

Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou

Faculté de Génie Électrique et Informatique

Département d'électronique



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : sciences et technologies

Filière : Génie électrique

Spécialité: Matériaux et dispositifs pour l'électronique et photovoltaïque

Présenté par :

ALILI Azouaou

Thème

Conception et réalisation d'une carte de gestion d'un système photovoltaïque par carte Arduino Due.

(Cas d'une station sismologique en site isolé)

Soutenu publiquement

Le : 29/06/2017

Devant le jury :

M. BENAAMANE Kamel Président UMMTO

M. TAHANOUT Mohand Examineur UMMTO

M. ZIRMI Rachid Encadreur/rapporteur UMMTO

Année Universitaire : 2016 /2017

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier en premier lieu le Directeur Général du CRAAG Monsieur Abdelkrim YELLES-CHAOUICHE, qui n'a ménagé aucun effort pour m'avoir donné l'autorisation me permettant de préparer ce Master.

Mes remerciements vont également à Monsieur Mohand Said BELKAID Doyen de la faculté Génie Électrique et Informatique pour son accueil au sein de la faculté, son soutien et ces conseils permanents.

Mes remerciements et gratitudes à mon promoteur Monsieur Rachid ZIRMI d'avoir mis à mon entière disposition sa précieuse expérience et toute l'aide technique, matérielle et morale dont j'avais eu besoin.

Mes remerciements vont également à Monsieur Amar HADJ ARAB Directeur de Recherche et Chef de Division au CDER, pour son soutien et ces conseils.

Mes vifs remerciements vont aussi aux président et membres du jury, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mes remerciements vont également à tous les enseignants ainsi que les étudiants de la promotion Master MDEP.

De même, je ne saurais oublier la direction du CRAAG, ainsi que tous mes collègues et plus particulièrement à Rabah IKHLEF pour son aide.

En fin je ne saurais oublier toutes les personnes qui m'ont apporté leurs soutiens de près ou de loin durant la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail

- *A mes parents.*
- *A ma femme et mes enfants.*
- *A toute la famille.*
- *A tous mes amis.*

NOMENCLATURE

A_g	Surface utile du générateur PV (m^2)
α	Coefficient de température
C_A	Capacité du générateur PV
C_S	Capacité du système de stockage
C_U	Capacité utile des batteries
d_j	Durée astronomique du jour (h)
E_{Cj}	Demande énergétique de l'installation (Wh/j)
E_d	Énergie disponible au dessus du seuil I_c (W/m^2)
E_{pg}	Energie journalière que doit produire le générateur PV (Wh/j)
E_{pm}	Energie produite par un module photovoltaïque (Wh/j)
E_s	Surplus d'énergie dans le système PV (W)
F_{CB}	Facteur de correction de la capacité de la batterie par rapport à la capacité en C_{10}
Fr	Facteur de remplissage du module photovoltaïque
G	Eclairement global incident sur la cellule (W/m^2)
$G(\beta)$	Irradiation journalière reçu sur la surface du générateur (Wh/m^2)
I_0	Courant de saturation de la diode ou courant à l'obscurité (A)
I_c	Seuil d'éclairement (utilisabilité)
I_L	Courant photogénèse sous éclairement (A)
I_{SC}	Courant de court-circuit (A)

I_m	Courant maximal de la cellule (A)
k	Constante de Boltzmann ($1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$)
L_h	Valeur maximale de la consommation horaire (W)
L_j	Consommation journalière moyenne de la charge (Wh/j)
LLP	Probabilité de perte de charge
L_m	Valeur moyenne mensuelle de la consommation journalière (Wh/j)
m	Facteur d'idéalité
N_b	Nombre de batteries nécessaires dans une installation PV
N_j	Nombre de jours d'autonomie
N_m	Nombre de modules nécessaires pour un générateur PV
N_{mp}	Nombre de modules ou branches à regrouper en parallèle dans un générateur PV
N_{ms}	Nombre de modules ou branches à regrouper en série dans un générateur PV
N_p	Nombre de cellules associées en parallèle
N_s	Nombre de cellules associées en série
P_D	Profondeur de décharge journalière de la batterie. Typiquement $P_D = 0,5$
P_m	Puissance maximale de la cellule (Watt)
P_i	Puissance incidente sur la surface de la cellule (Watt)
q	Charge d'un électron ($1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)
R_s	Résistance série du générateur (Ω)
R_{sh}	Résistance shunt du générateur (Ω)
S	Surface totale du module photovoltaïque (m^2)
S_0	Valeur initiale de la surface du générateur pour le mois le plus disponible (m^2)

S_c	Surface totale de la cellule (m^2)
T	Température absolue ($^{\circ}K$)
T_m	Température au point de mesure ($^{\circ}K$)
T_r	Température au point de référence ($^{\circ}K$)
U_B	Tension nominale du stockage (V)
V_{in}	Tension de travail du système PV (V)
V_m	Tension maximale de la cellule (V)
V_{OC}	Tension à circuit ouvert (V)
V_{th}	Tension délivrée par le thermocouple (V)
η	Rendement d'une cellule photovoltaïque
$\bar{\eta}$	Rendement total de l'installation
η_b	Rendement des batteries de stockage
η_c	Rendement du convertisseur DC/AC
η_g	Rendement du générateur PV
η_r	Rendement du régulateur de charge
VI	Virtual Instrument
CRAAG	Centre de Recherche en Astronomie Astrophysique et Géophysique
ADSN	Algerian Digital Seismic Network

Table des matières

Introduction	1
Chapitre I : Dimensionnement des systèmes photovoltaïques	3
I.1. Introduction	3
I.2. Rayonnement solaire.....	3
I.2.1. Notion sur le rayonnement.....	3
I.2.2. Spectre du rayonnement.....	4
I.2.3. Durée d'insolation.....	4
I.2.4. Effet photovoltaïque.....	5
I.3. Cellule photovoltaïque.....	5
I.3.1. Différents types de cellules.....	5
I.3.2. Circuit équivalent et modèle mathématique.....	6
I.3.3. Rendement d'une cellule.....	7
I.3.4. Modules et générateurs photovoltaïques.....	7
I.4. Description d'un système photovoltaïque.....	9
I.5. Dimensionnement des systèmes photovoltaïques.....	10
Chapitre II : Les stations sismologique courte période du CRAAG	
II.1. Introduction.....	13
II.2. Description d'une station sismologique courte période.....	14
II.3.1 Le capteur courte période SS-1.....	14
II.3.2 Le Numériseur Q330.....	15
II.3.2.a. Le système de transmission.....	16
II.3. Le système photovoltaïque de la station.....	17
II.3.1 Dimensionnement.....	17
Chapitre III : Mise au point d'un système de suivi et de contrôle de l'installation photovoltaïque d'une station sismologique en sites isolés	
III.1. Introduction.....	21
III.2. Réalisation de la carte de commande à base d'Arduino Due.....	21
III.3. Caractéristiques de la carte Arduino utilisé (Arduino Due)	21
III.4. Réalisation du traceur de la caractéristique <i>I-V</i> du groupement de modules photovoltaïque.....	23
III.4.1. Capteur d'irradiation solaire.....	23
III.4.2. Capteur de température et d'humidité DHT22.....	24
III.4.3. Capteur de tension.....	25
III.4.4. Acquisition du courant à l'aide du circuit ACS712.....	26
III.4.5. Charge à variation électronique.....	26
III.4.6. Partie alimentation.....	28
III.5. Réalisation du système de suivi de l'installation photovoltaïque.....	30.

III.5.1. Description de la chaîne d'acquisition et de contrôle.....	31
III.5.2. Lecture des données	31
III.5.3. Transmission des données.....	34

Chapitre IV : Résultats expérimentaux

IV.1. Introduction.....	35
IV.2. Outils de développement et de conception utilisés.....	35
IV.3. Caractéristique <i>I-V</i> du module photovoltaïque.....	37
IV.4. Procédure d'Acquisition	37
IV.5. Résultats et commentaires.....	39
IV.5.1. Système de suivi de l'installation photovoltaïque.....	39
IV.5.2. Résultats et commentaires.....	42
Conclusion.....	47
Annexes.....	48
Références.....	49

INTRODUCTION

Les performances du réseau sismique sont liées à la densification et la qualité de ses stations. En Algérie et afin de mettre en place un réseau de haute qualité (ADSN), le choix de l'emplacement et l'installation restent cruciales en tenant compte de nombreux aspects environnementaux, la sécurité, les modes de transmission, l'alimentation électrique... etc.

En revanche, plusieurs tâches sont faites quotidiennement dans le but d'améliorer la qualité des stations sismologiques de l'ADSN (Algerian Digital Seismic Network) et la détermination automatique correcte des événements (secousses). Parmi ces travaux, l'état de santé et le taux de fonctionnement des stations, étalonnage des sismomètres et enregistreurs, et enfin la sélection de sites pour l'installation de nouvelles stations sismologiques.

L'objectif de ce travail est de surveiller en temps réel l'état du système d'alimentation photovoltaïque des stations sismologiques, afin de minimiser les coupures liées au dysfonctionnement de ces éléments (batterie, régulateur de charge et panneau solaire) et éviter les gaps de données dans les systèmes de collecte et de traitement des signaux au niveau de la centrale d'Alger. Pour se faire, nous avons réalisé un système de suivi performant et à moindre coût déployable sur site isolé.

Dans La première partie, nous exposant l'une des méthodes de dimensionnement de systèmes photovoltaïques, après avoir donné quelques notions sur le rayonnement solaire et principe de fonctionnement des cellules photovoltaïques.

La deuxième partie est consacrée à la présentation des stations sismologiques du CRAAG, des divers équipements que contiennent ces stations et les modes de transmission utilisés pour acheminer les données à la centrale de Bouzaréah. Nous terminons cette partie par le dimensionnement qui a été fait pour l'installation du système photovoltaïque alimentant une station courte période GSM.

Dans la troisième partie, nous expliquons le fonctionnement du système réalisé composé d'une carte à microcontrôleur de type Arduino avec module Ethernet Shield pour le traitement et transmission des données ainsi que le contrôle des divers capteurs utilisés, une carte à relais pour commander notre système à distance, une carte d'adaptation et conditionnement pour adapter les signaux des capteurs aux entrées analogique du microcontrôleur et enfin une carte à transistors MOSFETs de puissance utilisé comme charge électronique variable pour tracer la caractéristique $I-V$ du panneau solaire.

Introduction

Dans la quatrième et dernière partie, nous exposons les résultats obtenus sur des tests effectués au laboratoire d'instrumentation sur une station sismologique installée sur place, avec quelques commentaires.

Nous terminons ce travail par une conclusion où nous parlons des perspectives futures envisagées pour améliorer ce système afin d'élargir son utilisation dans d'autres domaines.

Chapitre I : Dimensionnement des systèmes photovoltaïques

I.1. Introduction

Dimensionner un système photovoltaïque, c'est déterminer la taille du générateur, la capacité de stockage, le cas échéant la puissance d'un convertisseur, voir l'inclinaison des modules et la tension d'utilisation.

Quelle que soit la méthodologie utilisée et la précision avec laquelle sont pris en compte les différents composants de la chaîne, on reste confronté à deux types d'estimations:

- La première: sur la demande qui, dans la plupart des cas est assez grossièrement définie, car souvent mal connue et qui subit des fluctuations journalières, hebdomadaires ou saisonnières.
- La seconde: sur le gisement solaire au sujet duquel on se heurte à un manque crucial de données représentatives [1].

I.2. Rayonnement solaire

Le soleil est une étoile composée de matière gazeuse telle que l'hydrogène et de l'hélium. Sa température de cœur peut atteindre 10^7 K. Comme tout corps chaud, il va rayonner et c'est la portion du spectre émis arrivant à la surface de la terre qui nous intéresse. A la surface du soleil, la densité de puissance peut être modélisée par la température d'un corps noir à environ 5780 K [12].

I.2.1. Notion sur le rayonnement

I.2.1.a. Rayonnement direct

Le rayonnement direct arrive du Soleil en ligne droite et n'est, à aucun moment, diffusé. Il forme les ombres [12].

I.2.1.b. Rayonnement diffus

Le rayonnement diffus correspond à la lumière qui a été diffusée soit par l'atmosphère, soit par les nuages. Par temps couvert ou par temps très clair, celle-ci est considérée comme isotrope. Par temps légèrement voilé, il se peut qu'une couronne (appelée circumsolar) plus brillante autour du soleil se forme et accentue la puissance lumineuse en provenance du soleil. Dans ce cas, la lumière n'est pas isotrope. Il faut

préciser que suivant la nature des nuages, leur épaisseur, leur position dans le ciel, leur influence sur le rayonnement ne sera pas la même [12].

I.2.1.c. Rayonnement réfléchi

L'albédo est la partie du rayonnement réfléchi par le sol et dépend donc directement du site d'observation [12].

I.2.1.d. Rayonnement global

Le rayonnement global est la somme des trois composantes énumérées ci-dessus. C'est ce dernier qui est systématiquement mesuré par les stations météorologiques [12].

I.2.2. Spectre du rayonnement

L'énergie lumineuse extraterrestre ne nous parvient pas intégralement car elle subit des transformations en traversant l'atmosphère terrestre. En effet, son intensité lumineuse ainsi que son spectre dépend de la composition de l'atmosphère non seulement en particules et en gaz mais aussi des nuages [9].

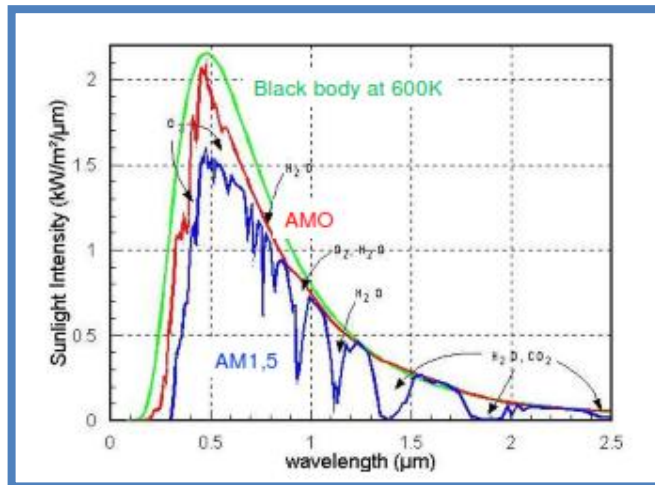


Figure-1: Spectre solaire . AM0 : spectre solaire hors atmosphère, AM1.5 : spectre solaire après traversée de l'atmosphère, le soleil faisant un angle de 48° environ par rapport à sa position au zénith.

I.2.3. Durée d'insolation

La durée d'insolation correspond au nombre d'heures dans la journée, entre le lever et le coucher du soleil, où celui-ci est bien visible [9].

I.2.4. Effet photovoltaïque

L'effet photovoltaïque 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 [13].

I.3. Cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est un petit générateur de courant continu qui débite une tension de moins d'un volt. L'utilisation industrielle des cellules dans l'énergie photovoltaïque se fait sous la forme de panneaux. Elle est constituée de deux couches de silicium cristallin. Un constituant qui a la propriété d'être semi conducteur : les électrons sont liés aux atomes mais peuvent se détacher et donc circuler avec l'apport d'énergie lumineuse pour ensuite permettre le passage d'un courant comme dans un conducteur électrique [17].

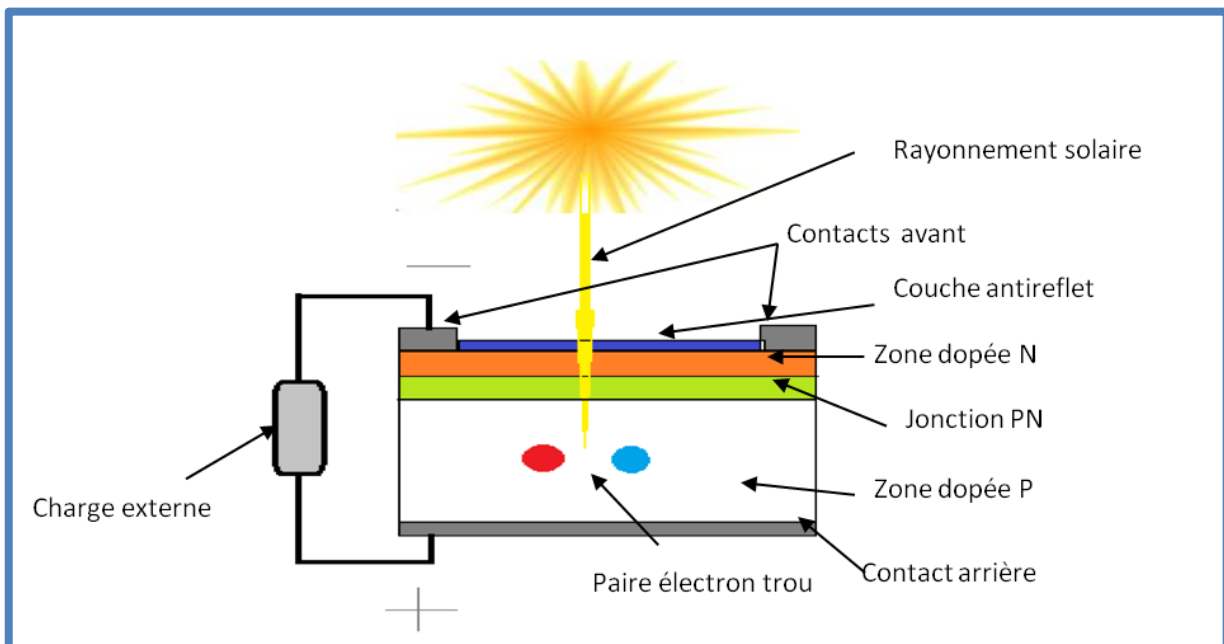


Figure-2:représentation d'une cellule photovoltaïque

I.3.1. Différents types de cellules

Cellule au silicium monocristallin : les capteurs photovoltaïques sont à base de cristaux de silicium encapsulés dans une enveloppe plastique (rendement 15%)[\[17\]](#).

Chapitre I : Dimensionnement des systèmes photovoltaïques

Cellule au silicium polycristallin : Les capteurs photovoltaïques sont à base de polycristaux de silicium, notablement moins coûteux à fabriquer que le silicium monocristallin, mais qui ont aussi un rendement un peu plus faible (rendement de 13%). Ces polycristaux sont obtenus par fusion des rebuts du silicium de qualité électronique [17].

Cellule au silicium amorphe : les panneaux « étalés » sont réalisés avec du silicium amorphe au fort pouvoir énergisant et présentés en bandes souples permettant une parfaite intégration architecturale (rendement de 7%) [17].

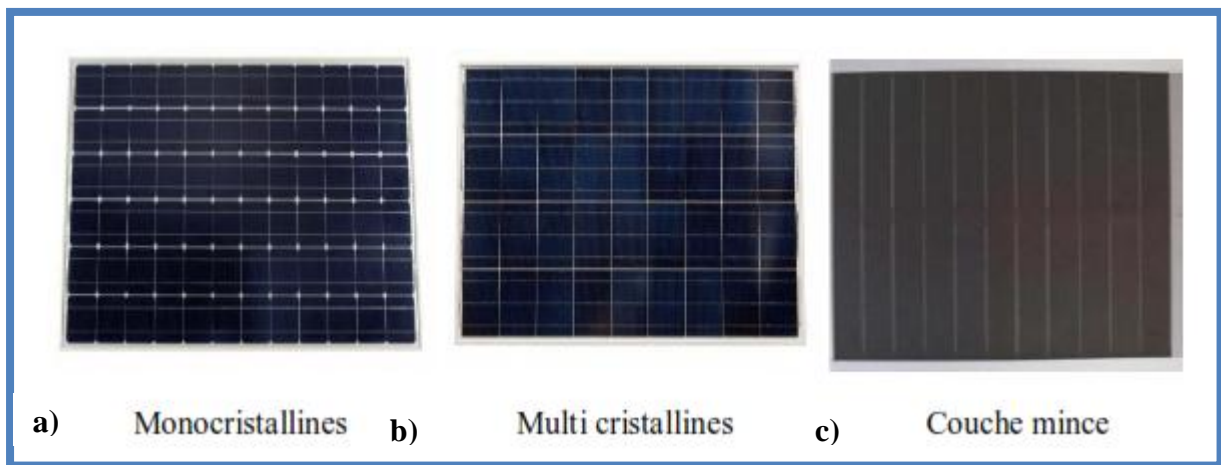


Figure-3: Les différents types de cellules photovoltaïques

I.3.2. Circuit équivalent et modèle mathématique

Parmi les différents modèles existants, on peut citer : le modèle à deux diodes. Le schéma équivalent d'un tel modèle est représenté sur la (Figure-4) [1].

