4 boutons pour la configuration.

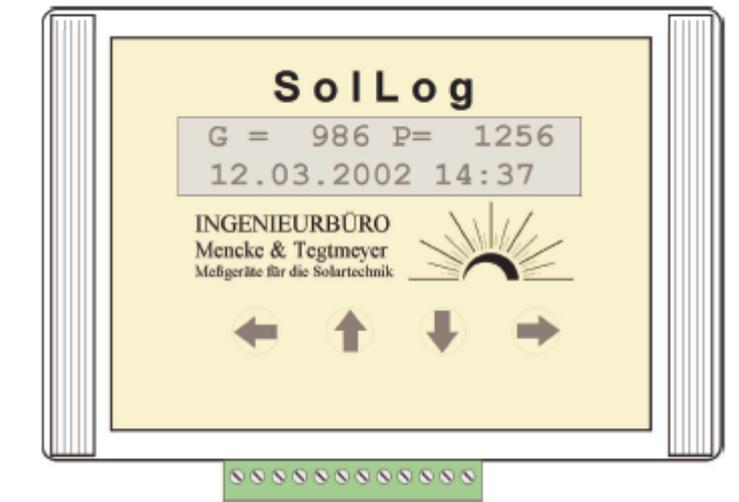


Figure III .13 : La vue du Datalogger du haut.

En bas, on trouve :

a. Les entrées analogiques :

Les quatre entrées analogiques sont arrangées aux connecteurs 1 au 4 (+signal) et 13 au 16 (- signal) et a une plage de 0 au 2 V respectivement 0 au 20 mA.

On peut associer un nom pour chaque entrée analogique, un rang et un offset. [10]

b. Les entrées analogiques additionnelles :

SoILog peut être délivré avec 8 entrées analogiques. Les entrées 5 au 8 sont assignées aux connecteurs 5 au 8 (-signal) et 17 au 20 (+signal). [10]

c. Les entrées digitales :

Les quatre entrées digitales sont assignées au connecteur 5 au 8 (+signal) et 17 au 20 (-signal). [10]

d. L'alimentation 5 V et 15 V :

Pour alimenter les capteurs on utilise les connecteurs 10 pour les 5 V et 23 pour GND

Le courant maximal utilisé est 110 mA ou 15 V aux connecteurs 11 et 23 (GND), et courant maximal utilisé est 110 mA. [10].

e. Le port RS232 :

Pour d'affichage on connecte le câble data RS232 entre le Datalogger et le PC, afin de visualiser les donnée. [10]

f. Alimentation :

On utilise une alimentation de 15 V (DC). Comme SoILog n'a pas de bouton d'allumage, donc il peut s'allumer et s'éteindre en connectant et en déconnectant la prise. [10]

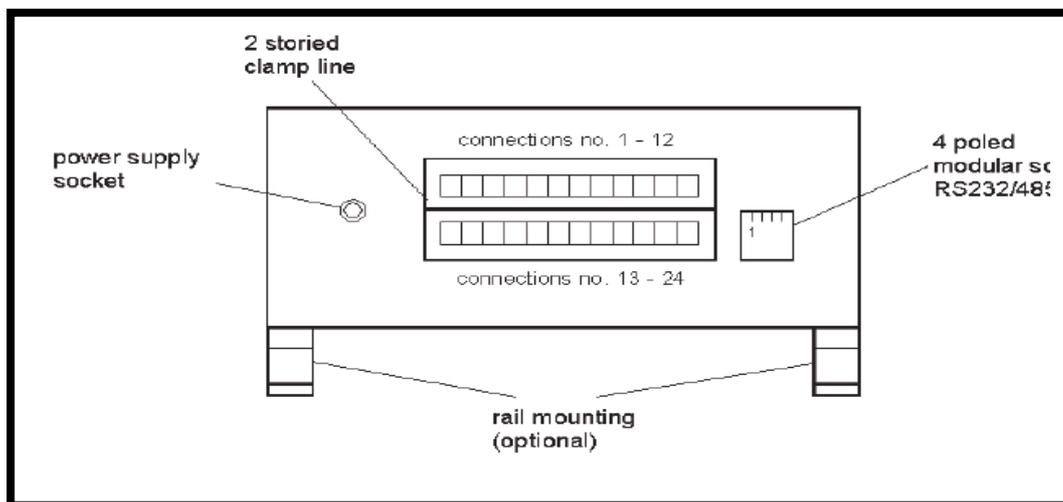


Figure III.14 : La vue de bas du SoILog. [10]

Number	Assignment	Number	Assignment
1	Analog 1 +	13	Analog 1 -
2	Analog 2 +	14	Analog 2 -
3	Analog 3 +	15	Analog 3 -
4	Analog 4 +	16	Analog 4 -
5	Digital 1 + / Analog 5 -	17	Digital 1 - / Analog 5 +
6	Digital 2 + / Analog 6 -	18	Digital 2 - / Analog 6 +
7	Digital 3 + / Analog 7 -	19	Digital 3 - / Analog 7 +
8	Digital 4 + / Analog 8 -	20	Digital 4 - / Analog 8 +
9	LCD 6 (TxD)	21	LCD 10 (GND)
10	5V supply output	22	LCD 1 (5 V)
11	15V supply output	23	GND
12	Alarm relais contact	24	Alarm relais contact

Figure III.15 : La connexion. [10]

Conclusion :

Dans ce chapitre, j'ai présenté les différents matériels utilisés dans l'installation disponible (capteurs, modules..) ainsi que l'unité d'acquisition de données, le datalogger (Sollog), disponible à l'université de Bejaïa, j'ai détaillé sa description.

CHAPITRE

IV

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, on présente les résultats obtenus à partir de l'installation réalisée pour des différents cas étudiés.

IV.2. Etude journalière des paramètres photovoltaïques :

L'étude est faite avec un module incliné de 45°C dirigé vers le sud, pour une journée bien ensoleillé le 01/10/2012 et pour différents horaires ; les résultats obtenus sont illustrés dans les figures ci-dessous.

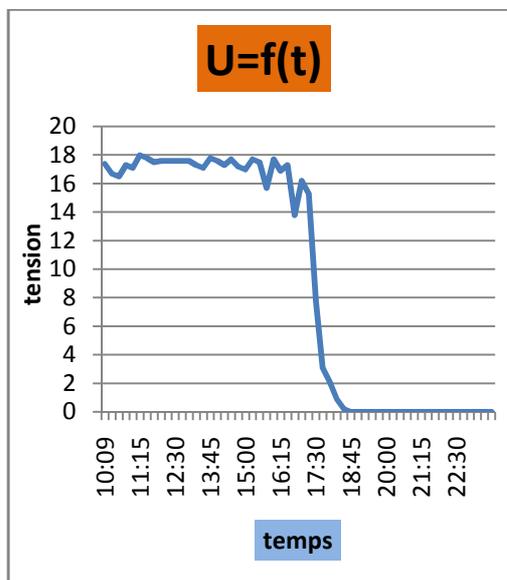
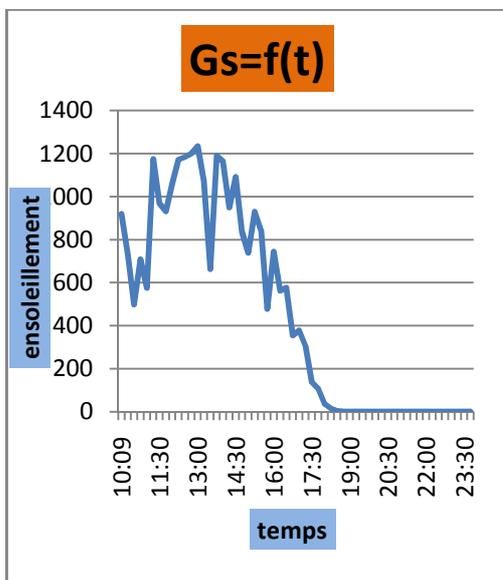


Figure IV.1 : caractéristique $G_s=f(t)$.

Figure IV.2 : caractéristique $U=f(t)$.

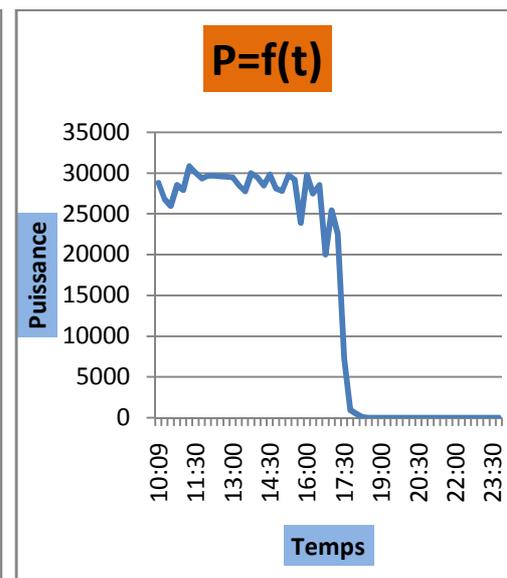
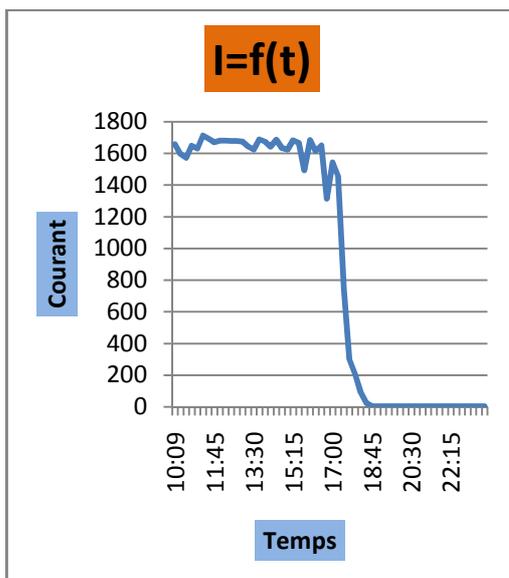


Figure IV.3 : caractéristique $I=f(t)$.

Figure IV.4 : caractéristique $P=f(t)$.

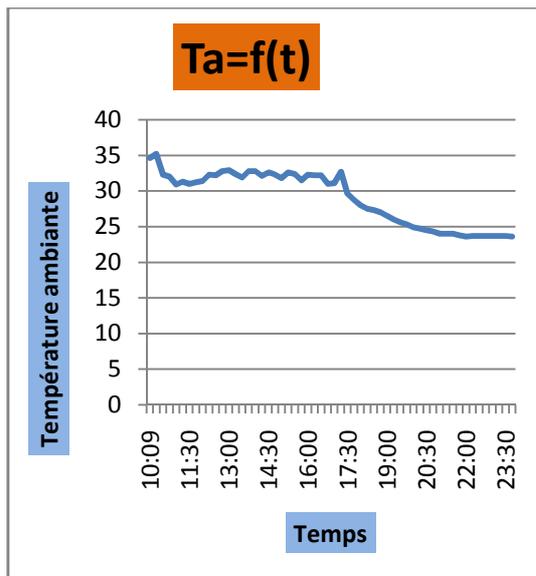


Figure IV.5 : caractéristique $T_a=f(t)$.