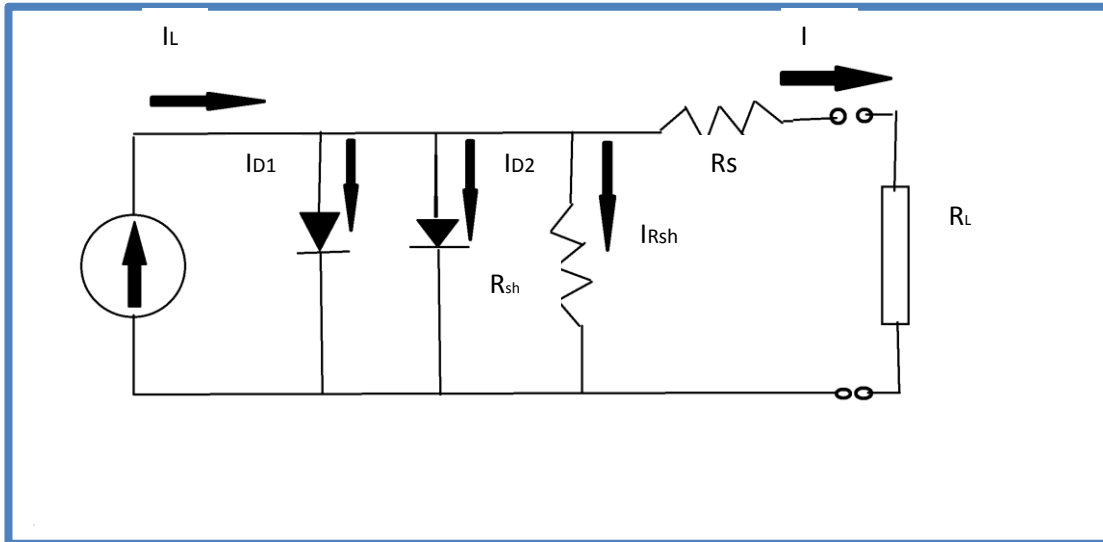


Figure-4: Modèle à deux diodes

Ces diodes symbolisent la recombinaison des porteurs minoritaires, d'une part en surface du matériau et d'autre part dans le volume du matériau.

Le courant fourni par la cellule est donné par la relation (I.1) [1]:

$$I = \left[I_L - I_{D1} \left(\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{\gamma_1 k T_C} \right) - 1 \right) - I_{D2} \left(\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{\gamma_2 k T_C} \right) - 1 \right) - \frac{V}{R_{SH}} \right] \times \left[\frac{R_{SH}}{R_s + R_{SH}} \right] \quad (I.1)$$

Les paramètres de ce circuit sont :

I_L = courant photonique.

I_{D1} = courant inverse de saturation de la diode 1.

I_{D2} = courant inverse de saturation de la diode 2.

$\gamma_1 = A_1 \times (N_{CS})$, le facteur de qualité de la diode 1.

$\gamma_2 = A_2 \times (N_{CS})$, le facteur de qualité de la diode 2.

A_1 et A_2 : sont les facteurs d'accomplissement des diodes 1 et 2.

N_{CS} = Nombre des cellules en série.

R_s = la résistance série.

R_{SH} = la résistance shunt.

I.3.3. Rendement d'une cellule

Le rendement d'une cellule photovoltaïque est le rapport de la puissance maximale fournit par la cellule en watt sur la puissance lumineuse reçue par la cellule en Watt. Il est donné par la formule [1] :

$$\eta = \frac{P_m}{P_l} \quad (I.2)$$

Où :

η : rendement de la cellule.

P_m : Puissance maximale fournit par la cellule en Watt (W).

P_l : Puissance lumineuse en Watt (W) reçue par la cellule.

I.3.4. Modules et générateurs photovoltaïques

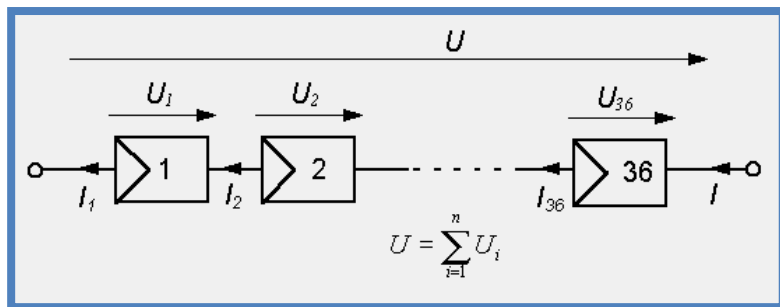
Un panneau est composé de plusieurs cellules montées en série et en parallèle pour obtenir une puissance générée plus importante [1].

Association série :

La plupart des modules commercialisés sont composés de 36 cellules en silicium cristallin, connectées en série pour des applications en 12 V [1].

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$I = I_1 = I_2 = I_n$$

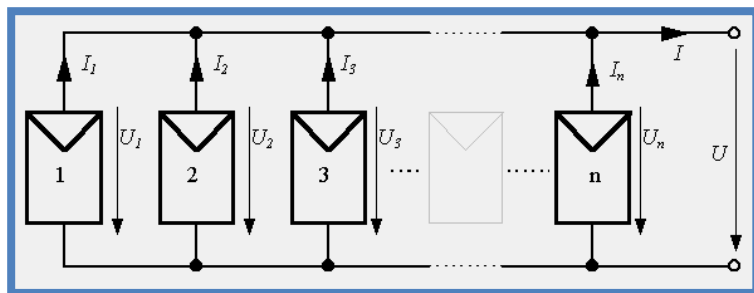


Association en parallèle :

Le schéma d'un circuit de cellules photovoltaïques montées en parallèle est représenté par la figure suivante [1]:

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = U_n$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$



I.4. Description d'un système photovoltaïque

La figure ci-dessous montre la constitution d'un système photovoltaïque

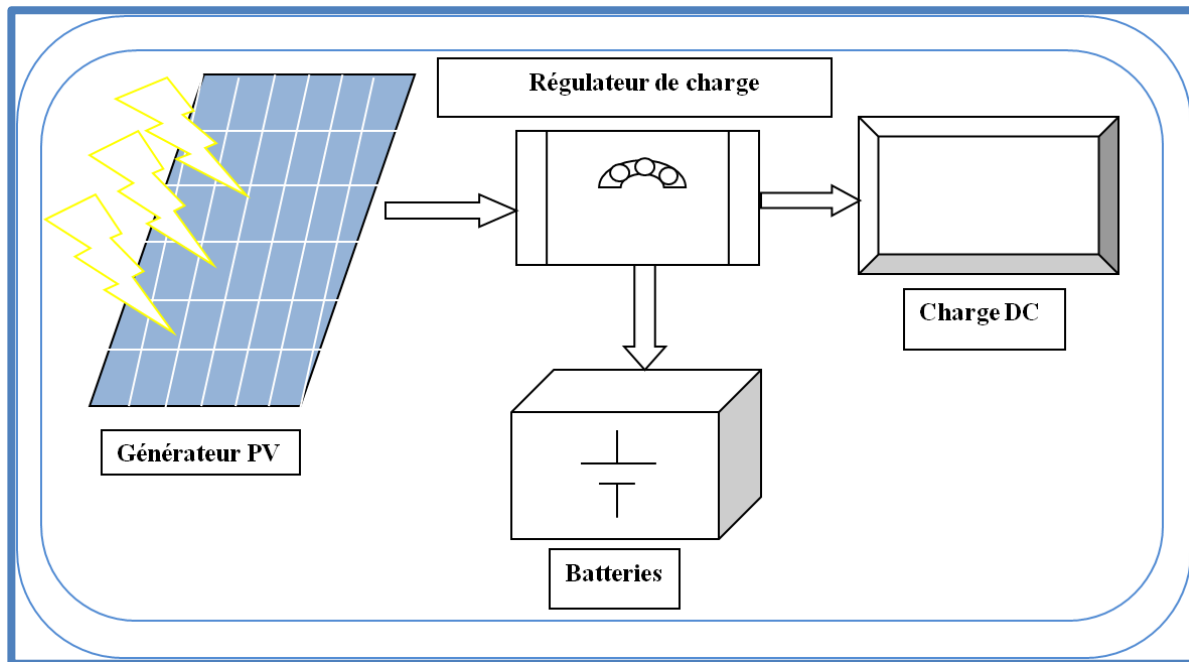


Figure-5 Système photovoltaïque autonome en site isolé

I.4.1. Panneau solaire

Son rôle est de fournir l'énergie nécessaire pour faire fonctionner le système à alimenter.

I.4.2. Régulateur de charge

Son rôle est de contrôler la charge et la décharge de la batterie et de fournir la tension nécessaire pour le fonctionnement de la charge DC.

I.4.2. Stockage de l'énergie

Le stockage de l'énergie fournit par le panneau solaire se fait sur des batteries, pour assurer l'alimentation électrique en toutes circonstances (jour ou nuit, ciel dégagé ou couvert). Une batterie utilisée avec des panneaux solaires est une batterie à décharge lente (appelée aussi batterie solaire). Ces batteries sont spécifiquement conçues pour les applications solaires. Elles n'ont pas les mêmes caractéristiques qu'une batterie de voiture par exemple, elles se déchargent plus progressivement et supportent mieux les décharges fréquentes peu profondes.

I.5. Dimensionnement des systèmes photovoltaïques

I.5.1 Méthode de dimensionnement

Pour dimensionner notre système, nous avons utilisé la méthode simplifiée [1], où la détermination de la taille des éléments du système photovoltaïque se fait de façon manuelle pour le mois le plus défavorable. Cette méthode peut s'accompagner d'un surdimensionnement qui rend notre système un peu plus coûteux, mais plus efficace pour assurer le fonctionnement sans interruptions des stations sismologiques.

La procédure de dimensionnement passe par les étapes suivantes [1] :

1. Estimation de la demande énergétique (E_{cj}) pour une journée (en Wh/jour).
2. Estimation de l'énergie produite par un module photovoltaïque. Elle est donnée par la relation :

$$E_{pm} = G(\beta) \cdot \eta_g \cdot S \cdot Fr \quad (I.3)$$

Où :

- E_{pm} : Energie produite par un module photovoltaïque (Wh/j)
- $G(\beta)$: Irradiation journalière reçu sur la surface du générateur (Wh/m^2)
- η_g : Rendement du générateur photovoltaïque
- S : Surface totale du module photovoltaïque (m^2)
- Fr : Facteur de remplissage du module photovoltaïque

3. Déterminer l'énergie journalière que doit produire le générateur photovoltaïque E_{pg} . Elle est exprimée par la relation suivante:

$$E_{pg} = \frac{E_{cj}}{\eta_b \cdot \eta_r \cdot \eta_c \cdot G(\beta)} \quad (I.4)$$

Avec η_b , η_r et η_c représentent respectivement les rendements de la batterie, du régulateur de charge et du convertisseur DC/AC.

Cette énergie que doit produire le générateur PV n'est autre que la somme des fractions d'énergie produites par l'ensemble des modules.

4. Ainsi le nombre de modules nécessaire N_m est donné par la relation :

$$N_m \geq \frac{E_{pg}}{E_{pm}} \quad (I.5)$$

Le nombre N_m est arrondi si l'on trouve une valeur fractionnaire. Une fois ce nombre connu, il faut déterminer le nombre de modules en série et en parallèle.

Soient,

V_m : tension des modules au point de puissance maximale

V_{in} : tension de travail du système photovoltaïque

N_{mp} : nombre de branches à mettre en parallèle.

N_{ms} : nombre de modules à mettre en série. Il est donné par la relation :

$$V_m \cdot N_{ms} \geq V_{in} \quad (I.6)$$

La valeur trouvée par ce calcul n'est pas forcément appliquée. En effet, on cherche à éviter une désadaptation et surtout limiter l'effet de la température sur le fonctionnement du générateur. Ainsi le nombre de branches en parallèle est :

$$N_{mp} = \frac{N_m}{N_{ms}} \quad (I.7)$$

5. La capacité du système de stockage est donnée par la relation suivante:

$$C_S = \frac{N_j \cdot E_{cj}}{U_B \cdot \eta_b \cdot \eta_r \cdot \eta_c \cdot P_D \cdot F_{CB}} \quad (I.8)$$

Où :

C_S : Capacité du système de stockage

N_j : Nombre de jours d'autonomie

U_B : Tension nominale du stockage (V)

η_b : Rendement énergétique du stockage.

η_r : Rendement du régulateur

η_c : Rendement du convertisseur DC/AC

P_D : Profondeur de décharge journalière de la batterie. Typiquement $P_D = 0,5$

Chapitre I : Dimensionnement des systèmes photovoltaïques

F_{CB} : Facteur de correction de la capacité de la batterie par rapport à la capacité mesurée.

$$F_{CB} = 1,25 \text{ pour } 1 \leq N_j \leq 4.$$

6. De même pour les batteries, leur association en série ou en parallèle est fonction de leurs tensions nominales et de la tension de l'installation. Si C_b est la capacité d'une batterie, le nombre de batteries nécessaires est donné par la relation :

$$N_b \geq \frac{C_S}{C_B} \quad (I.9)$$

CHAPITRE II : Les stations sismologiques courte période du CRAAG

II.1. Introduction

Le réseau ADSN du CRAAG est un réseau sismologique comprenant 90 sites. Chaque site est doté d'un sismomètre courte période « SS-1 ». Les 80 sites transmettent leurs données vers la centrale par GSM et 10 par VSAT.

La centrale se trouvant au niveau du CRAAG à Bouzaréah, permet de centraliser les données sismologiques.

La carte ci-dessous représente ce réseau [19]:

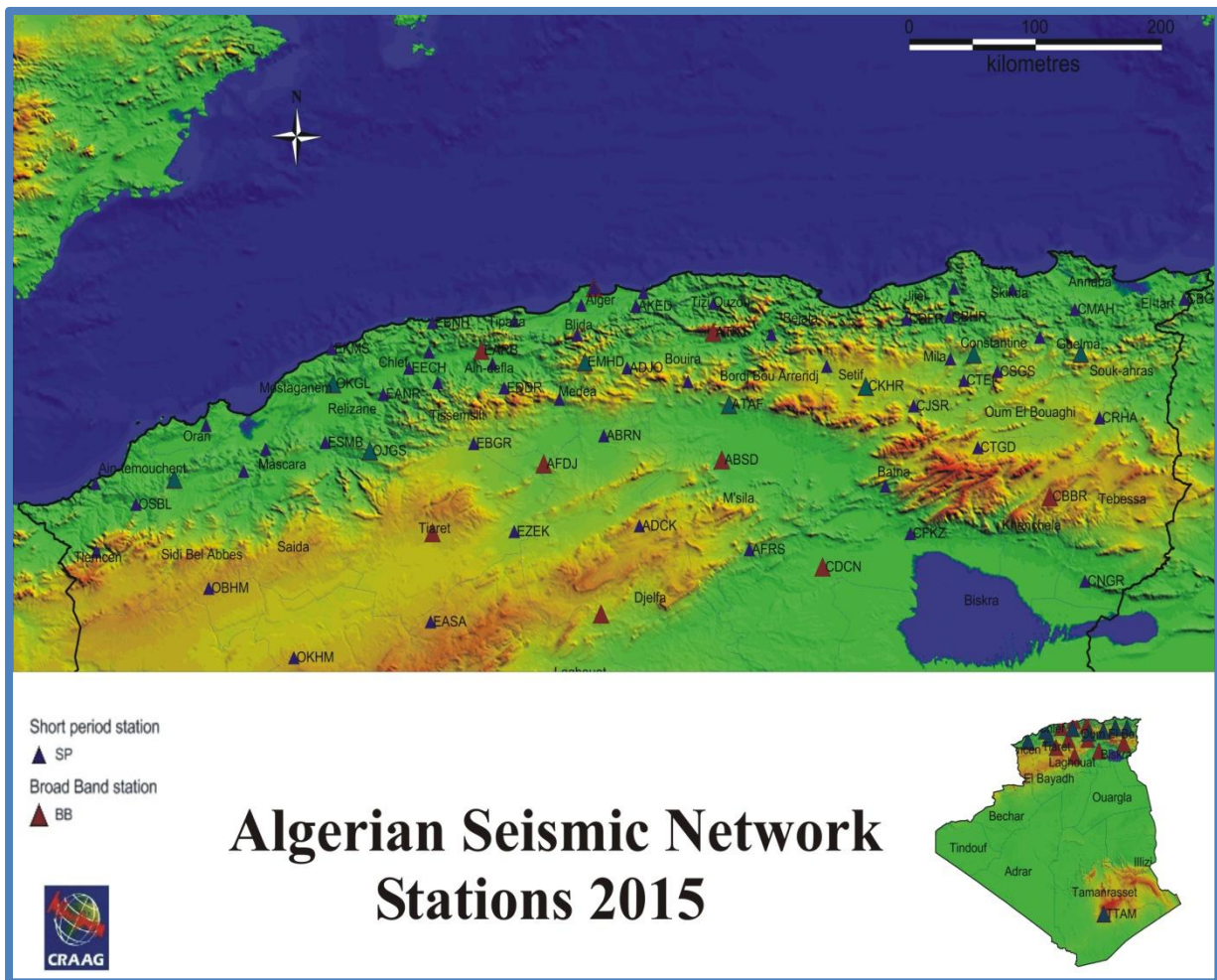


Figure-6 : Carte des stations du réseau national de surveillance sismique

II.2. Description d'une station sismologique courte période

Une station sismologique courte période (Figure-7) est constituée d'un capteur courte période SS-1 et d'un numériseur Q330 pour l'enregistrement des données, d'un système de transmission composé de modem GSM et système d'alimentation composé d'un panneau solaire, une batterie et un régulateur de charge (voir Annexe pour plus de détails) [19].

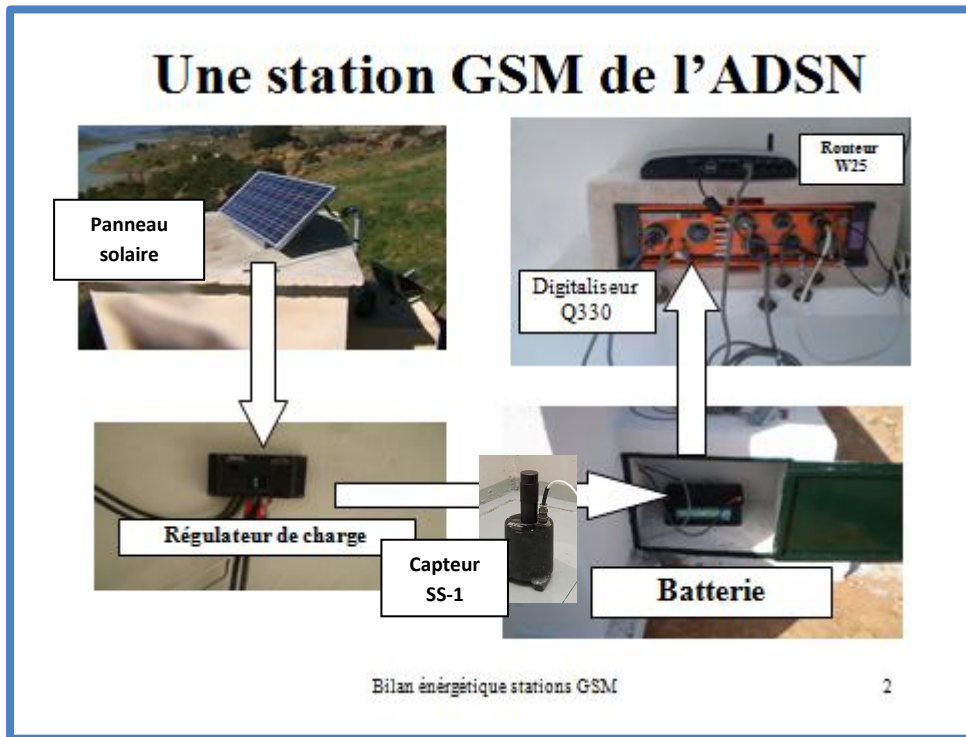


Figure-7 : Station sismologique uni composante courte période

II. 2.1 Le capteur courte période SS-1

C'est un sismomètre uniaxial (Figure-8), de fréquence propre 1Hz, fabriqué par la société Kinometrics (Pasadena, Californie).

Les paramètres principaux du sismomètre sont :

- La masse
- La fréquence naturelle
- La résistance des deux bobines (de sortie =5.9Ket de calibration=100)
- La résistance d'amortissement=0.7
- La constante de Générateur (correspond au rapport de la tension a vide fournie par la sortie du sismomètre sur la vitesse de déplacement de celui-ci).

Chapitre II : Les stations sismologiques courte période du CRAAG

- La constante moteur de la bobine de calibration (correspond au rapport force sur courant fourni a la bobine de calibration=0.4 N/A pour la majorité des SS-1 [19].



Figure-8 : sismomètre courte période SS-1

II. 2. 2 Le Numériseur Q330

Le cœur du numériseur est un DSP (Processeur pour traitement numérique du signal) (ADSP-2189M) fabriqué par la société ANALOG DEVICES [19].



Figure-9 : Numériseur du signal sismique Q330

II. 2. 3 Le système de transmission

La transmission des données du réseau courte période se fait par GSM (Figure-10), en utilisant deux types de modem selon l'endroit où se trouve la station, la couverture en réseau GSM et le nombre d'équipements connectés. Pour les endroits sécurisés et sans gardiens tels que les barrages ANBT, nous utilisons des modems Digi Connect (Figure-11) possédant double puce permettant le reboot du modem depuis la centrale

Chapitre II : Les stations sismologiques courte période du CRAAG

d'Alger sans intervention humaine. Les modems Ericsson W25 (Figure-11) possèdent plusieurs ports RJ-45 permettant d'ajouter d'autres équipements au réseau, tel que les stations GPS ou autre mais ne permettent pas de faire un reboot à distance [19].

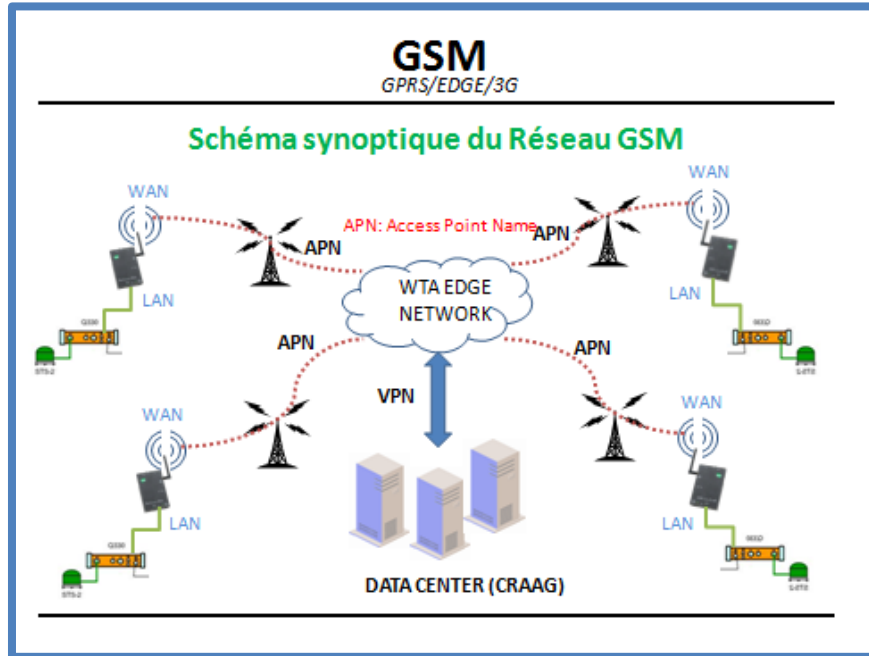


Figure-10 : transmission des données par GSM

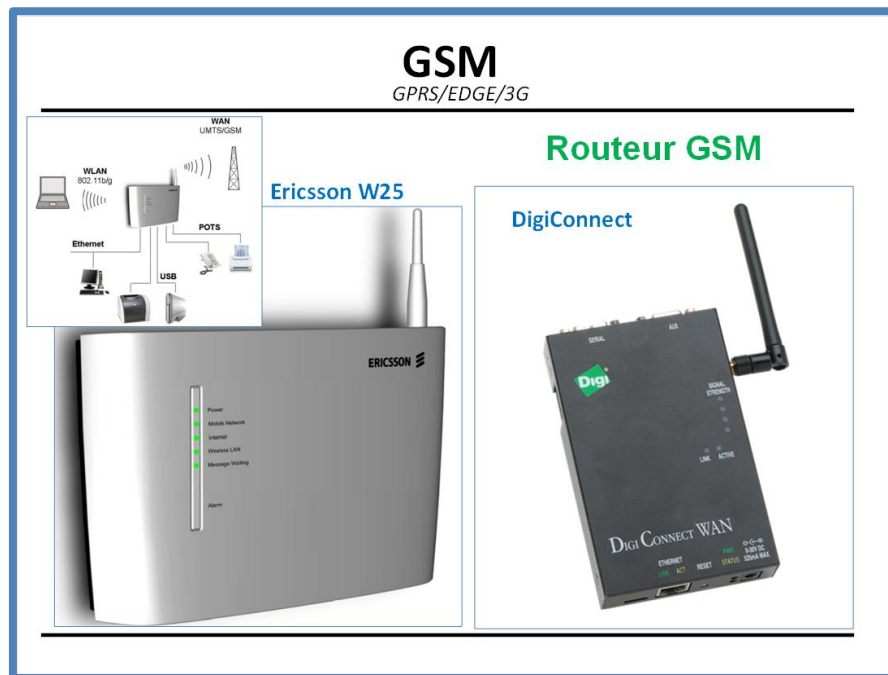


Figure-11 : Les modems utilisés par le CRAAG

II.3. Le système photovoltaïque de la station

Pour avoir un réseau d'alerte sismique performant et des données fiables, il est nécessaire d'éloigner les stations sismologique de toute source de bruit humaine, tels que les routes à grande circulations, les grandes villes et minimiser les bruits naturels haute fréquences en construisant des niches pour sismomètre sur du socle. Généralement, ces endroits se situent dans des zones isolées dépourvues de source d'énergie électrique. D'où la nécessité d'alimenter la station en énergie photovoltaïques. Ce qui exige un dimensionnement du système photovoltaïques permettant de faire fonctionner les stations sismologique sans interruption.

II.3.1 Dimensionnement

II.3.1.a. Bilan des consommations pour une journée (en Wh/jour)

Le tableau ci-dessous illustre les consommations des équipements d'une station sismologique, la durée de fonctionnement et d'utilisation ainsi que les besoins énergétique journaliers, nécessaire pour dimensionner le système solaire permettant d'alimenter la station en permanence et sans interruptions.

Équipement	Consommation	Durée de fonctionnement	Besoins énergétique
Modem GSM	8 Watt	24 heures	192 Wh/Jour
Station sismologique	1.9 Watt	24 heures	45.6 Wh/Jour
		Total	237.6 Wh/Jour

Tableau-1 : Besoins énergétique pour une station sismologique courte période GSM

II.3.1.b. Estimation de l'énergie produite par le module photovoltaïque.

La formule (I.4) nous a permis d'estimer l'énergie produite par le panneau solaire. Dans notre cas ; nous n'avons pas pris en considération η_c , puisque nous n'utilisons pas de convertisseur DC/AC et $G(\beta) = 4.5 \text{ KWh/ m}^2/\text{J}$ pour les Sites du nord Algérien [1].

$$\text{Donc } E_{pg} = \frac{237.6}{0.75 \cdot 0.95 \cdot 4.5} = 75 \text{ W}$$

II.3.2.c. Nombre de modules nécessaires.

L'utilisation de la formule (I.5) nous a permis d'obtenir le nombre de modules nécessaires.

Le CRAAG possède des panneaux solaires de 80W (Figure-12), donc un panneau est largement suffisant pour alimenter une station sismologique courte période en transmission GSM.



Figure-12 : Le module solaire disponible au CRAAG de type NE82E2E

II.3.2.d. La capacité du système de stockage

En utilisant la formule (I.8) nous avons pu obtenir la capacité du système de stockage.

Pour une autonomie de 4 jours, la capacité de stockage est :

$$C_s = \frac{4 * 237.6}{12 * 0.75 * 0.95 * 0.5 * 1.25} = 177 \text{ AH}$$

II.3.2.e. Nombre de batteries nécessaires

Le nombre de batteries nécessaires est calculé à partir de la formule (I.9).

Pour assurer une autonomie de 4 jours, nous avons utilisé 2 batteries solaires de 12V 100AH (Figure-13)



Figure-13 : La batterie de type UL 100-12 disponible au CRAAG

II.3.2.f. Choix du régulateur

La fonction principale du régulateur est de contrôler l'état de la batterie. Il autorise la charge complète de celle-ci en éliminant tout risque de surcharge et interrompt l'alimentation des destinataires si l'état de charge de la batterie devient inférieur au seuil de déclenchement de la sécurité anti décharge profonde. Prolongeant ainsi la durée de vie de la batterie qui est le seul composant fragile du générateur photovoltaïque.

Dans nos installations, nous utilisons le STECA 12/24 V 15A (Figure-14), largement suffisant pour faire fonctionner une station sismologique courte période.



Figure-14 : Le régulateur de charge de type STECA 12/24V 15A

Chapitre III : Mise au point d'un système de suivi et de contrôle de l'installation photovoltaïque d'une station sismologique en sites isolés

III.1. Introduction

Pour réaliser un tel système, nous avons pensé à utiliser des capteurs pour l'acquisition de la température, l'irradiation solaire ainsi que les courants et tensions du panneau solaire, du régulateur et de la batterie. Une carte à relais est nécessaire pour commande à distance en site isolé, une charge électronique variable pour tracer la caractéristique $I-V$ du panneau solaire et enfin un dispositif de traitement et de transmission des données à base de microcontrôleur composé d'une carte Arduino Due et Ethernet Shield, utilisant le protocole TCP/IP pour connecter notre système en réseau Ethernet et y accéder à distance via le routeur GSM. Dans cette partie, nous donnons des détails sur le fonctionnement du système, le programme de la carte Arduino et enfin le logiciel de lecture et d'affichage des données développé sous LabView.

III.2. Réalisation du système de commande à base d'Arduino Due

Nous avons choisi la carte Arduino Due pour piloter le système. Nous avons exploité 7 entrées analogique pour l'acquisition des données analogiques, 9 sorties numérique dont une PWM pour commander la carte à relais et la charge électronique, la liaison SPI pour communiquer avec le module Ethernet Shield et enfin la liaison série pour communiquer avec l'ordinateur.

L'inconvénient de cette carte est qu'elle n'accepte que des signaux compris entre 0 et 3.3 V sur son port analogique, ce qui a nécessité l'adaptation des entrées 5V en utilisant des diviseurs de tension.

III.3. Caractéristiques de la carte Arduino utilisé (Arduino Due)

Une carte Arduino Due possède 12 entrées analogiques avec une résolution de 10 ou 12 bit, 54 entrées/sorties numérique dont 4 liaisons séries, deux I2C, un bus CAN, une liaison SPI et 12 sortie PWM et enfin deux sorties pour générer des signaux analogique avec une résolution de 10 ou 12 bit. Le cœur de la carte est un microprocesseur ATSAM3X8E 32 bits d'ATMEL de 512 K de mémoire Flash et possède une SRAM de 96 K et une horloge de 84Mhz. La figure ci-dessous montre la carte Arduino Due que nous avons utilisé dans notre projet.

Chapitre III : Mise au point d'un système de suivi et de contrôle de l'installation photovoltaïque d'une station sismologique en sites isolés

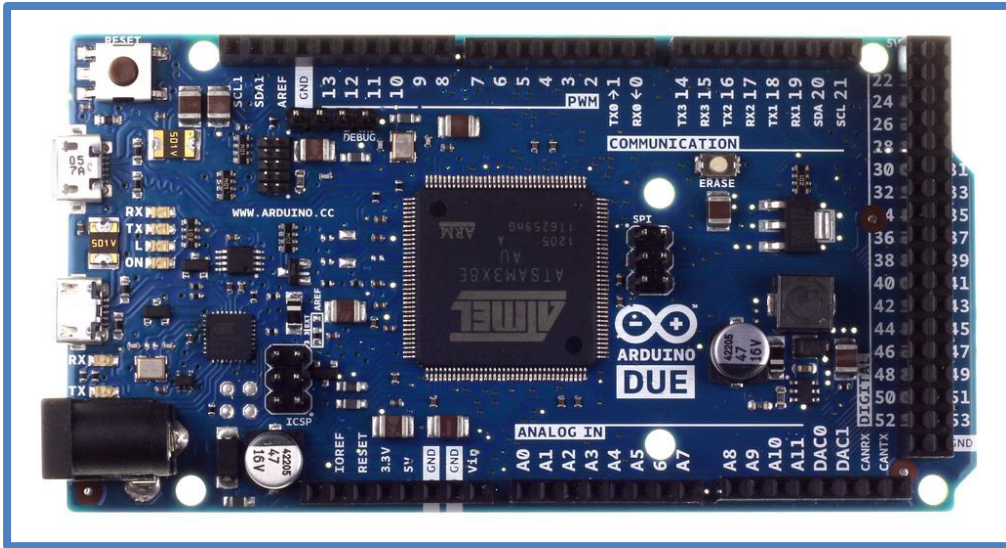


Figure-15 : La carte Arduino Due

III.3.a. Architecture interne de la carte Arduino Due

La figure suivante montre l'architecture interne d'une carte Arduino Due.

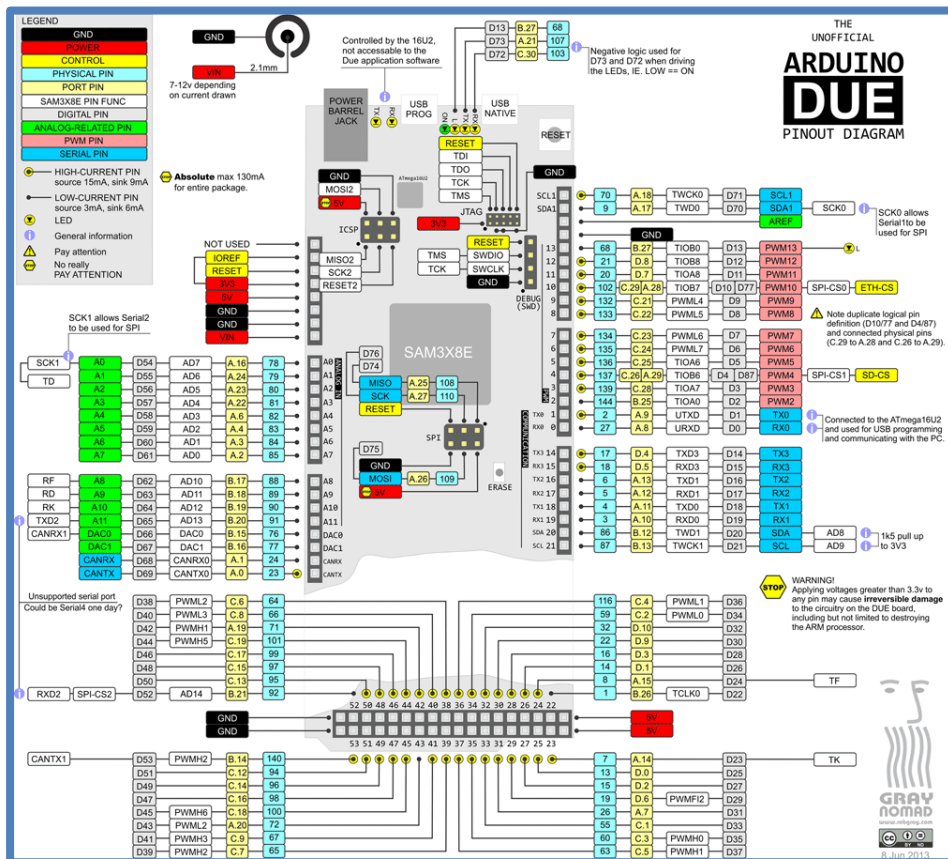


Figure-16 : Architecture interne de la carte Arduino Due

III.4. Réalisation du traceur de la caractéristique $I-V$ du module photovoltaïque

Le traceur de la caractéristique $I-V$ est constitué d'une charge électronique qu'on peut varier en attaquant la grille des MOSFET par un signal analogique à partir d'une sortie PWM ou DAC. L'acquisition du courant se fait en deux manières : en mesurant la tension aux bornes d'une résistance Shunt de faible valeur placée en série avec le panneau solaire et la charge et en utilisant un circuit d'adaptation, ou en utilisant un capteur de courant à effet Hall afin d'éviter le circuit d'adaptation. La tension du panneau solaire est mesurée en utilisant un diviseur de tension pour l'adapter à la tension maximale utilisée par l'entrée analogique 3.3V. L'irradiation solaire est mesurée par une cellule solaire de 5.5V, 55mA et enfin la température par un capteur de sortie numérique reliée directement sur une entrée numérique de la carte Arduino.

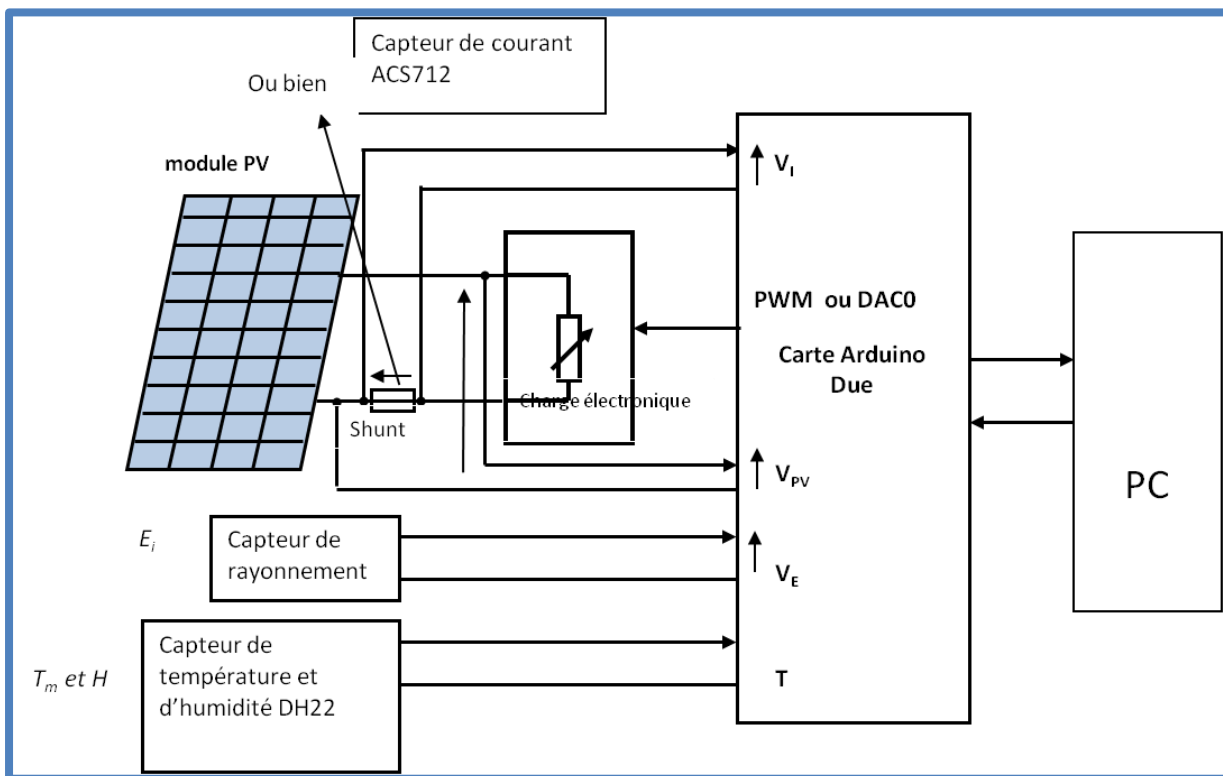


Figure-17 : Traceur de la caractéristique $I-V$ pour panneau solaire

III.4.1. Capteur d'irradiation solaire

La mesure du rayonnement solaire se fait par une cellule solaire de 5.5 V 55mA avec un circuit de conditionnement pour l'entrée analogique de l'Arduino.

Chapitre III : Mise au point d'un système de suivi et de contrôle de l'installation photovoltaïque d'une station sismologique en sites isolés

Pour l'acquisition de l'éclairement solaire, nous avons utilisé un capteur photovoltaïque qui convertit le flux solaire incident en un signal électrique. Ce capteur est basé sur une cellule solaire au silicium monocristallin produisant un courant de court-circuit proportionnel à l'éclairement incident.

La cellule au silicium monocristallin possède une importante réponse spectrale par rapport au solarimètre classique [1].

Sur la base de la caractérisation de la cellule solaire, nous avons réalisé la chaîne de conditionnement de la (Figure-18).