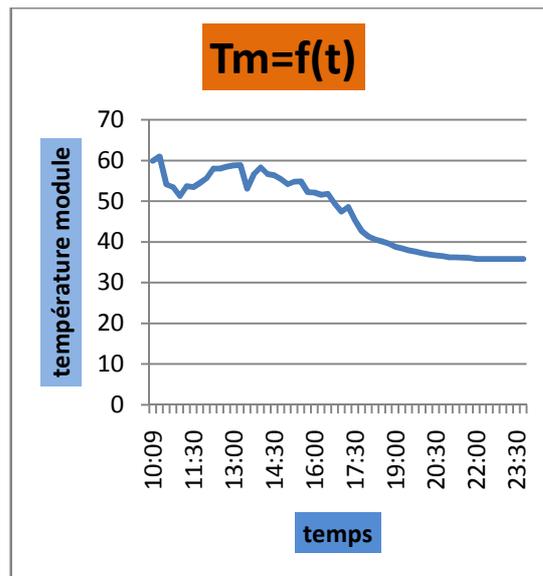


Figure IV.6: caractéristique $T_m=f(t)$.

On remarque que l'allure de la courbe de la variation de l'ensoleillement durant cette journée est sous forme de cloche

L'ensoleillement est élevé pendant les heures du matin jusqu'à midi, et atteint son maximum ; environ 1200 W/m^2 dans les heures d'après midi. Et commence à diminuer pour s'annuler pendant les heures du soir à partir du 18h.

On remarque que les valeurs de la tension, le courant et la puissance restent élevées et constantes entre 10h et 18 h d'environ, pendant qu'il y a un ensoleillement important et diminuent à partir de 18h .

Donc il y a une certaine proportionnalité entre l'ensoleillement et les paramètres électrique (tension, courant et puissance) .

La température ambiante est 35°C pendant la journée et diminue pour atteindre 25°C pendant la nuit.

La température du module reste constante dans la plage $50^\circ\text{C} \dots 60^\circ\text{C}$ pendant la journée et subit une petite diminution pour atteindre environ 35°C dans les heures du soir.

IV.3. Etude mensuel des paramètres photovoltaïques :

Pour le mois d'octobre 2012 et pour différents horaire ; $t=10h$, $t=12h$ et $t=14h$,

les résultats obtenus sont illustrés dans les figures ci-dessous :

IV.3.1 : L'heure $t=10h$:

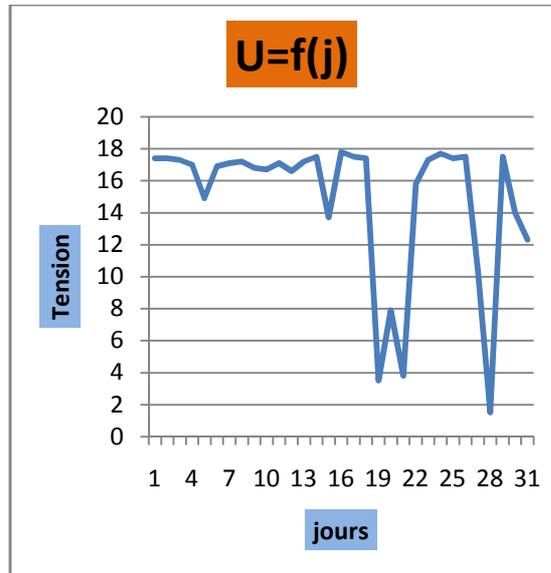
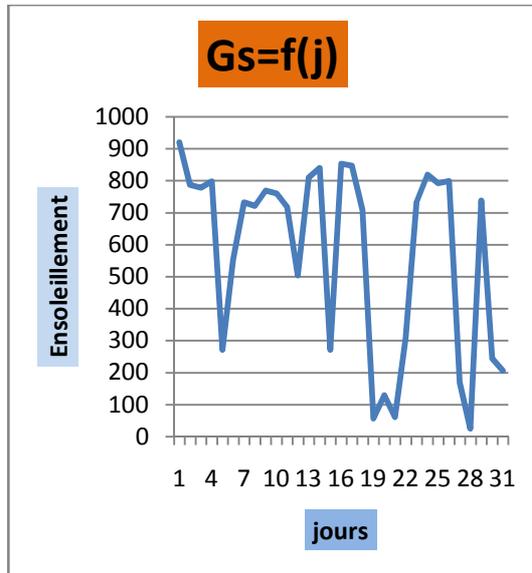


Figure IV.7 : caractéristique $G_s=f(j)$.

Figure IV.8 : caractéristique $U=f(j)$.

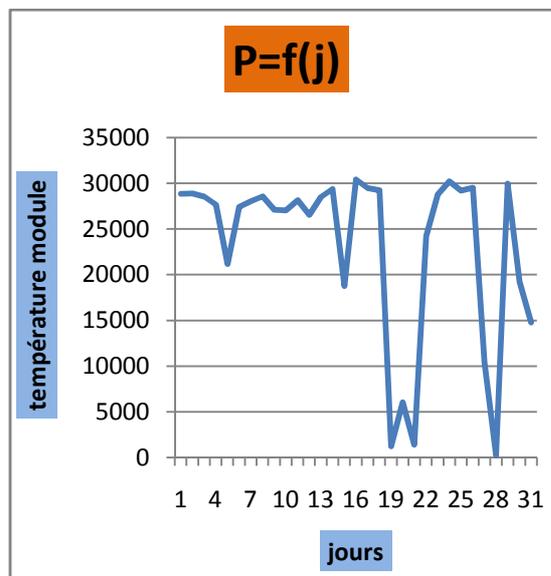
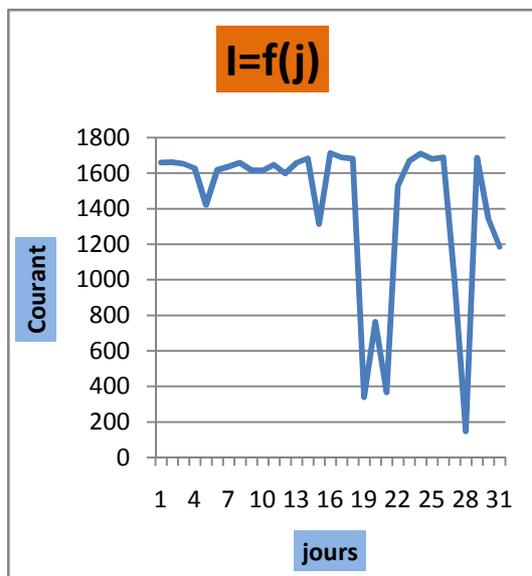


Figure IV.9 : caractéristique $I=f(J)$.