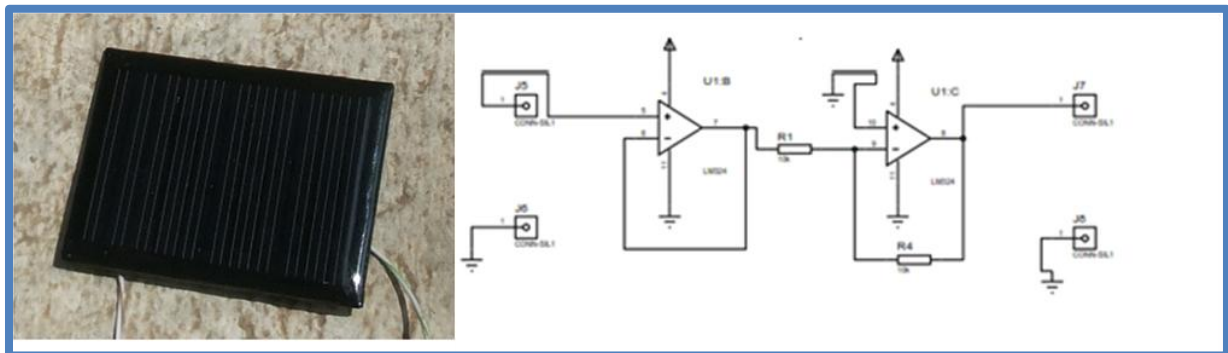


Figure-18 : Cellule solaire utilisée avec son circuit de conditionnement

III.4.2. Capteur de température et d'humidité DHT22

Le capteur DHT22 (Figure-19) (aussi connu sous la référence AM2302) est un capteur de température et d'humidité. Il est capable de mesurer des températures de -40 à $+125^{\circ}\text{C}$ avec une précision de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ et des taux d'humidité relative de 0 à 100% avec une précision de $\pm 2\%$ ($\pm 5\%$ aux extrêmes, à 10% et 90%). Une mesure peut être réalisée toutes les 500 millisecondes (soit deux fois par seconde). Il est compatible 3.3 volts et 5 volts (le fabricant recommande cependant de toujours alimenter le capteur en 5 volts pour avoir des mesures précises). Le capteur DHT22 communique avec le microcontrôleur via une unique broche d'entrée / sortie.

Le brochage du capteur est le suivant (Figure-19) :

La broche n°1 est la broche d'alimentation (5 volts ou 3.3 volts).

La broche n°2 est la broche de communication. Celle-ci doit impérativement être reliée à l'alimentation via une résistance de tirage de 4.7K ohms (il s'agit d'une sortie à collecteur ouvert).

La broche n°3 n'est pas utilisée et ne doit pas être câblée.

La broche n°4 est la masse du capteur (GND).

Chapitre III : Mise au point d'un système de suivi et de contrôle de l'installation photovoltaïque d'une station sismologique en sites isolés

Un condensateur de 100nF est requis entre les broches n°1 et n°4 pour que le capteur fonctionne correctement. Le capteur est calibré et ne nécessite pas de composants supplémentaires pour pouvoir être utilisé.

L'Arduino permet de dialoguer facilement avec ce capteur à sortie numérique. En récupérant la température du capteur DHT22 et l'afficher sur la face avant d'un VI.

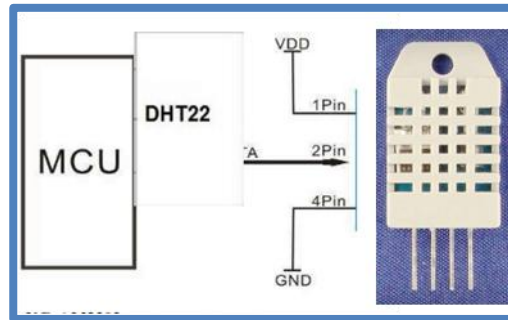


Figure-19 : Capteur de température et d'humidité DHT22

III.4.3. Capteur de tension

La mesure de la tension est effectuée à partir d'un diviseur de tension pour avoir une tension comprise entre 0 et 3.3V. La sortie de ce diviseur attaque un amplificateur suiveur réalisé par le circuit "LM324" pour faire une adaptation d'impédance. La tension de sortie du diviseur est donnée par la formule suivante :

$$V_s = \frac{R_2}{R_2 + R_1} V_e$$

Comme la tension d'entrée analogique Arduino est à 3.3V et si nous admettons que la tension maximale délivrée par le générateur photovoltaïque est de 19 V (marge de sécurité). Alors, le rapport entre les deux tensions est de 6. Dans ce travail, On a choisi $R_2=10\text{ k}\Omega$, $R_1=26\text{ k}\Omega$.

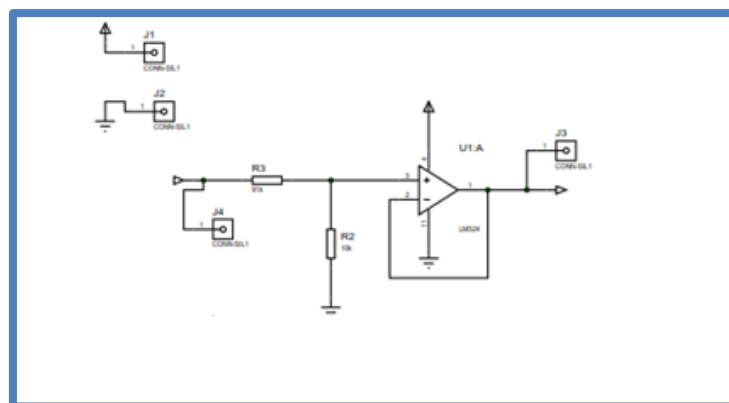


Figure-20 : Circuit d'adaptation pour mesure de tension

III.4.3. Acquisition du courant l'aide du circuit ACS712

Le dispositif ACS712 Allegro 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 -21) représente le capteur de courant ACS712 utilisé dans notre travail [20].



Figure-21 : Capteur de courant ACS712

La sortie du dispositif a une pente positive lorsqu'un courant augmentant circule à travers le chemin de conduction de cuivre. Le ACS712-30B peut mesurer le courant jusqu'à $\pm 30A$ 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 V_{CC} . Cette fonctionnalité est particulièrement utile pour l'utilisation de la ACS712 avec un convertisseur analogique-numérique [20].

III.4.4. Charge à variation électronique

Pour tracer la caractéristique $I-V$ d'un générateur PV, les mesures classiques (variations par potentiomètre) ne peuvent être acceptables. En effet, les mesures de tension et de courant doivent être réalisées à température et éclairement solaire fixes pour les différentes valeurs de la charge. On fait donc appel aux charges électroniques qui permettent une variation électronique de la charge. Elles nécessitent cependant un système rapide pour l'acquisition d'un plus grand nombre de valeurs.

Dans notre application, nous avons utilisé une charge électronique, à base de transistors MOSFET de puissance. La variation de cette charge est commandée par

Chapitre III : Mise au point d'un système de suivi et de contrôle de l'installation photovoltaïque d'une station sismologique en sites isolés

l'une des 12 sorties PWM qui permet de générer une sortie analogique en ajoutant un circuit RC ou l'une des deux sorties DAC0 et DAC1 permettant de générer un signal analogique ; de la carte Arduino. Ce signal est transformé en tension avant d'attaquer la grille des transistors. L'avantage de cette méthode est le test rapide du panneau solaire et la vitesse de mesure [10]. Plusieurs méthodes sont utilisées pour la réalisation de charges électroniques telles que : la charge à condensateurs, la charge à transistors bipolaire et la charge à transistors à effet de champ (FET) [1]. Nous avons utilisé dans notre cas un transistor MOSFET de puissance pour concevoir la charge électronique de la (Figure-22). Notre choix s'est porté sur les transistors de type IRFP240 vu leurs caractéristiques techniques :

- Vitesse de fonctionnement élevée.
- Faible consommation.
- Valeurs élevées des courants et des tensions supportés.

Leur mise en parallèle permet d'augmenter le courant supporté par la charge et de diminuer la résistance Rds.

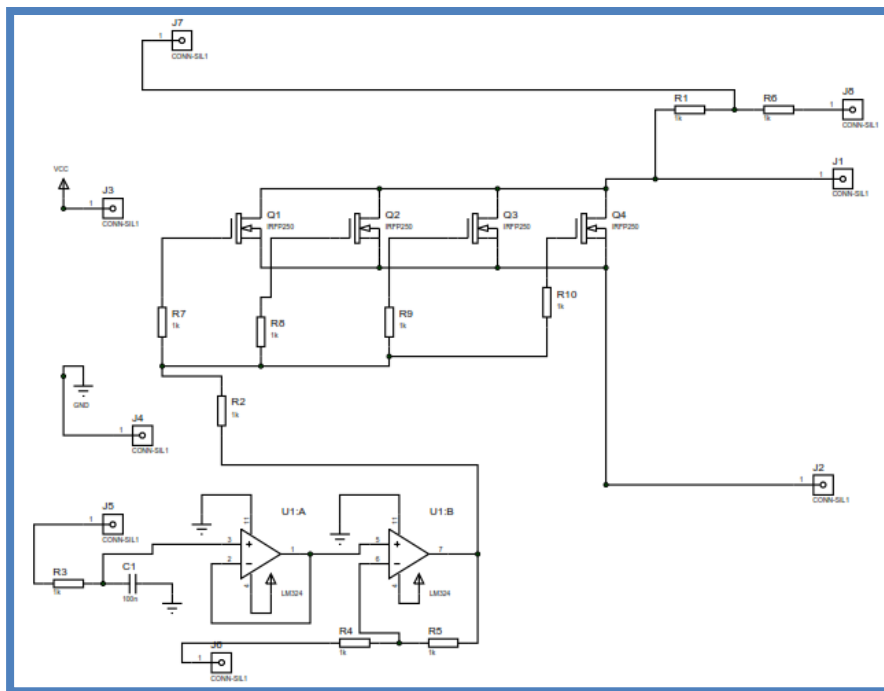


Figure-22 : Schéma de la charge électronique

III.4.4.a. Fonctionnement

Les transistors FET sont commandés par leurs tensions Grille-Source V_{gs} qui affecte la résistance Drain-Source R_{ds} [1] qu'on peut varier par le signal PWM généré par la carte Arduino. Ainsi les variations de la tension V_{gs} permettent d'obtenir les différents

Chapitre III : Mise au point d'un système de suivi et de contrôle de l'installation photovoltaïque d'une station sismologique en sites isolés

points de fonctionnement du générateur PV de la position de court-circuit à la position de circuit ouvert.

III.4.5. Partie alimentation

La carte à relais ainsi que les amplis op sont alimentés par une tension continue de 12VDC, et la carte Arduino est alimentée en 5VDC sur port USB ou bien en 12VDC sur connecteur Jack. Le schéma de la figure suivante est utilisé dans le cas de branchement du système sur prise du secteur 220AC, sinon le système est alimenté par la batterie de la station sismologique.

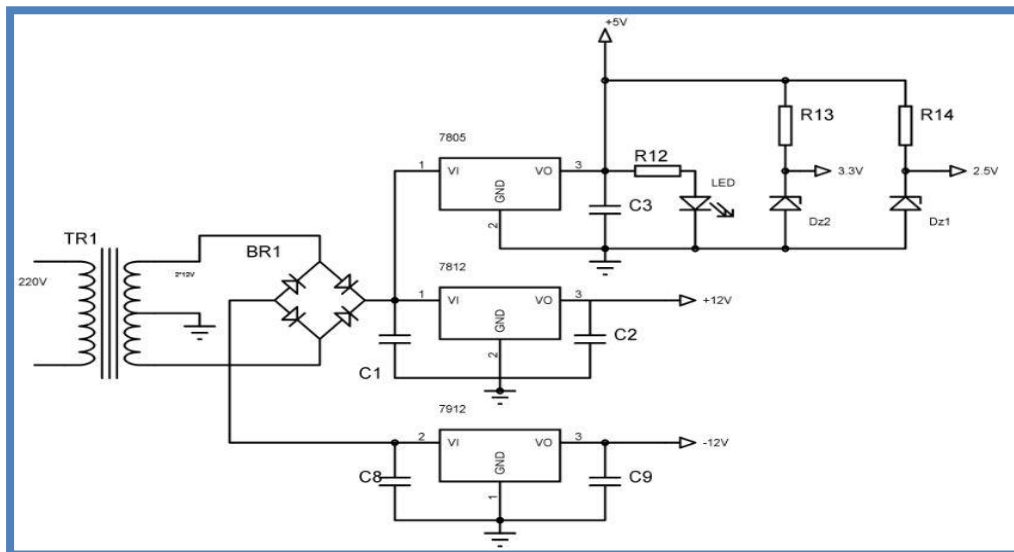


Figure-22 : Alimentation dans le cas de branchement sur secteur 220AC

III.4.6. Carte à relais

La commande des huit relais s'effectue à distance sur page web en utilisant le module Ethernet Shield connecté au modem GSM de la station sismologique. Le bouton ON permet d'actionner un relais pour effectuer une mesure et le bouton OFF pour mettre au repos le system. Nous avons évité d'utiliser des couleurs et des indicateurs sur la page Web afin de ne pas consommer trop de bande passante qui risque de perturber la transmission des données sismiques. Les figures suivantes montrent la page Web générée par le module Ethernet Shield (Figure-23) et carte a relais que nous avons réalisée (Figure-24).

Chapitre III : Mise au point d'un système de suivi et de contrôle de l'installation photovoltaïque d'une station sismologique en sites isolés

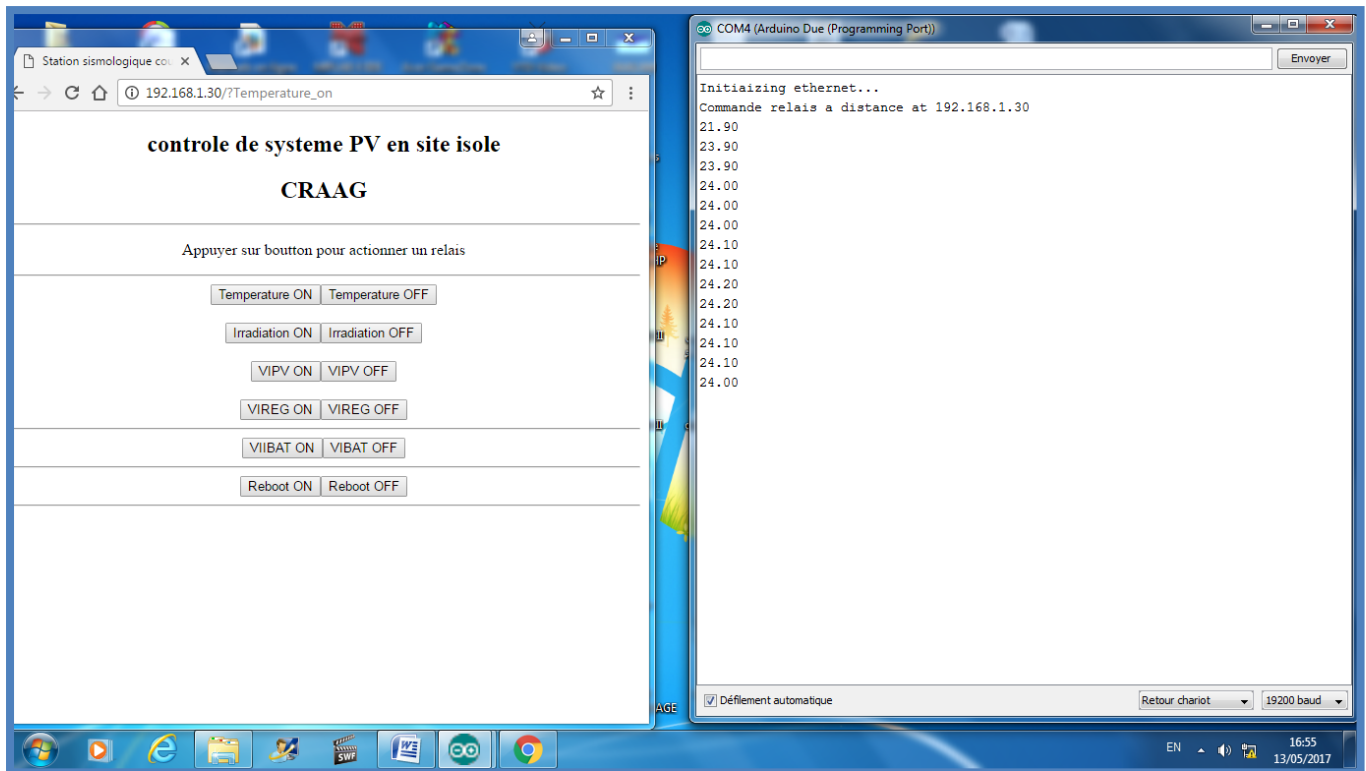


Figure-23 : Interface web pour contrôle de la carte à relais

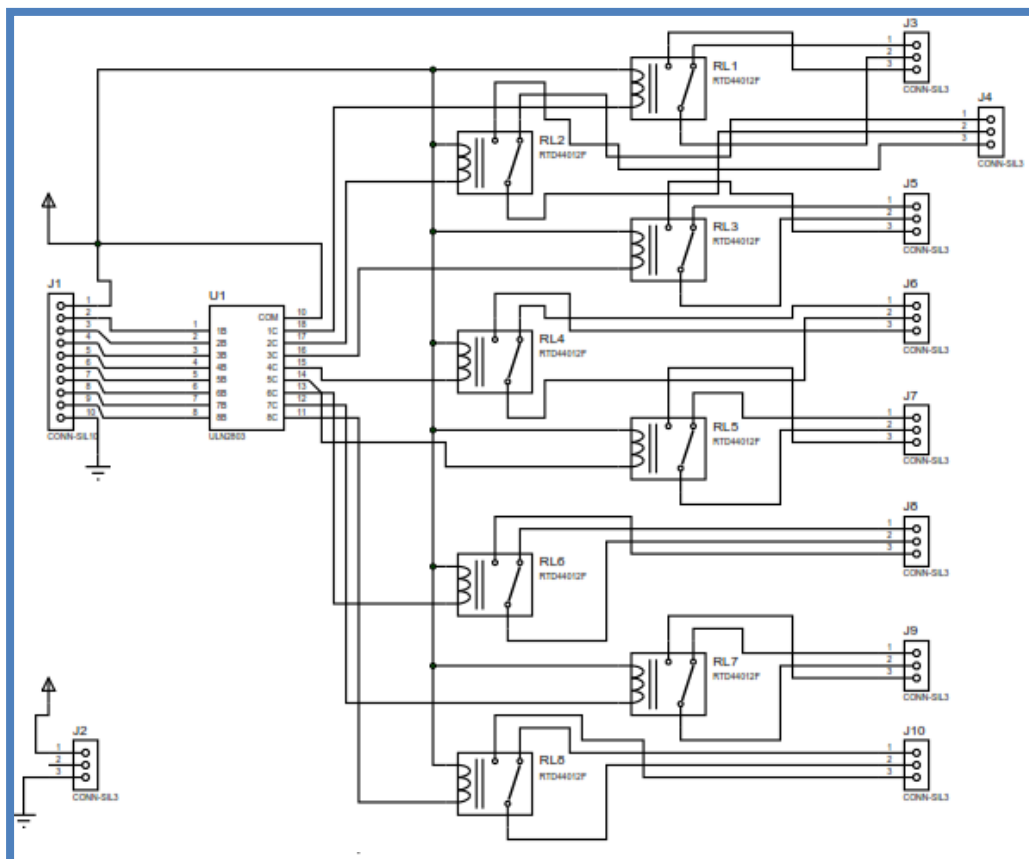


Figure-24 : Carte à 8 relais pour contrôle du système à distance.

III.5. Réalisation du système de suivi de l'installation photovoltaïque

La charge électronique variable est très utile pour tracer la caractéristique $I-V$ du panneau solaire ainsi que l'extraction des paramètres tels que la température et l'éclairement pour bien surveiller son rendement, mais un système de suivi en temps réel de l'installation photovoltaïque de la station sismologique, est nécessaire pour surveiller les courants, tensions et puissances de la batterie, du régulateur et du module solaire à distance par le moyen d'une page web, afin de permettre un fonctionnement permanent de la station, très bénéfique pour la localisation automatique des secousses et le système d'alerte précoce du réseau sismologique du CRAAG.

La (Figure-26) montre la constitution du système que nous avons réalisé.

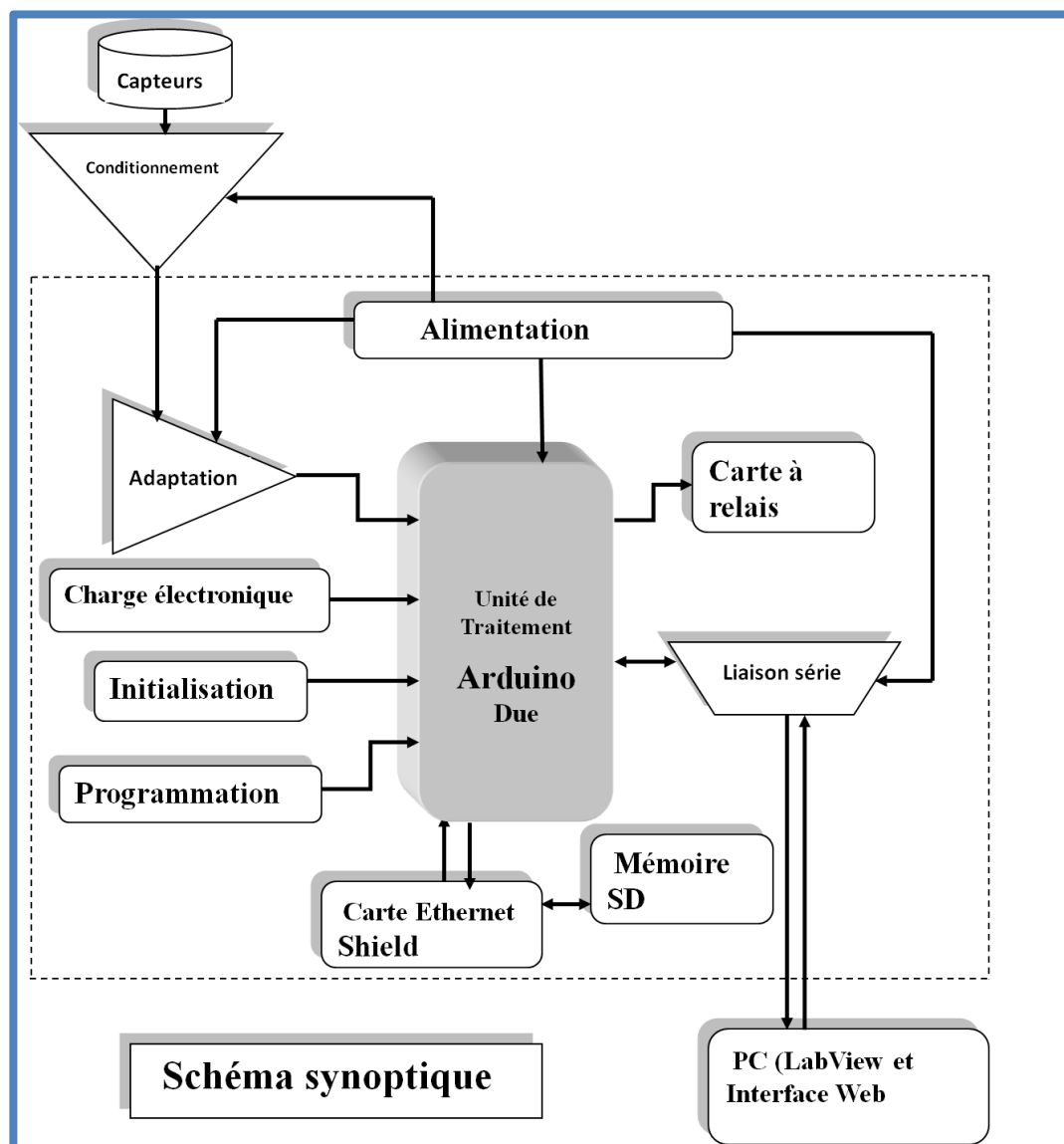


Figure-26 : Système de suivi de l'installation solaire d'une station sismologique

III.5.1. Description de la chaîne d'acquisition et de contrôle

La mise en marche ou à l'arrêt des différents capteurs reliés au système sont assurés par la carte à relais. Ce qui permet de surveiller la station à distance et de minimiser la consommation de l'énergie fournie par l'alimentation, ainsi que la bande passante du système de transmission. La figure ci-dessous décrit le fonctionnement du système de surveillance réalisé.

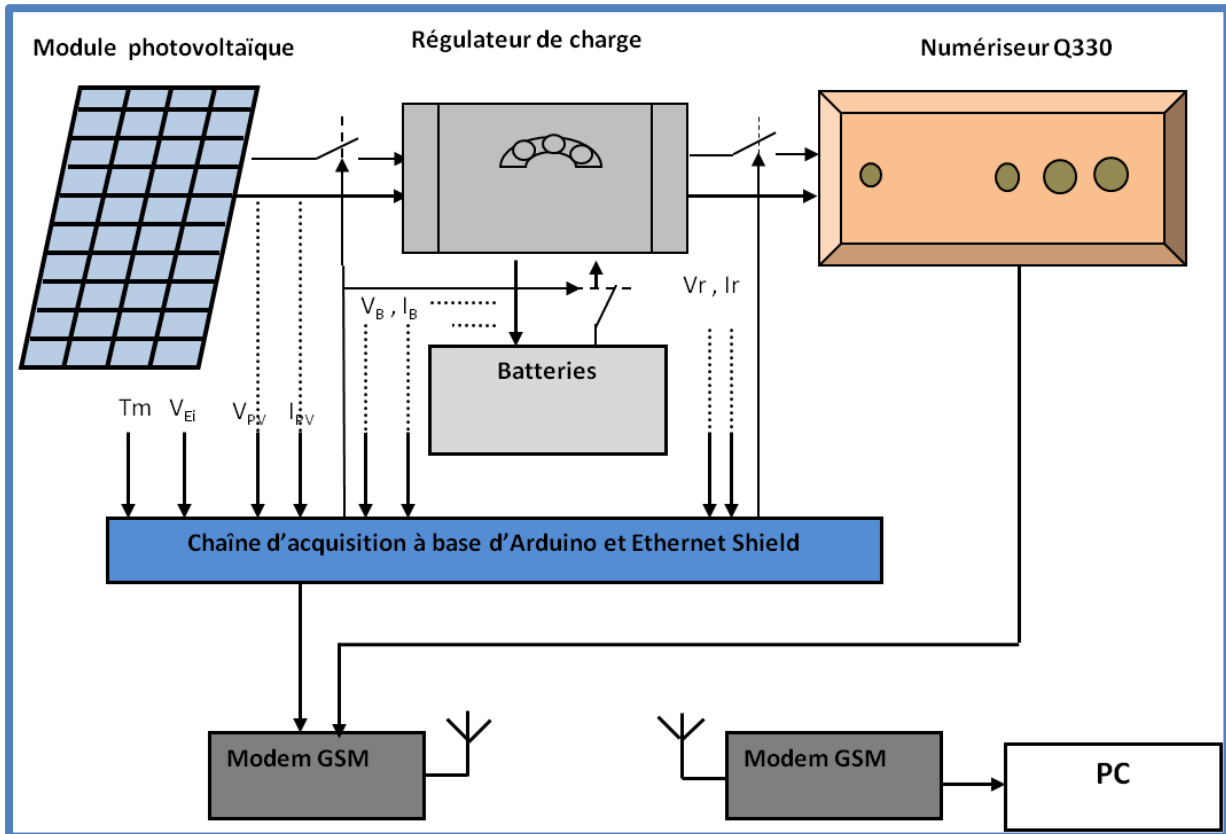


Figure-27 : fonctionnement du système

III.5.2. Lecture des données

La lecture des données acquises peut se faire sur place en connectant la carte Arduino à un ordinateur ou à distance en utilisant le modem GSM. L'enregistrement des données se fait sur disque dur du PC et sur mémoire SD sous forme de fichier Excel pour permettre à l'utilisateur de tracer facilement les différentes courbes de variation des paramètres.

La figure suivante, montre la mesure de la température par l'action du relais R1.

Chapitre III : Mise au point d'un système de suivi et de contrôle de l'installation photovoltaïque d'une station sismologique en sites isolés

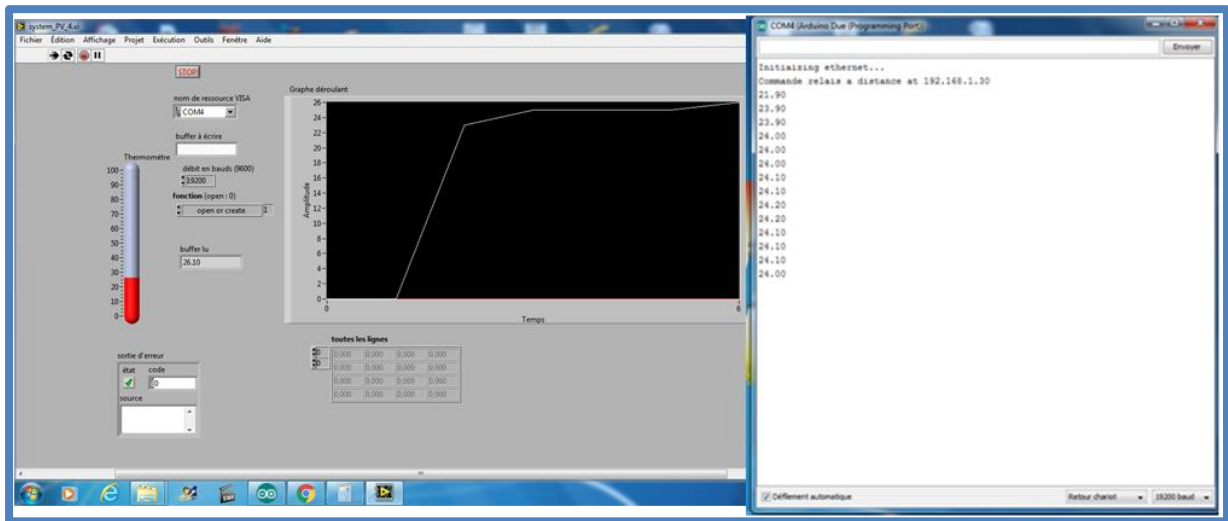


Figure-28 : Acquisition des données

III.5.3.a. Programme Arduino

Pour faciliter la programmation de la carte Arduino et éviter les erreurs, nous avons écrit des sous programmes permettant l'acquisition des données et le contrôle de la charge électronique qu'on peut appeler à partir du programme principal en suivant l'organigramme de la (Figure-29).

Les programmes de contrôle de la carte Ethernet Shield et d'affichage de la page web sont mis dans le programme principal permettant de faire appel à un ou plusieurs sous-programmes à la fois en actionnant un ou plusieurs relais.

```
sysl_solaire3 | Arduino 1.6.1
Fichier Edition Croquis Outils Aide

sysl_solaire3 $
client.print(F("<input type=button value='VIIBAT ON' onmousedown=location.href='/?VIIBAT_on'>"));
client.println(F("<input type=button value='VIIBAT OFF' onmousedown=location.href='/?VIIBAT_off'><br/><hr/>"));
client.println(F("</body></html>"));
client.println("<meta http-equiv='refresh' content='5'>");
delay(1);
//stopping client
client.stop();

if (readString.indexOf("/?Temperature_on") > 0)
{
digitalWrite(RL, HIGH);
Temperature();
Serial.println(data.temperature);
delay(50);
}

if (readString.indexOf("/?Temperature_off") > 0) {
digitalWrite(RL, LOW);
}
```

Figure-29 : Programme Arduino

Chapitre III : Mise au point d'un système de suivi et de contrôle de l'installation photovoltaïque d'une station sismologique en sites isolés

III.5.3.b. L'interface graphique LabView

Le programme d'affichage et d'enregistrement des données est développé sous LabView. Il est constitué de la face avant (Figure-30) permettant de visualiser la température et l'éclairement sur des indicateurs, de tracer les courbes sur des graphes et d'enregistrer les données sur disque dur du PC. La face diagramme (Figure-31) permet d'écrire le programme sous forme graphique permettant aux VIs de la face avant d'exécuter les différentes tâches souhaitées.

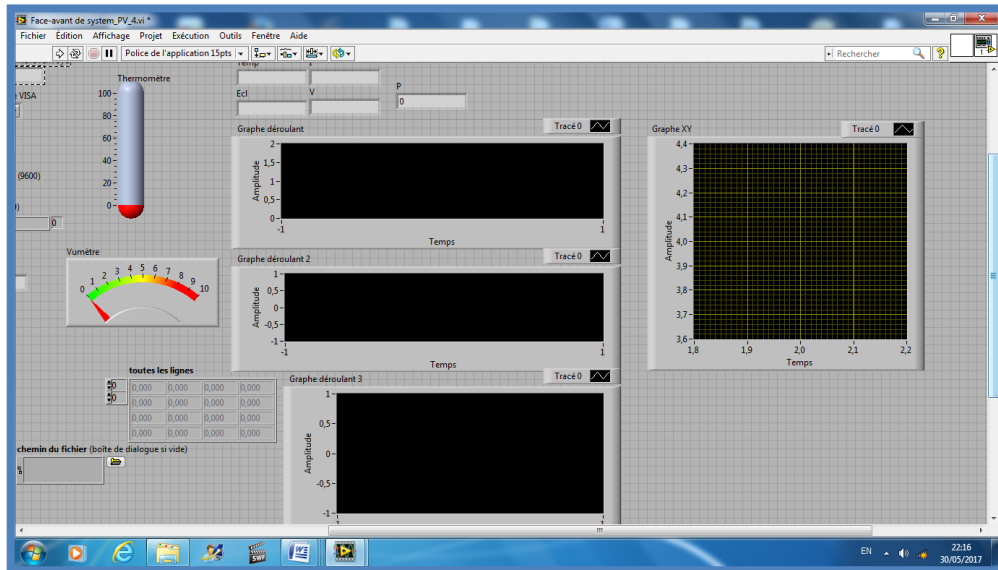


Figure-30 : Face avant du programme LabView

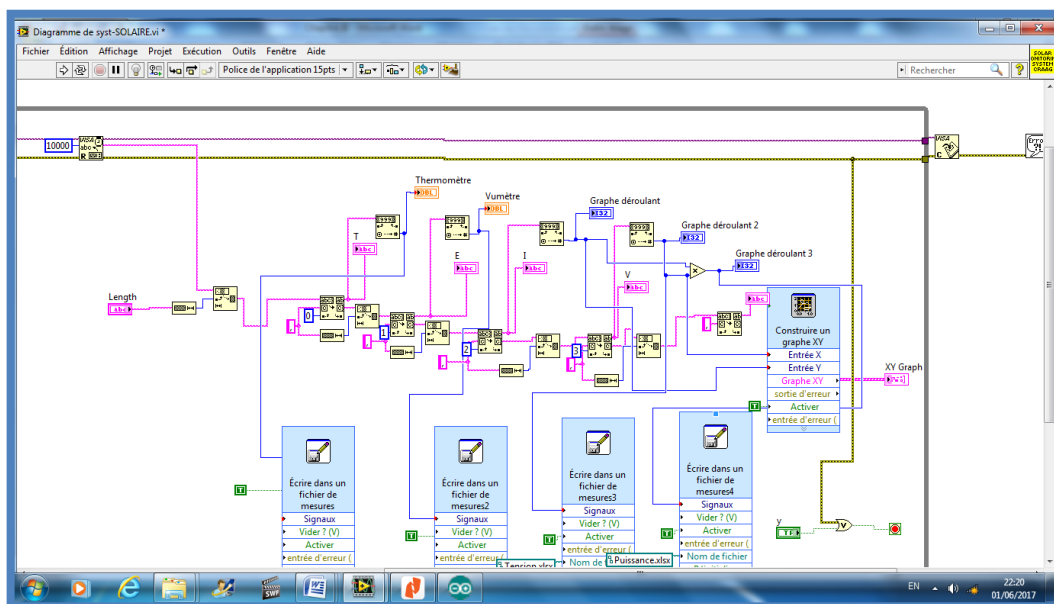


Figure-31 : Face diagramme du programme LabView

III.5.3. Transmission des données

La transmission des données est possible en connectant la carte Arduino sur le port série du modem GSM. L'utilisateur de son côté peut connecter l'application LabView sur un autre modem pour récupérer les données.

III.5.3.a. La carte Ethernet Shield

La carte Ethernet Shield est compatible avec toutes les cartes Arduino, elle permet à l'Arduino Due d'utiliser une page Web pour contrôler la carte à relais à distance par protocole TCP/IP en utilisant le modem GSM de la station sismologique.

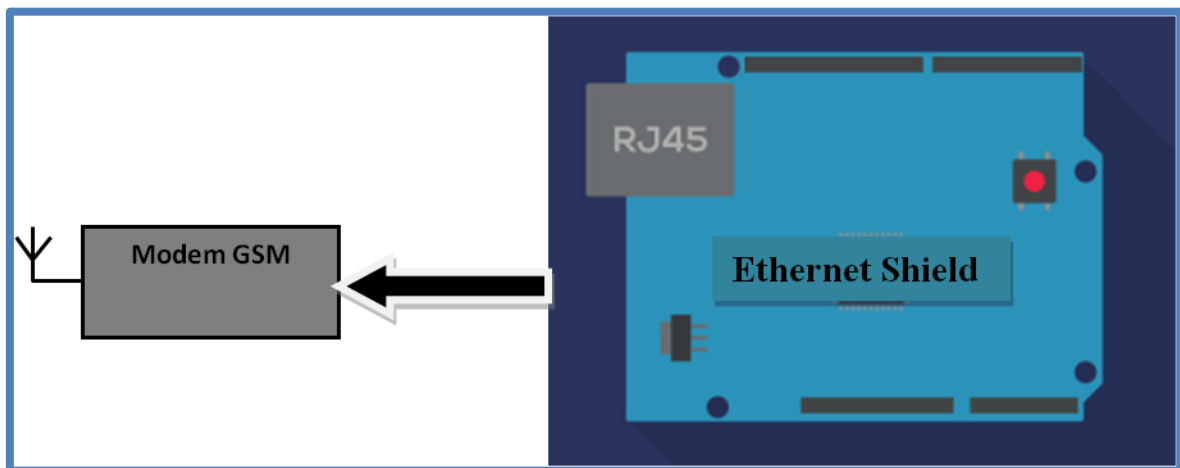


Figure-32 : Le module Ethernet Shield

Chapitre IV : Résultats expérimentaux

IV.1. Introduction

Nous présentons dans ce chapitre les premiers résultats obtenus sur des tests effectués au niveau du laboratoire d'instrumentation du CRAAG situé à Bouzaréah.

La charge électronique est testée sur un panneau solaire de 80 Watt dont les caractéristiques sont présentées en Annexe et les résultats obtenus sont visualisés en temps réel sur ordinateur puis sauvegardés dans des fichiers ‘ *.XLSX’ pour pouvoir tracer la caractéristique $I-V$ du module photovoltaïque et la comparer au modèle théorique présenté au chapitre I.

Le système de surveillance est testé sur une station sismologique installée sur place (Bouzaréah). La commande des relais et la transmission des données sont effectuées en réseau local. Les résultats sont visualisés sur interface LabView en temps réel et sauvegardés dans des Fichiers *.XLSX, pour les utiliser ultérieurement.

IV.2. Outils de développement et de conception utilisés

Dans ce travail, un assemblage de plusieurs logiciels est fait afin de réaliser un tel résultat. La carte Arduino Due est programmée à partir de l'IDE qui convertit le programme en fichier HEX introduit dans le microcontrôleur permettant le fonctionnement du système.

L'outil de développement Arduino est une plateforme open-source d'électronique programmée basée sur une simple carte à microcontrôleur (de la famille AVR), et un logiciel véritable environnement de développement intégré (Figure-33), pour écrire, compiler et transférer le programme vers la carte à microcontrôleur.

Chapitre IV : Résultats expérimentaux



```
syst_solaire3 | Arduino 1.6.1
Fichier  Édition  Croquis  Outils  Aide

syst_solaire3
double Amperagepv = 0;
double Amperageveg = 0;
double Amperagebat = 0;
float valeur;

void setup() {
  analogWriteResolution(12);
  analogReadResolution(12);

  pinMode(R1, OUTPUT);
  pinMode(R2, OUTPUT);
  pinMode(R3, OUTPUT);
  pinMode(R4, OUTPUT);
  pinMode(R5, OUTPUT);
  pinMode(R6, OUTPUT);
  pinMode(R7, OUTPUT);
  pinMode(R8, OUTPUT);

  Serial.begin(19200);

  dht.begin();
}

Enregistrement terminé

Le croquis utilise 45 144 octets (8%) de l'espace de stockage de programmes. Le
maximum est de 524 288 octets.

Z12 Arduino Due (Programming Port) on COM4
```

Figure-33 : Outil IDE pour programmation de la carte Arduino

La carte à relais, la charge électronique et les circuits d'adaptation sont conçus en utilisant le logiciel Proteus, permettant la conception et réalisation des circuits imprimés et la simulation des cartes Arduino. La figure ci-dessous montre les trois cartes réalisées en utilisant de ce logiciel.