Figure IV.10 : caractéristique $P=f(j)$.

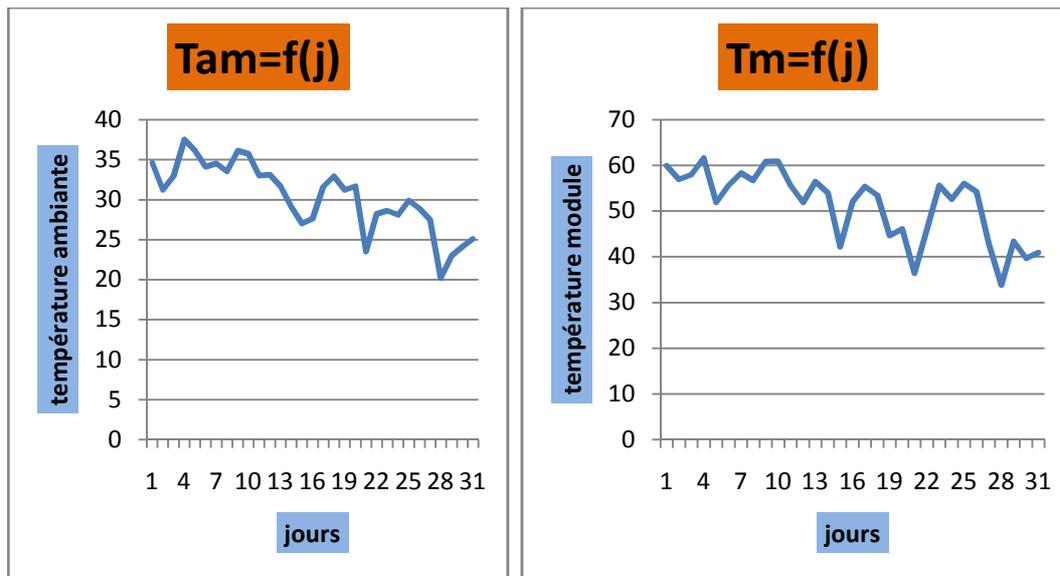


Figure IV.11 : caractéristique $T_{am}=f(j)$. **Figure IV.12** : caractéristique $T_m=f(j)$.

La figure de l'ensoleillement montre que son maximum à 10h du matin est entre $700 W/m^2$ et $900 W/m^2$, et subit des petites chute entre temps, due au climat (nuages..) qui varie d'une journée à une autre durant le mois.

On remarque que le courant, la tension et la puissance suit l'ensoleillement durant cette heure dans sa variation.

La température ambiante est 35°C et diminue pour atteindre 25°C la fin du mois due aux conditions climatique.

La température du module est 60°C et diminue pour atteindre 40°C à la fin du mois due aux conditions climatique.

IV.3.2. L'heure t=12h :

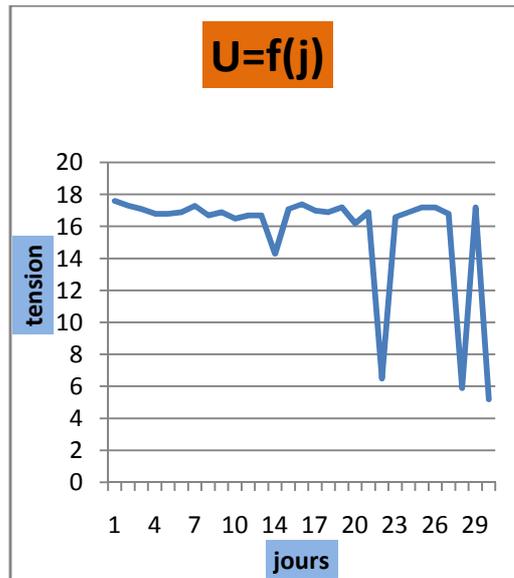
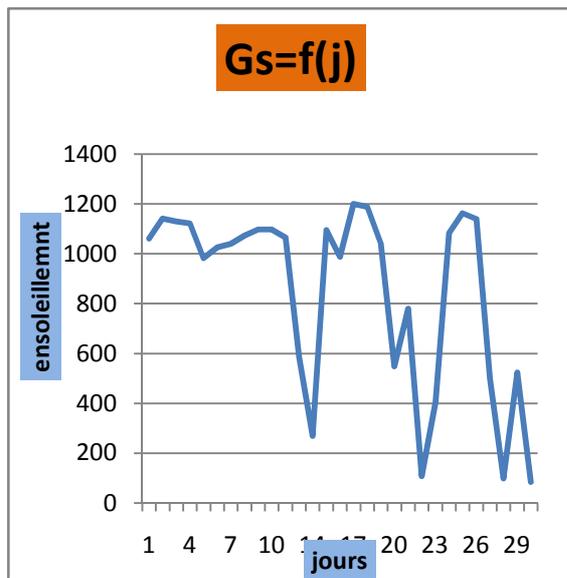


Figure IV.13 : caractéristique $G_s=f(j)$.

Figure IV.14 : caractéristique $U=f(j)$.