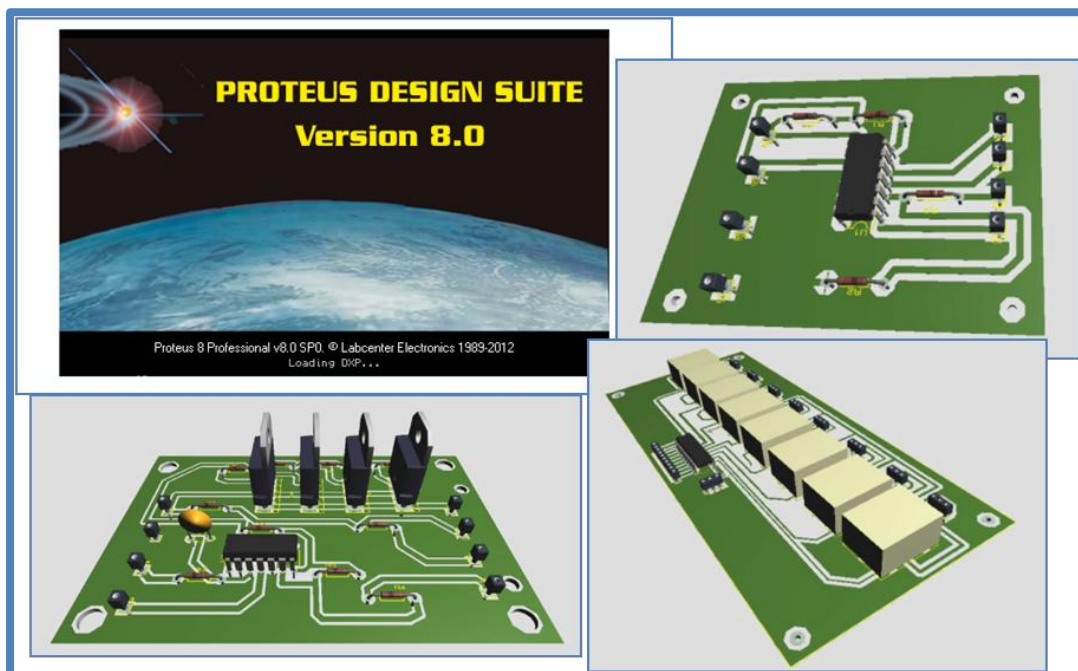


Figure-34 : Outil de conception Proteus

Chapitre IV : Résultats expérimentaux

L'interface graphique est développée sous LabView qui est très adapté pour ce type de réalisations. Il permet de communiquer avec les cartes via divers port (série, USB, I2C, RJ-45...etc.), d'afficher les résultats sur des indicateurs et des graphes et permet également la manipulation des fichiers sous divers formats (binaire, texte et Excel). La programmation se fait sous forme graphique.

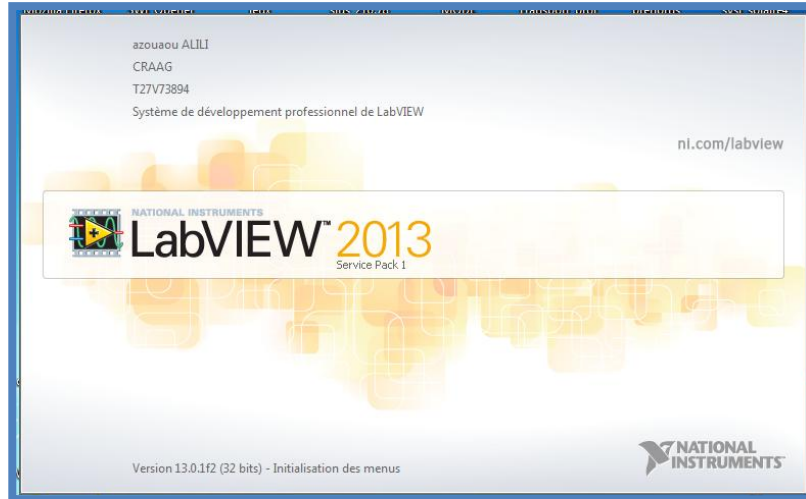


Figure-35 : Outil de programmation graphique LabView

IV.3. Caractéristique $I-V$ du module photovoltaïque

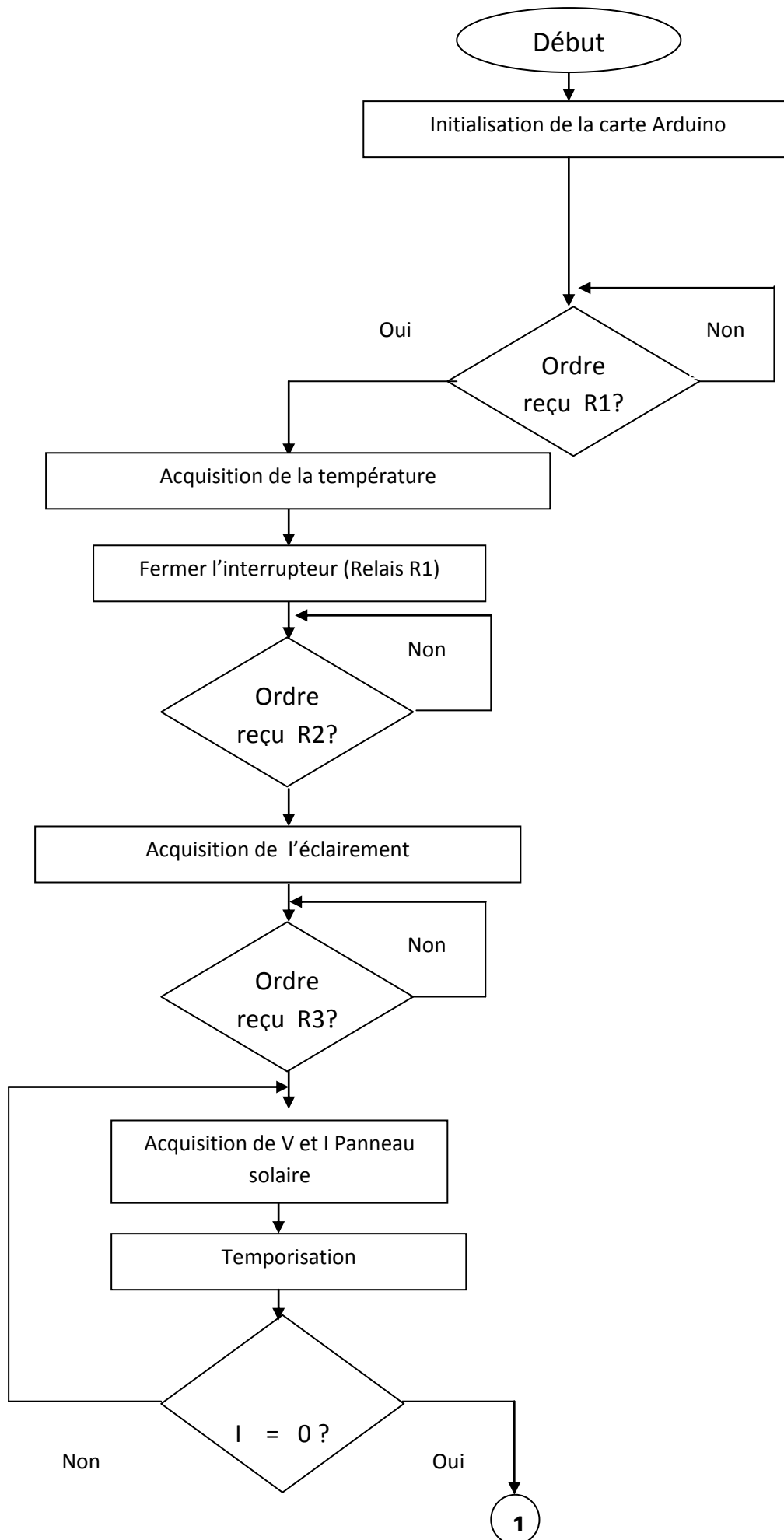
La variation de la charge électronique nous permet de tracer la caractéristique $I-V$ du module photovoltaïque. La courbe est obtenue en reprenant les valeurs des tensions et courants à partir des fichiers Excel enregistrés sur ordinateur.

IV.4. Procédure d'Acquisition

La procédure d'acquisition est présentée sur l'organigramme de la (figure -36). Avant d'entamer l'acquisition, une initialisation du microcontrôleur est nécessaire ; elle consiste en la configuration des ports d'entrées/sorties, déclaration des variables et des tableaux, configuration des adresses MAC et IP de la carte Ethernet Shield et enfin configuration de la résolution sur 12 Bits des ADC et DAC de la carte Arduino Due.

En recevant l'ordre de l'interface Web par l'action d'un bouton déclenchant un relais, un ou plusieurs paramètres sont acquis et placés dans un tableau pour ensuite les envoyer par liaison série à l'ordinateur et les afficher sous forme graphique.

Chapitre IV : Résultats expérimentaux



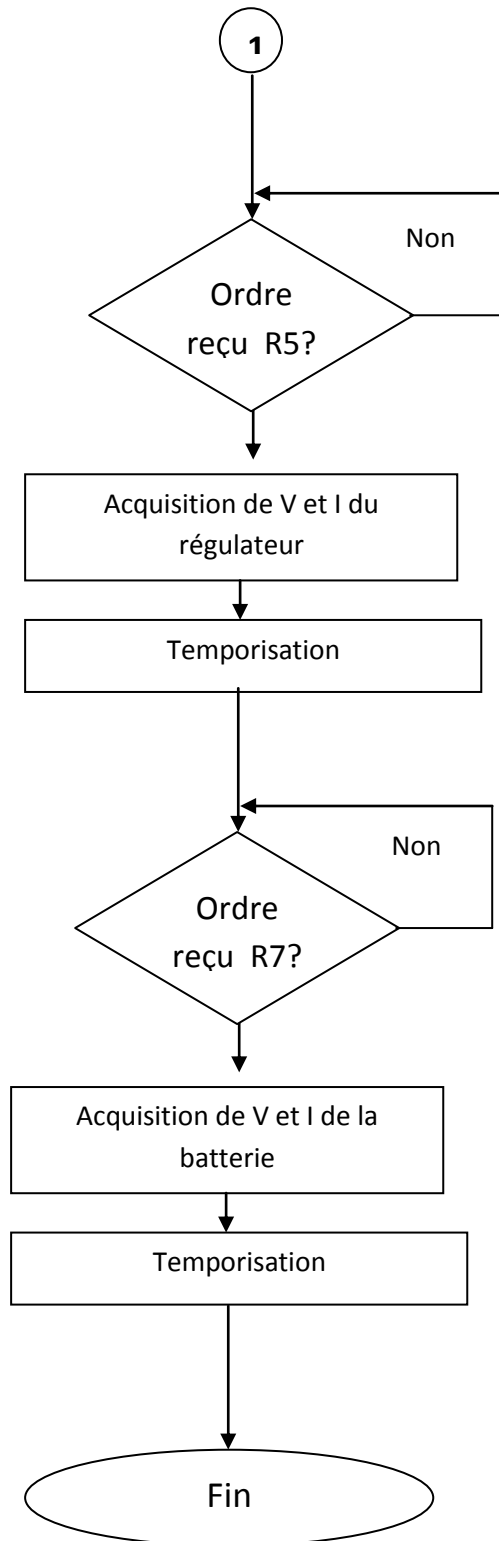


Figure-36 : Organigramme de fonctionnement du système

IV.5. Résultats et commentaires

IV.5.1. Système de suivi de l'installation photovoltaïque

Le système de surveillance de l'installation photovoltaïque est utilisé pour consulter l'état des tensions, courants et puissances au niveau du panneau solaire, de la batterie et de la charge DC (station sismologique), en temps réel et à distance.

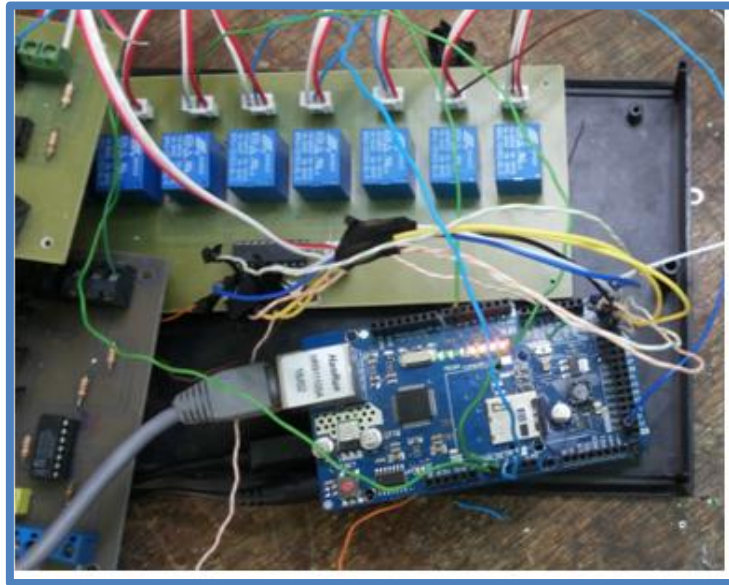
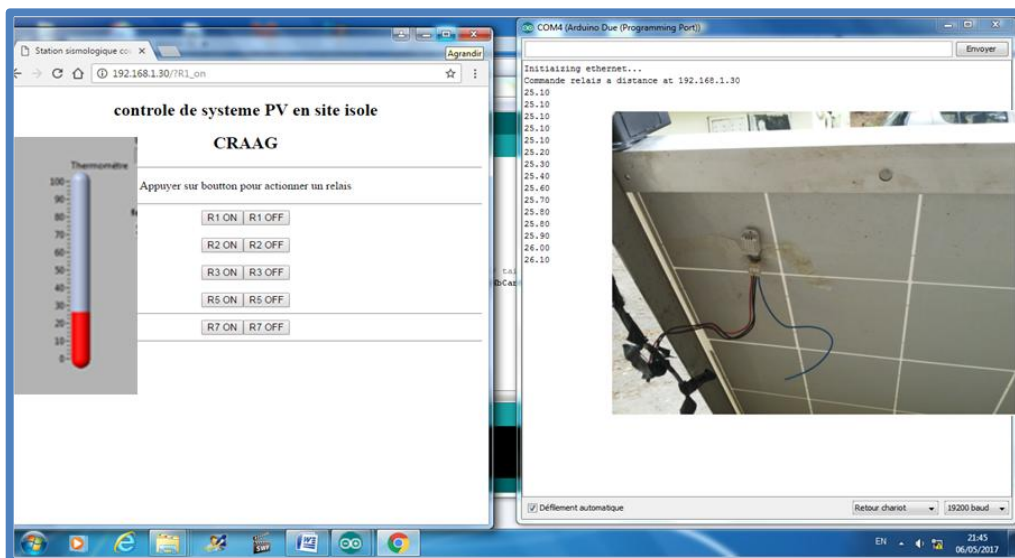


Figure-37 : Le système réalisé

En appuyant sur le bouton Temperature_ON sur la page Web, le relais R1 se déclenche pour lancer l'acquisition sur la broche 6 numérique de la carte Arduino. L'interface LabView va donc afficher sa valeur sur un indicateur (Figure -38). Pour arrêter l'acquisition et fermer le relais R1, on appuie sur Temperature_OFF.



Chapitre IV : Résultats expérimentaux

Figure-38 : Acquisition et affichage de la température

Un Appui sur le bouton Irradiation_ON sur la page Web, le déclenchement du relais R2 va lancer l'acquisition de l'éclairement sur l'entrée analogique A0 de la carte Arduino et afficher sa valeur sur un indicateur de l'interface LabView (Figure-39). La valeur maximale correspondant à l'éclairement maximal est de 3.3V sur Arduino et pour avoir le courant de court circuit I_{sc} , nous mesurons la tension d'une résistance Shunt. Pour arrêter l'acquisition et fermer le relais R2, on appui sur Irradiation_OFF

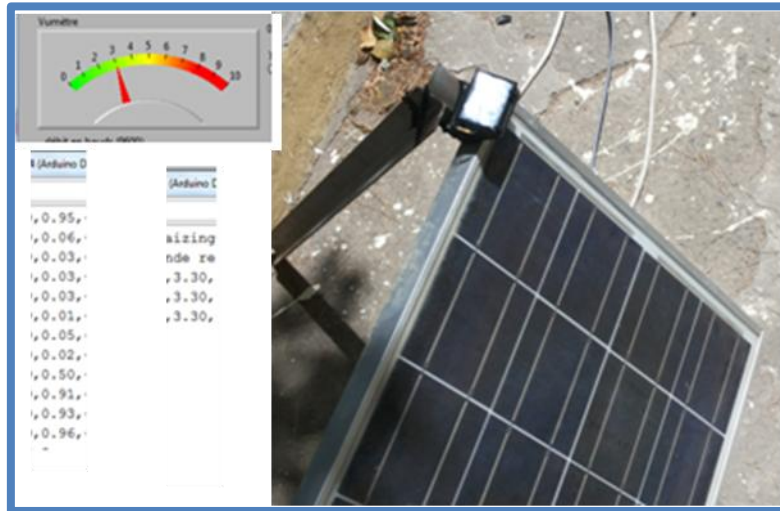


Figure-39 : Acquisition et affichage de l'éclairement

Le Courant et tension de la batterie sont mesurés par le capteur de courant ACS712 (Figure-40), sur l'entrée analogique A3 par l'appui sur le bouton VIBAT_ON, ce qui va actionner les relais R1,R2,R7 pour afficher les courant, tension et puissance sous forme graphique ainsi que les température et irradiation sur des indicateurs (Figure-41). Pour arrêter l'acquisition et fermer les relais, on appui sur VIBAT_OFF.

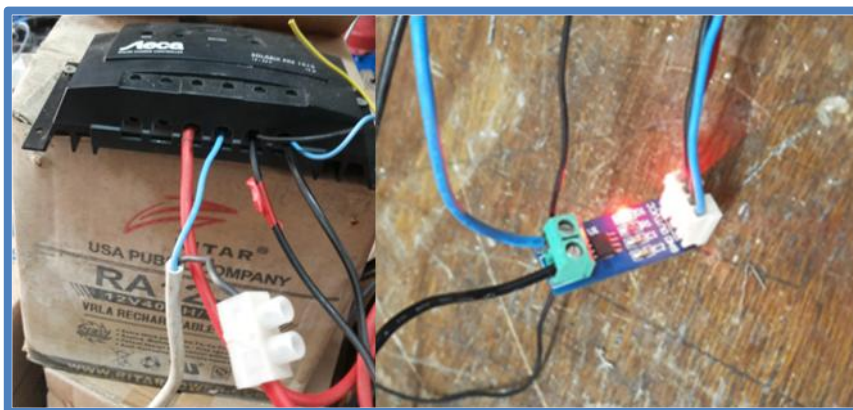


Figure-40 : Acquisition du courant et de la tension de la batterie

Chapitre IV : Résultats expérimentaux

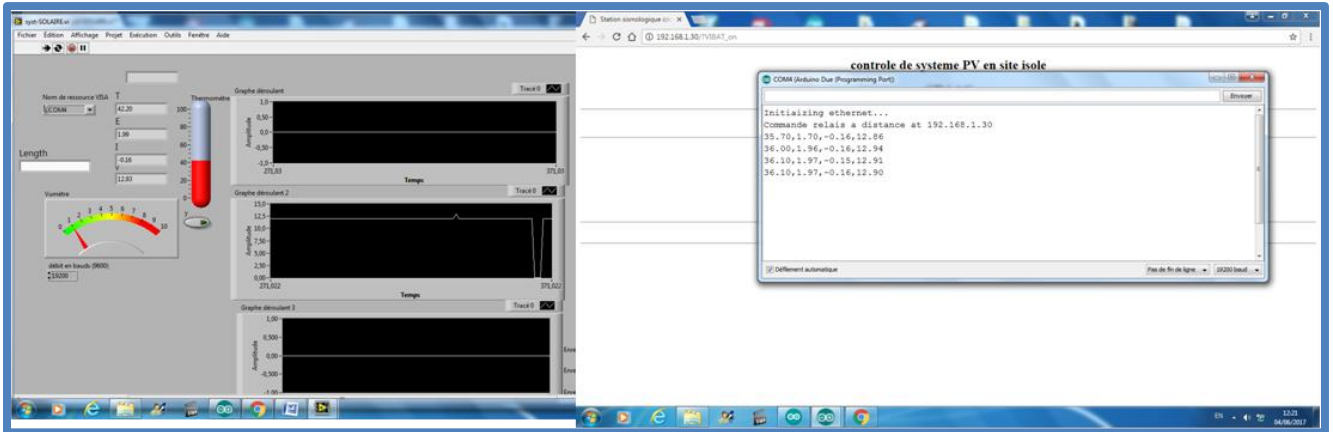


Figure-41 : Affichage du courant et de la tension de la batterie

Les Courant et tension du régulateur sont mesurés par le capteur de courant ACS712 (Figure-42), sur l'entrée analogique A5 par l'appui sur le bouton VIREG_ON, ce qui va actionner les relais R1,R2,R5 pour afficher les courant, tension et puissance sous forme graphique ainsi que les température et irradiation sur des indicateurs (Figure-43). Pour arrêter l'acquisition et fermer les relais, on appui sur VIREG_OFF.