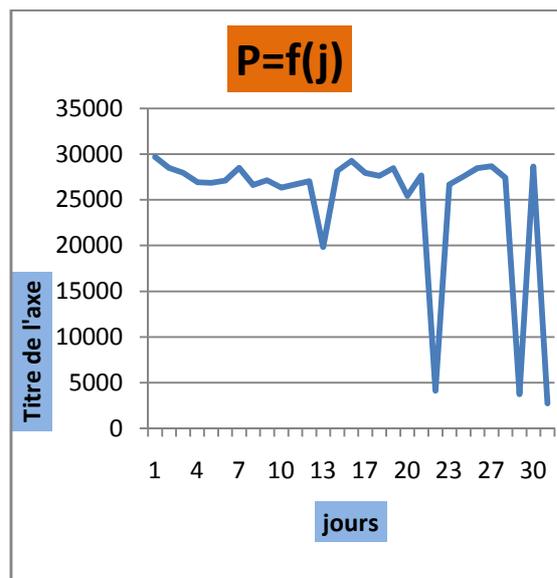
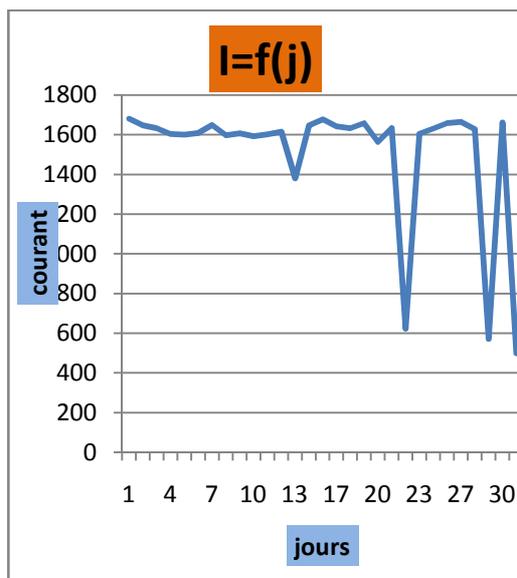


Figure IV.15: caractéristique $I=f(j)$.

Figure IV.16 : caractéristique $P=f(j)$.

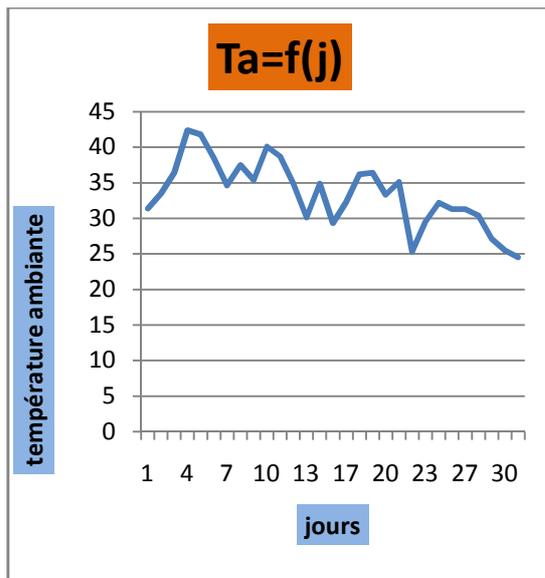


Figure IV.17 : caractéristique $T_a=f(j)$.

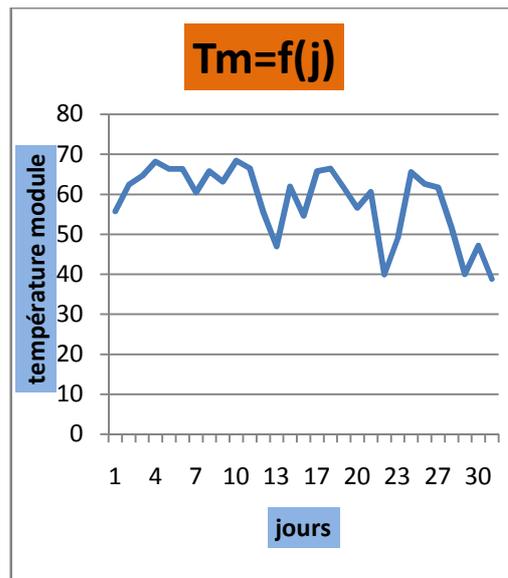


Figure IV.18 : caractéristique $T_m=f(j)$.

La figure de l'ensoleillement montre que son maximum à 12h du matin est entre $1000 W/m^2$ et $1200 W/m^2$, et subit des petites chute entre temps, due au climat ; nuages...etc.

Le courant , la tension et la puissance restent constant ou il y a un ensoleillement constant et subit une augmentation ou une diminution respectivement quand l'ensoleillement augmente ou diminue.

Pour la température ambiante est à peu près $35^\circ C$ et subit des petites variations pour atteindre $25^\circ C$ à la fin du mois, par contre la température du module est entre $70^\circ C$ et $40^\circ C$ à la fin du mois .

IV.3.3. L'heure t=14h :

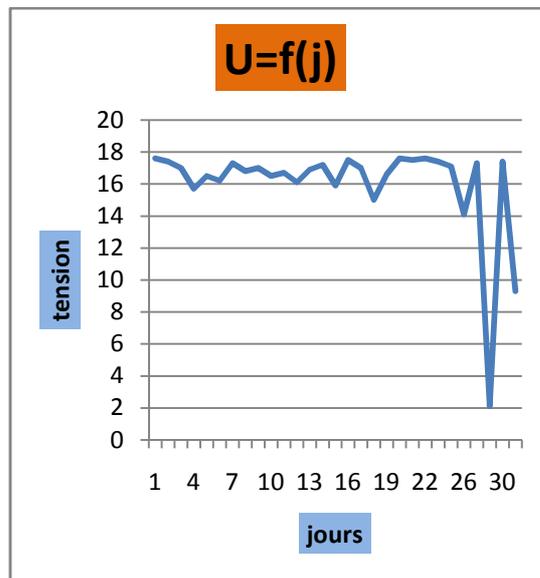
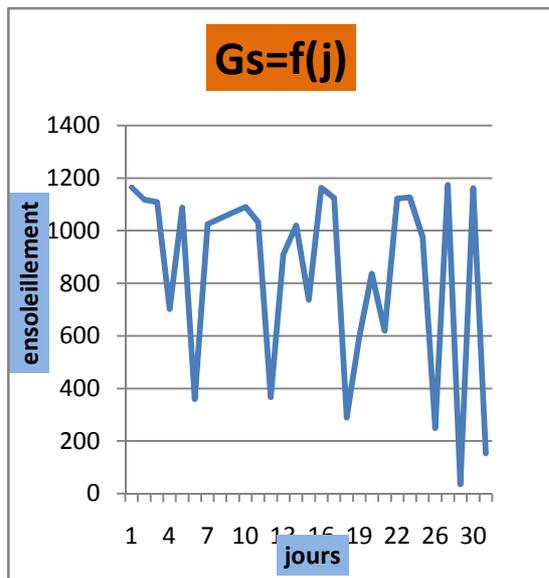


Figure IV.19 : caractéristique $G_s=f(t)$.