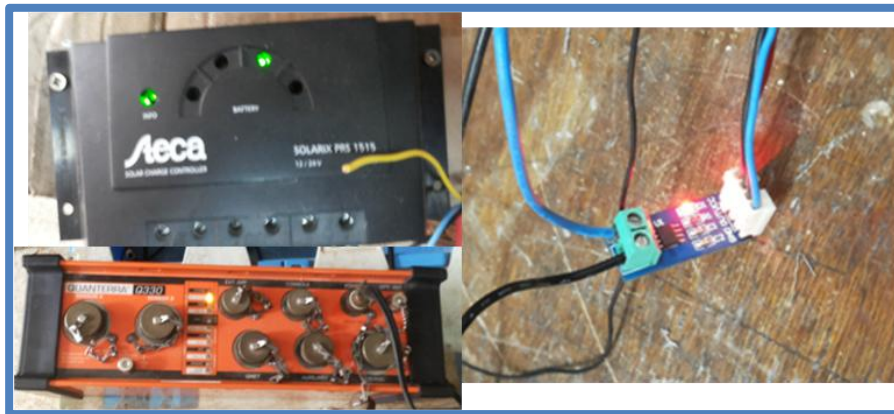


Figure-42 : Acquisition du courant et de la tension du régulateur

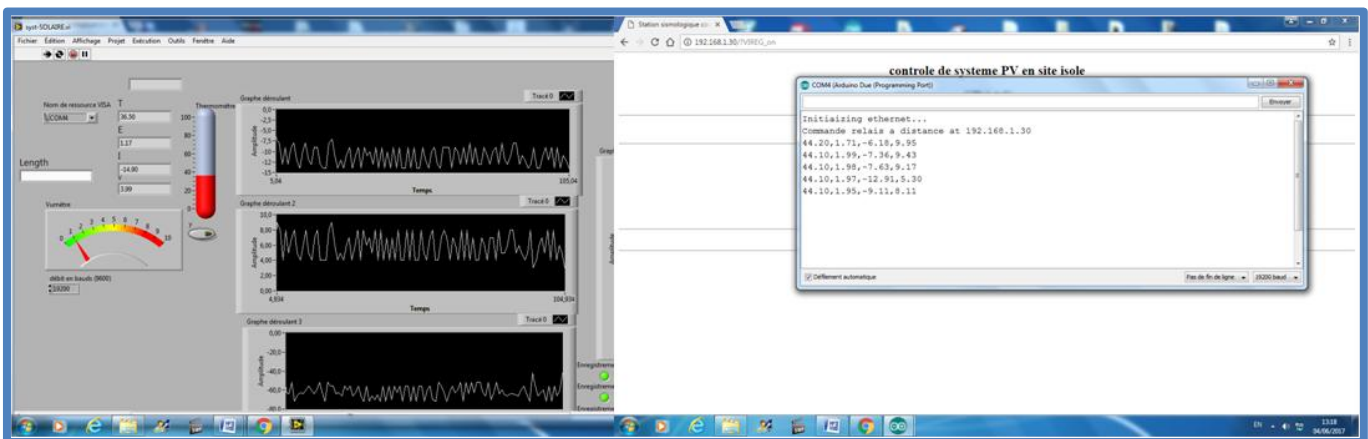


Figure-43 : Affichage du courant et de la tension du régulateur

Chapitre IV : Résultats expérimentaux

Les Courant et tension du module solaire sont mesurés par le capteur de courant ACS712 (Figure-44), sur l'entrée analogique A1 par l'appui sur le bouton VIPV_ON, ce qui va actionner les relais R1,R2,R3 pour afficher les courant, tension et puissance sous forme graphique ainsi que les température et irradiation sur des indicateurs (Figure-45). Pour arrêter l'acquisition et fermer les relais, on appui sur VIPV_OFF.



Figure-44 : Acquisition du courant et de la tension du module solaire

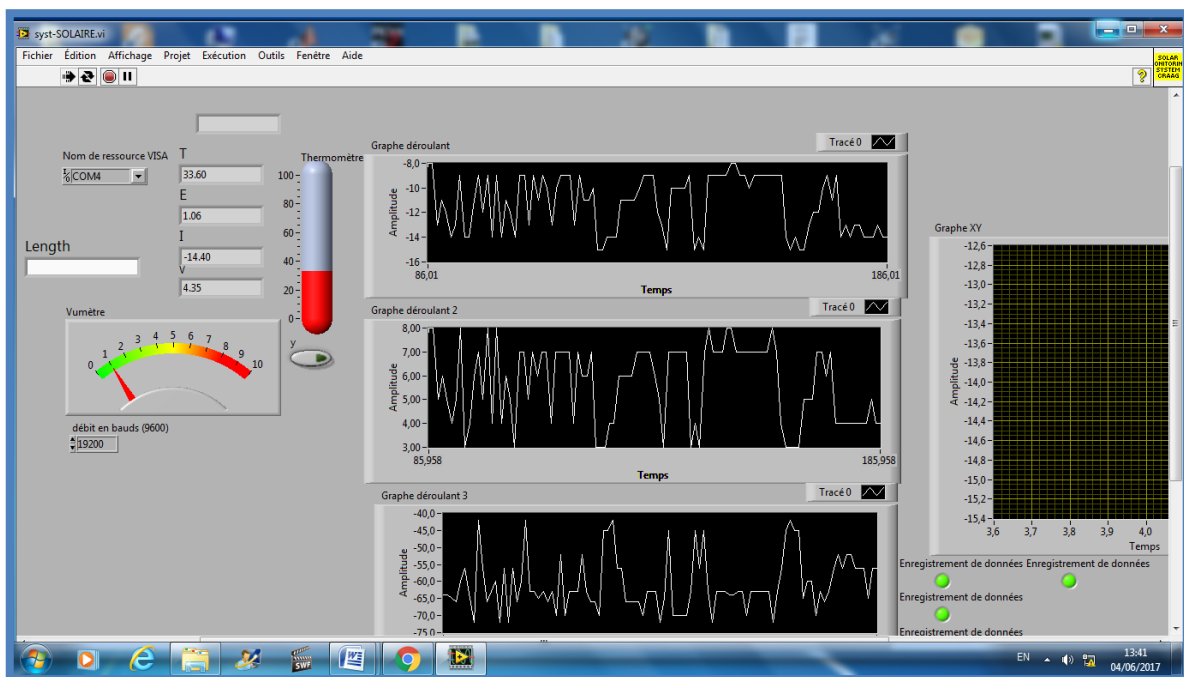


Figure-45 : Affichage du courant et de la tension du module solaire

IV.5.2. Test de la charge électronique

Le test de la charge électronique (Figure-46) variable se fait en branchant le panneau solaire entre les drains et sources des Mosfets. Les grilles des MOSFETs sont attaquées par un signal de forme analogique issu de la sortie PWM (Broche 13) de la carte Arduino pour faire varier la charge électronique. La tension est mesurée sur un

Chapitre IV : Résultats expérimentaux

diviseur de tension par l'entrée analogique A2 et le courant par le capteur ACS712 sur l'entrée analogique A1.

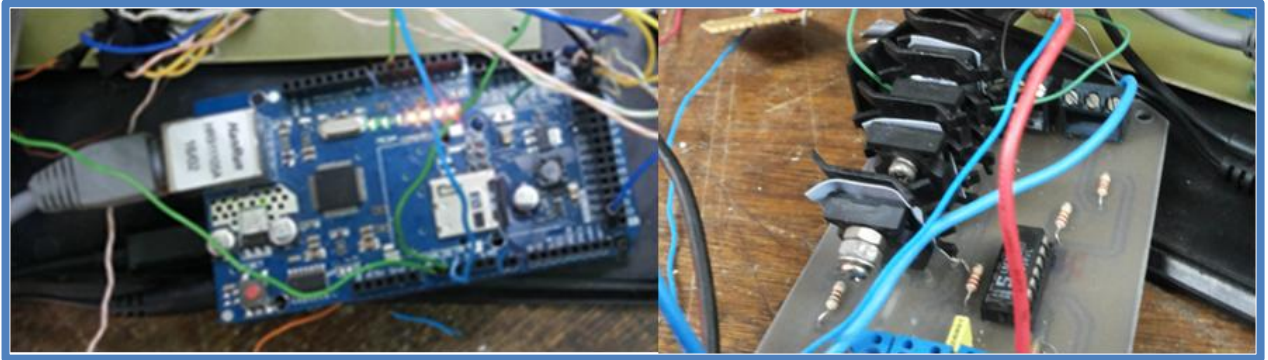


Figure-46 : La charge électronique variable

La figure suivante montre le signal PWM généré par la carte Arduino et dont on fait varier le rapport cyclique de 0 à 100%.

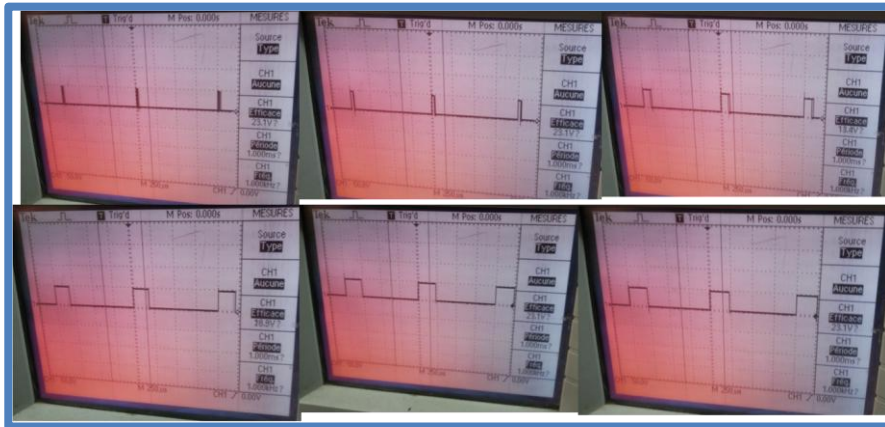


Figure-47 : Signal PWM généré par la broche 13 de la carte Arduino

La (Figure-47) montre le signal attaquant les grilles des transistors MOSFETs permettant de faire varier la charge électronique.

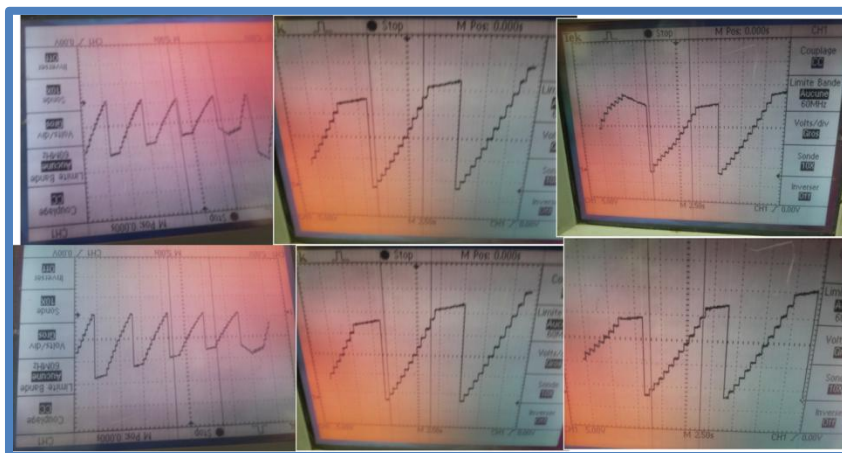


Figure-48 : Signal au niveau de la Grille du MOSFET

Chapitre IV : Résultats expérimentaux

Les courants, tensions et puissances sont affichées sur LabView (Figure-49), ainsi que le courant en fonction de la tension (Figure-50)

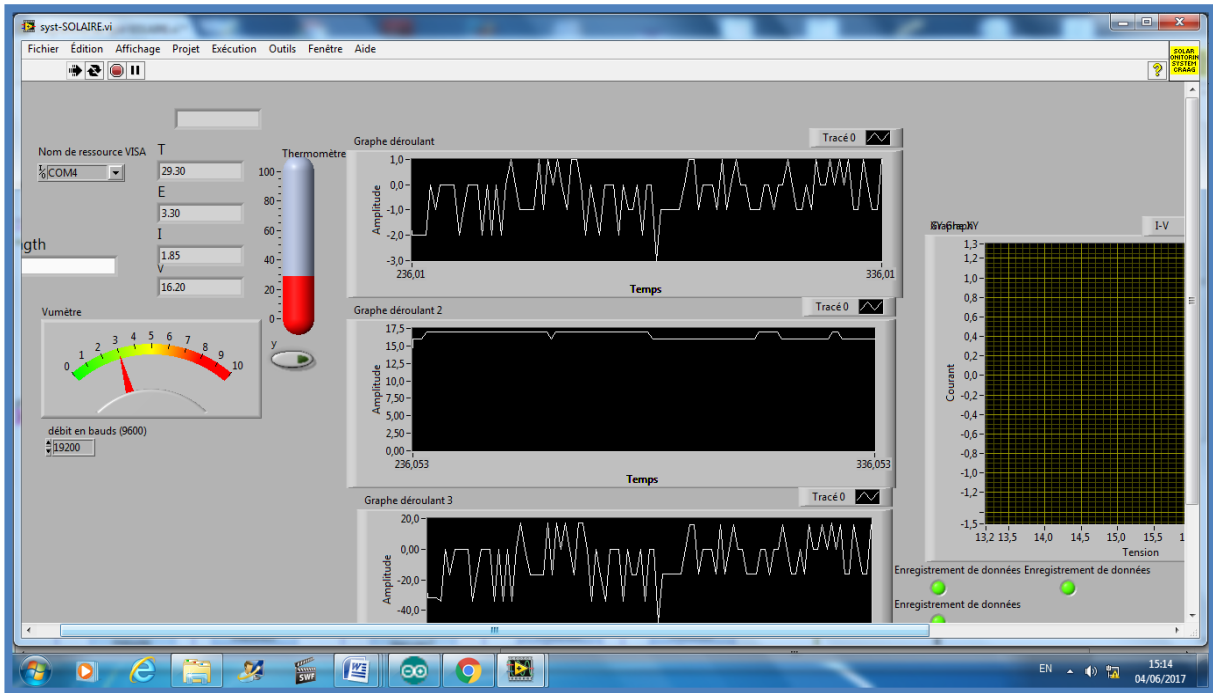


Figure-49 : Affichage du courant et de la tension du module solaire

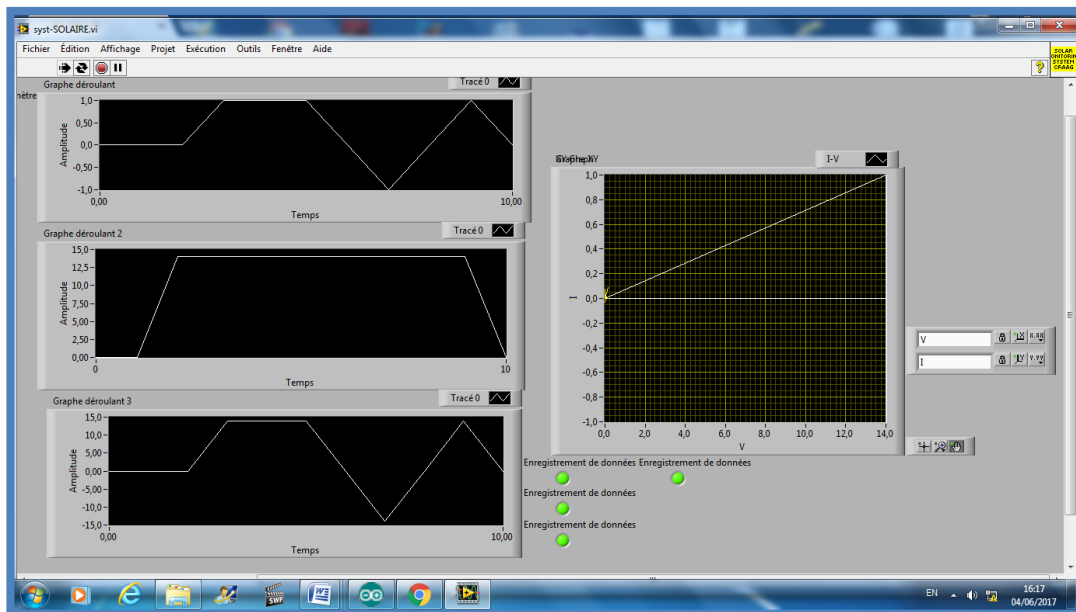


Figure-50 : Affichage du courant en fonction de la tension sur Graph XY

Toutes les données acquises sont sauvegardées dans des fichiers Excel sur disque dur (Figure-51) pour tracer les différentes courbes ; courant, tension, puissance en fonction du temps et la caractéristique $I-V$ du panneau solaire.

Chapitre IV : Résultats expérimentaux

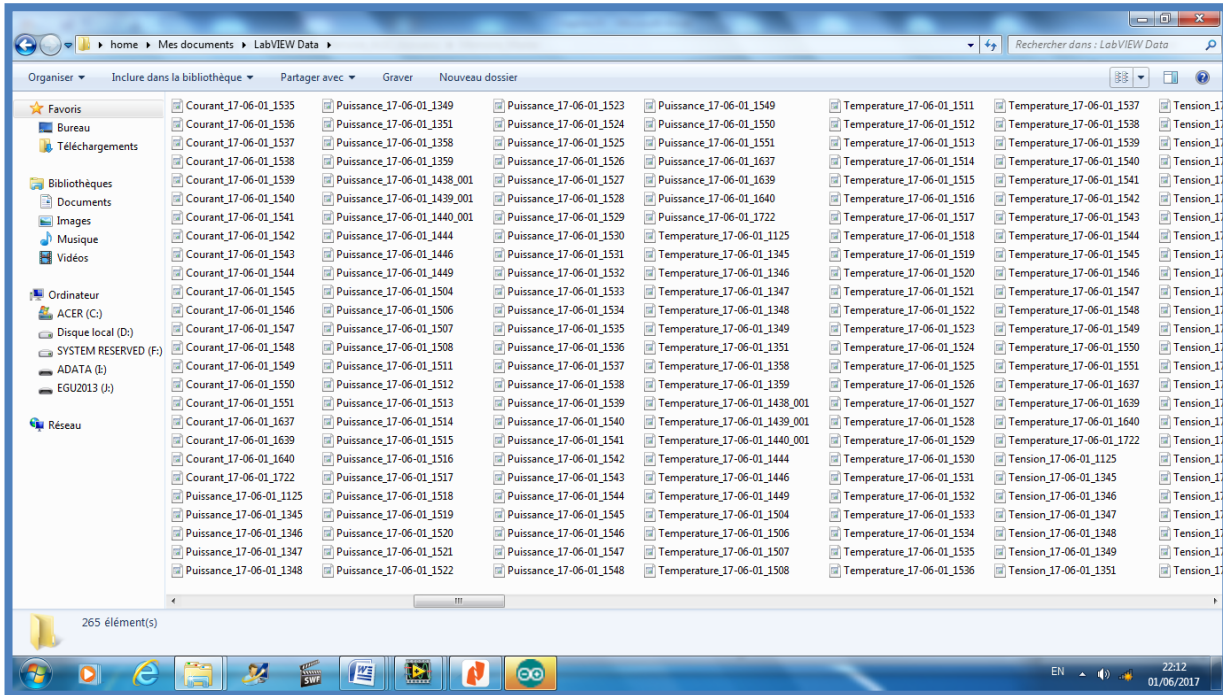


Figure-51 : Sauvegarde des données sur disque dur

Les résultats obtenus sont satisfaisants, et permettent pas uniquement de surveiller le système solaire mais de mener des études approfondies sur les performances des panneaux solaires et des accumulateurs en exploitant les données enregistrées.

CONCLUSION

Les objectifs atteints de ce projet, étaient la réalisation d'un système de surveillance à distance pour l'alimentation solaire d'une station sismologique du CRAAG, afin de vérifier son état avant déplacement de l'équipe maintenance sur site. Une charge électronique variable a été également réalisée dans le but de diagnostiquer le module solaire par l'extraction de ses paramètres et de tracer sa caractéristique $I-V$.