Figure IV.20 : caractéristique $U=f(j)$.

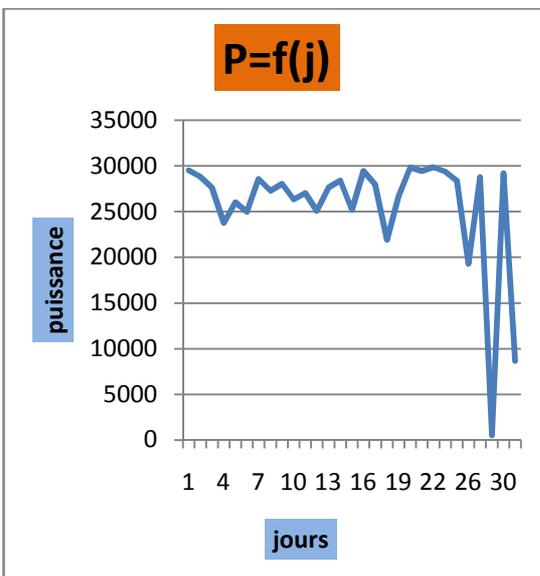
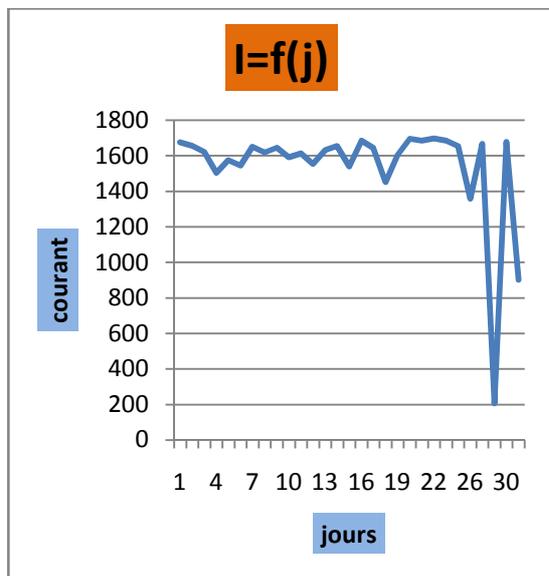


Figure IV.21 : caractéristique $I=f(j)$.

Figure IV.22 : caractéristique $P=f(j)$.

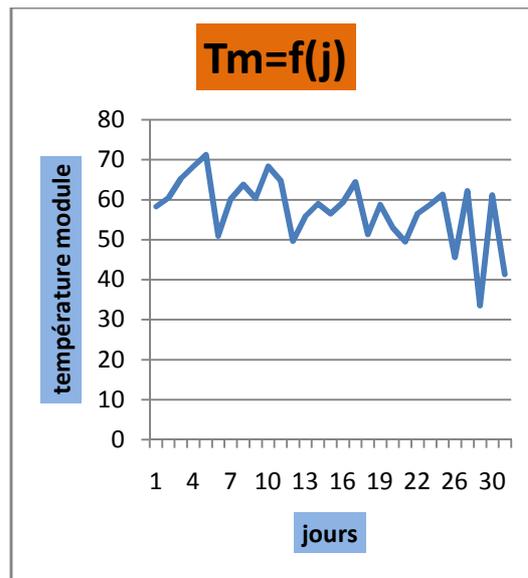
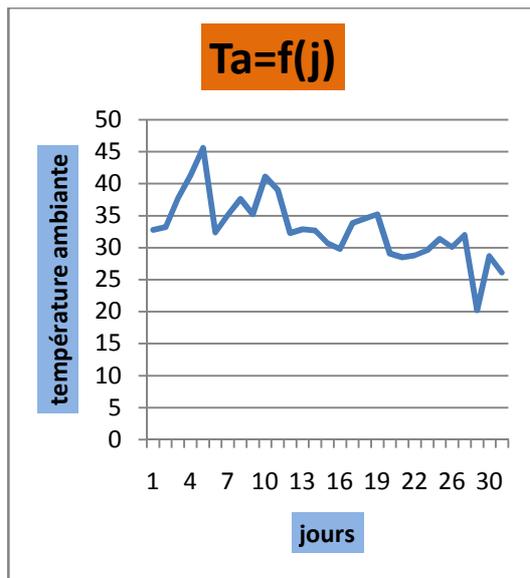


Figure IV.23 : caractéristique $T_a=f(j)$. **Figure IV.24** : caractéristique $T_m=f(j)$.

La figure de l'ensoleillement montre que son maximum à 14h est entre 1000 W/m^2 et 1200 W/m^2 , et subit des petites chute entre temps, dues au climat ; nuages...etc.

Le courant , la tension et la puissance restent constant ou il y a un ensoleillement constant et subit une augmentation ou une diminution respectivement quand l'ensoleillement augmente ou diminue.

Pour la température ambiante est entre 20°C et 45°C , par contre la température du module est entre 40°C et 70°C .

Dans les trois horaires, la tension reste presque constante avec une valeur entre 16 V et 18 V. Et le courant est d'environ 1.8 A. Et comme la puissance c'est le produit de ces deux paramètres, donc elle dépend d'eux, et varie selon leur variation.

IV.4. Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté toutes les caractéristiques obtenues du système photovoltaïque réalisé. Cette étude montre la relation entre l'ensoleillement et les différents paramètres électrique (Tension, courant et puissance).

Conclusion Générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce mémoire on a présenté une étude sur les bancs de mesures pour installation photovoltaïque. L'étude porte aussi sur l'utilisation de datalogger pour l'enregistrement des différentes grandeurs de l'installation.

On a commencé par définir le rayonnement et la conversion de l'énergie photovoltaïque en énergie électrique, puis une étude sur les installations et la constitution des systèmes photovoltaïques. Nous avons donné les méthodes d'utilisations du datalogger pour la mesure des grandeurs photovoltaïque une présentation de l'ensemble de l'installation avec l'association des différents composants de mesure et leurs caractéristiques. Et pour conclure on a présenté les différentes mesures et résultats obtenues et dessiner les graphes des différents paramètres suivis des commentaires.

Ce travail m'a permis de réaliser des mesures sur le générateur photovoltaïque au niveau de laboratoire de Bejaïa. Les réalisations et l'exploitation et la documentation technique m'ont permis d'approfondir mes connaissances théoriques et pratiques et en même temps d'aborder un nouveau domaine, celui des énergies renouvelables.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques :

[1] : ANNE LABOURET, MICHEL VILLOZ , Energie solaire photovoltaïque. 3ème édition DUNOD, Décembre 2007.

[2] :Helali Kamelia Mémoire de Magister en electrotechnique option : machines electriques , «Modélisation D'une Cellule Photovoltaïque : Etude Comparative»,promotion 2012, universite de Tizi-Ouzou.

[3] : Bendjellouli Zakaria Mémoire Pour l'Obtention du Diplôme de Magistère En : Micro-électronique-photovoltaïque, «Contribution a la modélisation d'une cellule solaire» promotion 2009, université de Bechar.

[4] :M Mazouz Karim. Mémoire de fin d'étude en Master en électronique Option Automatismes Industriels , «Etude d'une batterie de stockage dans un système photovoltaïque» promotion 2012, université A.Mira.

[5] : Extrait du Portail Algérien des énergies renouvelables
<http://portail.cder.dz/spip.php?article4754>

[6] : support du cours de mesures et capteur master1 présenté par M Arkoub, université A. Mira.

[7] : M Bakouchee Nadir «Contrôle et supervision d'une installation photovoltaïque» Mémoire de fin d'étude en master en électronique, Option : Automatique ;promotion 2010-2011,université A. Mira.

[8] : Manuel technique de Tenesol.

[9] : Manuel technique des capteurs .

[10] : Manuel technique de SoILog.

Références Bibliographiques

ANNEXE

Date et heure	Gs	U	I	Ta	Tm	P
01.10.2012 10:09	919,4	17,4	1659	34,6	59,9	28836,7
01.10.2012 10:15	727,3	16,7	1596,6	35,2	61	26835,8
01.10.2012 10:30	498,2	16,5	1572	32,3	54,1	25965,4
01.10.2012 10:45	708,8	17,3	1648,1	32	53,5	28555
01.10.2012 11:00	575,1	17,1	1630,5	30,9	51,3	27914,4
01.10.2012 11:15	1174,3	18	1713,4	31,3	53,7	30864,8
01.10.2012 11:30	968,2	17,8	1693,6	31	53,5	30100,2
01.10.2012 11:45	931,6	17,5	1671,5	31,2	54,5	29340
01.10.2012 12:00	1061,7	17,6	1680,7	31,4	55,7	29693,7
01.10.2012 12:15	1171,3	17,6	1681,6	32,3	58	29683,5
01.10.2012 12:30	1183,3	17,6	1679,5	32,2	58	29604,4
01.10.2012 12:45	1199,2	17,6	1678,8	32,8	58,5	29578,4
01.10.2012 13:00	1233,7	17,6	1675,3	32,9	58,8	29487
01.10.2012 13:15	1071,3	17,3	1644,3	32,4	58,9	28504,6
01.10.2012 13:30	662,4	17,1	1624,1	31,9	53,1	27781,2
01.10.2012 13:45	1189,7	17,8	1689,5	32,8	56,7	29995,3
01.10.2012 14:00	1163,7	17,6	1675,6	32,8	58,3	29486,1
01.10.2012 14:15	948,8	17,3	1642,7	32,1	56,7	28489,3
01.10.2012 14:30	1091,1	17,7	1686,4	32,6	56,4	29837,2
01.10.2012 14:45	837,3	17,2	1635,6	32,3	55,4	28132
01.10.2012 15:00	738,4	17	1624,9	31,8	54,2	27803,2
01.10.2012 15:15	929,4	17,7	1683,8	32,6	54,8	29768,6
01.10.2012 15:30	842,4	17,5	1667,9	32,4	54,9	29203,2
01.10.2012 15:45	476,5	15,7	1493,2	31,5	52,2	23876
01.10.2012 16:00	743,6	17,7	1684,2	32,3	52,1	29755,5
01.10.2012 16:15	562,1	16,9	1615,4	32,2	51,6	27481,2
01.10.2012 16:30	576,9	17,3	1651,1	32,2	51,8	28567,1
01.10.2012 16:45	353,4	13,8	1313,9	31	49,4	20034,3
01.10.2012 17:00	377,7	16,2	1543,5	31,1	47,4	25444,2
01.10.2012 17:15	303,2	15,3	1456,4	32,7	48,6	22564
01.10.2012 17:30	139,1	7,8	743,9	29,6	45,3	7282
01.10.2012 17:45	106,9	3,1	299,4	28,7	42,6	941,5
01.10.2012 18:00	36,7	2,1	206,3	28	41,3	454
01.10.2012 18:15	15,8	0,9	92,5	27,5	40,6	97,2
01.10.2012 18:30	3,6	0,2	23,3	27,3	40,1	7
01.10.2012 18:45	0,7	0	4	27	39,6	0,1
01.10.2012 19:00	0,7	0	3,9	26,5	38,8	0,1
01.10.2012 19:15	0,7	0	3,9	26	38,4	0,1
01.10.2012 19:30	0,7	0	3,9	25,6	37,9	0,1
01.10.2012 19:45	0,6	0	3,9	25,3	37,6	0,1
01.10.2012 20:00	0,7	0	3,9	24,9	37,2	0,1
01.10.2012 20:15	0,6	0	3,9	24,7	36,9	0,1
01.10.2012 20:30	0,6	0	3,9	24,5	36,7	0,1

01.10.2012 20:45	0,6	0	3,8	24,3	36,5	0,1
01.10.2012 21:00	0,6	0	3,9	24	36,2	0,1
01.10.2012 21:15	0,6	0	3,8	24	36,2	0,1
01.10.2012 21:30	0,6	0	3,8	24	36,1	0,1
01.10.2012 21:45	0,6	0	3,8	23,8	36	0,1
01.10.2012 22:00	0,6	0	3,9	23,6	35,8	0,1
01.10.2012 22:15	0,6	0	3,9	23,7	35,8	0,1
01.10.2012 22:30	0,6	0	3,8	23,7	35,8	0,1
01.10.2012 22:45	0,6	0	3,8	23,7	35,8	0,1
01.10.2012 23:00	0,6	0	3,8	23,7	35,8	0,1
01.10.2012 23:15	0,6	0	3,8	23,7	35,8	0,1
01.10.2012 23:30	0,6	0	3,8	23,7	35,8	0,1
01.10.2012 23:45	0,6	0	3,8	23,6	35,8	0,1

► TE1300

Electrical characteristics TE1300

Nominal Power (STC)	Wp	130 ¹	135	140
Minimum power		127.5	132.5	137.5
Maximum power		132.5	137.5	142.5
Sorting limits	Wp	-2.5/+2.5		
Sorting limits	%	±1.9	±1.9	±1.8
Voltage at max. power	(V)	17.8	17.9	18.0
Current at max. power	(A)	7.4	7.6	7.8
Open circuit voltage	(V)	22.0	22.1	22.2
Short circuit current	(A)	8.0	8.1	8.2

According to specifications at STC: Irradiation 1000 W/m²; AM 1.5; Cell at ambient Temperature T: 25°C.
 (1) : Module available upon request.

Nominal Pow. 45°C/800W/m ²	Wp	97.3	100.5	103.7
Voltage at max. power	(V)	16.2	16.3	16.4
Current at max. power	(A)	6.0	6.2	6.3
Open circuit voltage	(V)	20.4	20.5	20.6
Short circuit current	(A)	6.5	6.6	6.6

NOCT tests realized with a maximum power (in Wp), junction temperature 45 °C; irradiation 800 W/m²; Am 1,5 ; Ambient temperature 20 °C; Windspeed 1 m/sec.

Temperature coefficients	
Temperature Coefficient of Voltage	- 77,4 mV/°C
Temperature Coefficient of Current	+ 4.4 mA/°C
Temperature Coefficient of Power	- 0,46 %/°C
NOCT	45 °C

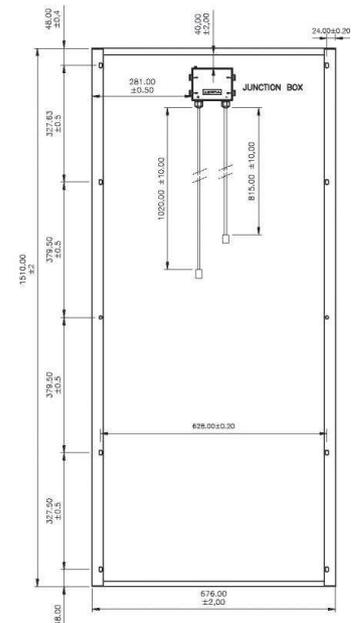
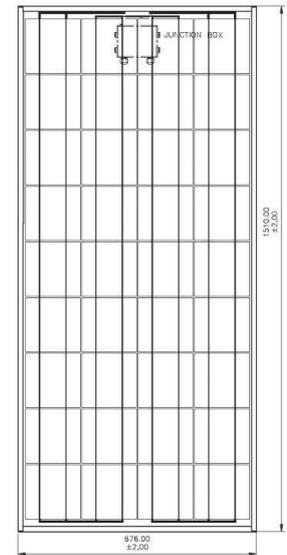
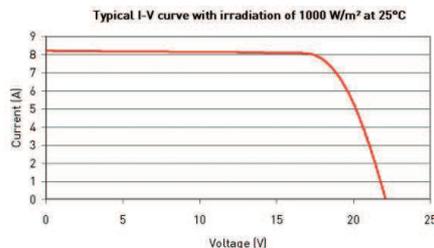
Cells	
Size	156 x 156 mm
Layout	36 cellules / 4 x 9
Type	Multicrystalline

General information	
Maximum system voltage	715 V
Maximum reverse current	17 A
Type of connection	Tyco connectors
Diodes	2 by-pass
Junction Box	IP55
Weight	13 kg
Operating ambient temperature	-40 / +85°C

Certifications	
	IEC61215 + IEC61730

Warranty	
Product warranty	10 years
Power warranty (*)	25 years - 80 % of minimal power 10 years - 90 % of minimal power

Irradiant dependency			
Irradiation (W/m ²)	Pm	Vpm	lpm
1000	1	1	1
800	0,799	0,999	0.8
500	0,497	0,994	0.5
400	0,394	0,986	0.4
300	0,291	0,970	0.3
200	0,187	0,936	0.2
100	0,086	0,862	0.1



Résumé :

La production d'énergie électrique est un défi de grande importance pour les années à venir. Ce travail porte une étude sur l'installation d'un système photovoltaïque au niveau de l'université de Bejaïa, dans un cadre pédagogique, y compris une discussion des résultats des différents paramètres électrique relevés sur le site de l'installation.