Un logiciel associé a été développé sous LabView ayant pour rôle l'acquisition, l'affichage sous forme graphique en temps réel et le stockage des données. Enfin une simple page Web pour commander le système à distance.

Les améliorations futures envisagées et ceci tout en conservant l'architecture du système actuel sont :

- Ajout d'un programme permettant la recherche du point de puissance maximal (MPPT).
- Ajouter d'autres détecteurs permettant de sécuriser les stations sismologiques.
- Ajout d'un accès à l'interface graphique LabView par protocole TCP/IP.
- Amélioration de la page web en ajoutant des indicateurs pour vérifier l'état de tous les capteurs et équipements connectés au réseau.
- Sauvegarde des données sur la mémoire SD du module Ethernet Shield.
- Ajout d'un Afficheur graphique pour tracer les courbes et afficher les valeurs.

En fin de ce travail, nous souhaitons vivement que ce projet puisse servir comme élément de base pour d'autres études plus approfondies pour élargir son utilisation dans d'autres secteurs et domaines.

Annexes

Arduino Due

- AT91SAM3X8E (ARM Cortex-M3)
- 54 Digital I/O Pins (12 can do PWM)
- 12 Analog Input Pins, 2 Analog Output pins
- 512 KB Flash Memory, 96 KB SRAM
- 84 MHz Clock



SHARP
MULTI-PURPOSE MODULE
NE-80EJEA

80 WATT

POWERFUL PERFORMANCE. SHARP RELIABILITY.

POLY-CRYSTALLINE SILICON PHOTOVOLTAIC MODULE WITH 80W MAXIMUM POWER

Sharp's NE-80EJEA photovoltaic modules offer industry-leading performance, durability, and reliability for a variety of electrical power requirements. Using breakthrough technology perfected by Sharp's 45 years of research and development, these modules incorporate an advanced surface texturing process to increase light absorption and improve efficiency. Common applications include cabins, solar power stations, pumps, beacons, and lighting equipment. Designed to withstand rigorous weather conditions, a junction box is also provided for easy electrical connections in the field, making Sharp's NE-80EJEA modules the perfect combination of advanced technology and reliability.



Polycrystalline silicon cells offer high-efficiency performance under low light conditions.



Sharp's multi-junction modules offer robust operating performance for a variety of applications.

FEATURES

- High-power module (80W) using 125mm square polycrystalline silicon solar cells with 12.43% module conversion efficiency
- Sharp's advanced surface texturing process increases light absorption and efficiency while providing a more subdued, "natural" look
- Bypass diodes minimize the power drop caused by shade
- Water white, tempered glass, EVA laminate, plus aluminum frame for extended outdoor use
- Junction box for easy electrical connections in the field
- Nominal 12VDC output for battery charging applications
- UL Listings: UL 1703, UL
- Sharp modules are manufactured in ISO 9001 certified facilities
- 25-year limited warranty on power output (see dealer for details)

NE-80EJEA

MULTI-PURPOSE MODULE

80 WATT

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Cell	Polycrystalline silicon
No. of Cells and Connections	36 in series
Open Circuit Voltage (V _{oc})	21.4V
Maximum Power Voltage (V _{mp})	17.3V
Short Circuit Current (I _{sc})	5.16A
Maximum Power Current (I _{mp})	4.63A
Maximum Power (P _{max}) ¹	80W (±10% / ±1%)
Module Efficiency (η _{mod})	12.40%
Maximum System Voltage	600VDC
Series Fuse Rating	10A
Type of Output Terminal	Junction Box

¹ (STC) Standard Test Conditions: 20°C, 1000W/m², AM 1.5

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Dimensions (A x B x C)	47.24" x 21.34" x 1.81" 1200mm x 537mm x 46mm
Weight	20.56lbs / 9.33kg
Packing Configuration	2 pcs per carton
Size of Carton	58.11" x 27.96" x 2.90" 1480mm x 706mm x 73mm
Loading Capacity (20 ft container)	242 pcs (242 cartons)
Loading Capacity (40 ft container)	504 pcs (504 cartons)

IV CURVES

Cell Temperature: 20°C

Current, Power vs. Voltage Characteristics

DIMENSIONS

A	B	C
47.24(1200)mm	21.34(537)mm	1.81(46)mm
D	E	F
39.75(1000)mm	9.42(239)mm	23.42(595)mm
		18.07(458)mm


Design and specifications are subject to change without notice.

In the absence of confirmation by product manuals, Sharp takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any Sharp devices. Contact Sharp to obtain the latest product manuals before using any Sharp device.


Sharp Electronics Corporation • 5901 Bolsa Avenue, Huntington Beach, CA 92647
Tel: 1-800-SOLAR-06 • E-mail: sharpolar@sharpusa.com • www.sharpusa.com/solar

Cover photo: Solar Installation by Hudson Valley Clean Energy, Rhinebeck NY
532-80-606
©2008 Sharp Electronics Corporation
Printed in the USA

UL 100-12
12V 100AH
General



UL 100 -12



Physical Specification

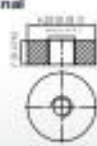
Part Number:	UL100-12
Length:	330 ± 2 mm (12.99 inches)
Width:	173 ± 2 mm (6.81 inches)
Container Height:	212 ± 2 mm (8.35 inches)
Total Height (with terminal):	220 ± 2 mm (8.66 inches)
Approx Weight:	Approx 30.4 kg (66.15lbs)


Specifications

Terminal Type	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity (10PR)	100AH
Container Material	Standard Terminal	P8
	Optional Terminal	P11
Rated Capacity	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS (UL94-V0)
Max Discharge Current	104.0 AH@15.20A	(30hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	100.0 AH@10.0A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	88.0 AH@7.0A	(20hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	76.2 AH@5.0A	(30hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	65.1 AH@3.1A	(1hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
Internal Resistance	Approx 4 mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15 – 50°C (5 – 122°F)
		Charge: 0 – 40°C (32 – 104°F)
		Storage: -15 – 40°C (5 – 104°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 5°C (77 ± 5°F)
	Cycle Life	Initial Charging Current less than 30.0A Voltage 14.4V – 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Life	No load on Initial Charging Current Voltage 13.0V – 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F)	100%
	25°C (77°F)	100%
	0°C (32°F)	85%
Design Floating Life at 20°C	10 Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 20°C (77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures, the time interval will be shorter.	

Dimensions

P11 Terminal



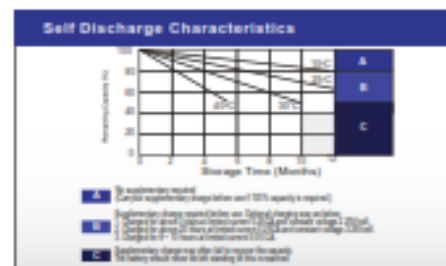
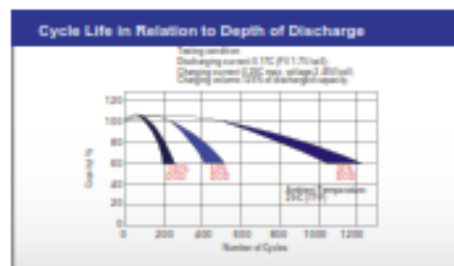
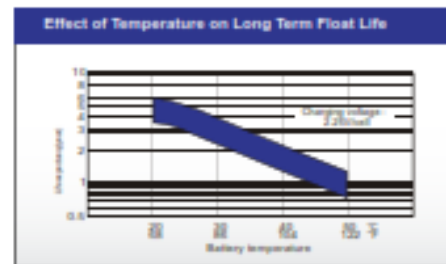
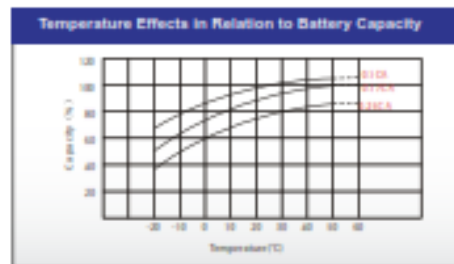
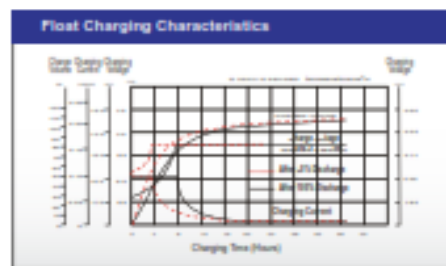
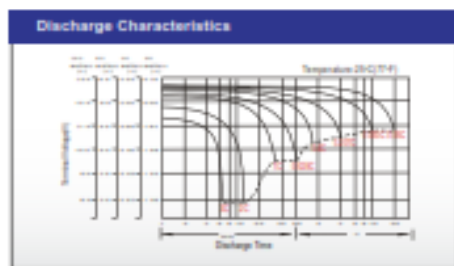


Constant Current Discharge (Amperes) at 25 °C (77°F)

F.V/Time	5min	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	206.8	161.4	136.4	117.0	88.4	65.7	53.0	31.3	23.5	19.2	16.4	14.4	11.6	9.85	5.13
1.80V/cell	246.0	180.0	150.8	126.6	94.2	69.6	55.9	33.1	24.6	20.2	17.2	15.0	12.0	10.0	5.20
1.75V/cell	276.4	197.4	162.0	134.7	99.0	72.7	58.0	34.4	25.4	20.7	17.6	15.3	12.2	10.1	5.29
1.70V/cell	316.0	214.8	174.4	143.4	104.6	76.0	60.4	35.3	26.0	21.2	17.9	15.6	12.4	10.2	5.34
1.65V/cell	356.4	232.2	185.6	151.5	110.0	79.2	63.0	36.3	26.7	21.7	18.3	15.9	12.6	10.3	5.40
1.60V/cell	405.6	294.4	197.2	159.9	115.8	82.4	65.1	37.5	27.6	22.2	18.6	16.2	12.7	10.5	5.45

Constant Power Discharge (Watts) at 25 °C (77°F)

F.V/Time	5min	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	381.8	295.1	254.5	220.5	168.5	126.4	102.2	60.8	45.7	37.5	32.2	28.2	22.9	19.1	10.15
1.80V/cell	445.0	328.6	277.6	235.1	176.8	132.7	107.2	63.8	47.7	39.2	33.6	29.4	23.7	19.8	10.20
1.75V/cell	492.9	354.6	294.6	247.8	184.3	137.3	110.8	66.0	49.1	40.1	34.3	29.9	24.0	19.9	10.45
1.70V/cell	547.4	377.1	312.7	261.8	193.6	143.0	115.0	67.6	50.1	41.0	34.8	30.4	24.3	20.1	10.54
1.65V/cell	604.8	403.9	330.2	274.5	201.9	147.7	119.1	69.2	51.3	41.8	35.3	30.8	24.6	20.3	10.64
1.60V/cell	672.4	432.4	348.1	286.6	211.1	152.9	122.4	71.1	52.7	42.6	35.9	31.3	24.8	20.5	10.73



Steca Solarix MPPT

MPPT 1010, MPPT 2010

Steca Solarix MPPT est un régulateur de charge solaire avec la fonction MPPT Tracking. Il convient parfaitement à toutes les technologies de panneaux solaires courants et est idéal pour les systèmes solaires avec des tensions de panneaux solaires plus élevées que celle de la batterie. Le Steca Solarix MPPT est particulièrement adapté pour l'utilisation avec des panneaux solaires normalement prévus pour les installations couplées au réseau. L'algorithme perfectionné de la fonction « MPPT Tracking » de Steca permet de dépasser constamment de la puissance utile maximale du panneau solaire. Grâce à sa technologie de pointe, le Steca Solarix MPPT garantit une puissance maximale dans toutes les conditions d'utilisation, une protection professionnelle de la batterie, un design moderne et des fonctions de protection exceptionnelles.

Caractéristiques du produit

- Dispositif de puissance du point de puissance maximale (fonction MPPT)
- Régulation de tension et de courant
- Régulateur MPPT
- Diminution de consommation en fonction du courant
- Fonctionnement automatique du consommateur
- Compensation de température
- Charge d'entretien minimale

Fonctions de protection électroniques

- Protection contre les surcharges
- Protection contre les décharges profondes
- Protection contre une possible inversion des panneaux solaires, des consommateurs et de la batterie
- Protection contre une possible inversion par fusible interne
- Fusibles électroniques automatique
- Protection contre les courts-circuits
- Protection contre des surtensions sur l'entrée des panneaux solaires
- Protection contre circuit ouvert vers batterie
- Protection contre court-circuit inverse pendant le nuit
- Protection contre surtempérature et surcharge
- Diminution en cas de surtension de la batterie

Affichage

- Afficheur à LED multicolore
- LED multicolore
- 5 LED indiquent les états de charge
- pour le service, l'état de charge, les messages de fonctionnement

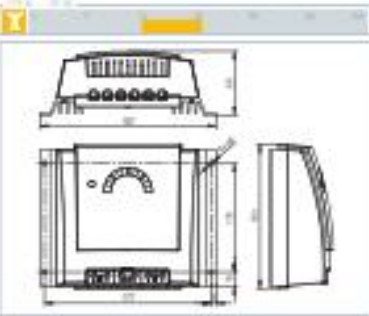
Options

- Fonction anti-dérive exclusive d'origine ou Steca PA-RC 100 réglable
- Paramétrage des valeurs de fonction via le Steca PA-RC 100
- Sonde de température externe

Certificats

- Conforme aux normes européennes (CE)
- Conforme à la directive RoHS
- Fabriqué en Allemagne
- Développé en Allemagne
- Fabriqué selon les normes (DIN 9001) et (DIN 14800)






	MPPT 1010	MPPT 2010
Caractéristiques des performances de fonctionnement		
Tension de système	12 V (24 V)	12 V (24 V)
Puissance nominale	115 W (230 W)	210 W (420 W)
Efficacité max.	~ 99 %	
Consommation propre	10 mA	
État normal (20°C)		
Tension MPPT	15,5 (16,5) V V _{min} ~ 15,0 V	15,5 (16,5) V V _{min} ~ 15,0 V
Tension à vide de panneaux photovoltaïques (à la température de service nominale)	17 V ~ 75 V (18 V ~ 75 V)	17 V ~ 100 V (18 V ~ 75 V)
Courant de panneau	7,0 A	10,0 A
État service (20°C)		
Courant de charge	10,0 A	20,0 A
Courant de consommation	10 mA	
Tension limite de charge*	13,8 V (12,8 V)	
Tension de charge réglable*	12,4 V (14,8 V)	
Charge d'entretien*	14,7 V (15,0 V)	
Pose de référence de décharge profonde (DfD)*	14,5 V (15,0 V)	
Protection contre la décharge profonde (DfD)*	13,5 V (13,0 V)	
Stabilité des caractéristiques		
Température ambiante	-20 °C ~ +40 °C	
Spécifications de construction		
Matériau du boîtier	Aluminium	
Matériau du revêtement de fin (Rf) à un fil	1,6 mm / 25 mm - 8000 L / 2	
Angle de protection	90°	
Dimensions (L x V x D)	187 x 112 x 68 mm	
Poids	400 g/m	
Appareil option	Consommateur 1,2 V / 10 V	

*Indicateur

Il est interdit d'utiliser des panneaux photovoltaïques raccordés à plus de 100 V à l'algorithme perfectionné de la fonction de suivi de puissance maximale (MPPT) si le réglage de la tension de charge est réglé sur la valeur par défaut (13,8 V) ou si le réglage de la tension de charge est réglé sur la valeur par défaut (14,7 V) ou si le réglage de la tension de charge est réglé sur la valeur par défaut (15,0 V) ou si le réglage de la tension de charge est réglé sur la valeur par défaut (15,0 V).



Régulateurs de charge solaire

ULN2803A
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY

SLRS049C – FEBRUARY 1997 – REVISED AUGUST 2001

- 500-mA Rated Collector Current (Single Output)
- High-Voltage Outputs . . . 50 V
- Output Clamp Diodes
- Inputs Compatible With Various Types of Logic
- Relay Driver Applications
- Compatible with ULN2800A Series

description/ordering information

The ULN2803A is a high-voltage, high-current Darlington transistor array. The device consists of eight npn Darlington pairs that feature high-voltage outputs with common-cathode clamp diodes for switching inductive loads. The collector-current rating of each Darlington pair is 500 mA. The Darlington pairs may be connected in parallel for higher current capability.

Applications include relay drivers, hammer drivers, lamp drivers, display drivers (LED and gas discharge), line drivers, and logic buffers. The ULN2803A has a 2.7-k Ω series base resistor for each Darlington pair for operation directly with TTL or 5-V CMOS devices.

**DW OR N PACKAGE
(TOP VIEW)**

ORDERING INFORMATION

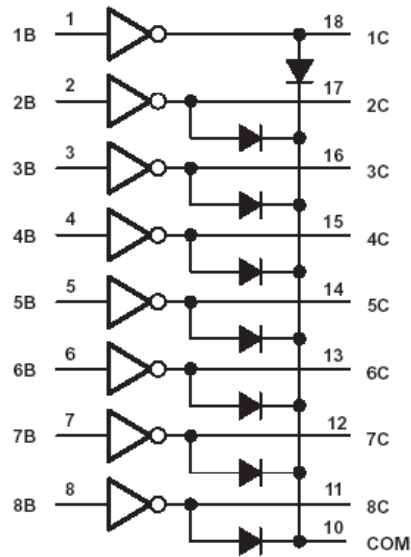
T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 20	ULN2803AN	ULN2803AN
	SOIC (DW)	Tube of 40	ULN2803ADW	ULN2803A
		Reel of 2000	ULN2003ADWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

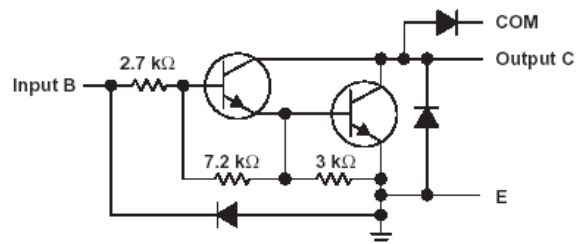
**ULN2803A
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY**

SLRS049C – FEBRUARY1997 – REVISED AUGUST 2004

logic diagram



schematic (each Darlington pair)



ULN2803A DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY

SLRS049C – FEBRUARY 1997 – REVISED AUGUST 2004

absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)†

Collector-emitter voltage	50 V
Input voltage (see Note 1)	30 V
Continuous collector current	500 mA
Output clamp diode current	500 mA
Total substrate-terminal current	-2.5 A
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 2 and 3): DW package	TBD°C/W
N package	TBD°C/W
Operating virtual junction temperature, T_J	150°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

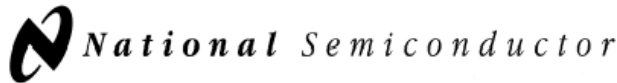
- NOTES: 1. All voltage values, unless otherwise noted, are with respect to the emitter/substrate terminal GND.
 2. Maximum power dissipation is a function of $T_J(\max)$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(\max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
 3. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
I_{CEX}	Collector cutoff current	$V_{CE} = 50\text{ V}$, See Figure 1 $I_I = 0$,			50	μA
$I_{I(off)}$	Off-state input current	$V_{CE} = 50\text{ V}$, $T_A = 70^\circ\text{C}$, See Figure 2 $I_C = 500\ \mu\text{A}$,	50	65		μA
$I_{I(on)}$	Input current	$V_I = 3.85\text{ V}$, See Figure 3		0.93	1.35	mA
$V_{I(on)}$	On-state input voltage	$V_{CE} = 2\text{ V}$, See Figure 4			2.4	V
					2.7	
					3	
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter saturation voltage	$I_I = 250\ \mu\text{A}$, See Figure 5 $I_C = 100\text{ mA}$,		0.9	1.1	V
		$I_I = 350\ \mu\text{A}$, See Figure 5 $I_C = 200\text{ mA}$,		1	1.3	
		$I_I = 500\ \mu\text{A}$, See Figure 5 $I_C = 350\text{ mA}$,		1.3	1.6	
I_R	Clamp diode reverse current	$V_R = 50\text{ V}$, See Figure 6			50	μA
V_F	Clamp diode forward voltage	$I_F = 350\text{ mA}$, See Figure 7		1.7	2	V
C_i	Input capacitance	$V_I = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$		15	25	pF

switching characteristics at 25°C free-air temperature

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low- to high-level output	$V_S = 50\text{ V}$, $R_L = 163\ \Omega$, $C_L = 15\text{ pF}$, See Figure 8		130		ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high- to low-level output			20		
V_{OH}	High-level output voltage after switching	$V_S = 50\text{ V}$, See Figure 9 $I_O = 300\text{ mA}$,	$V_S - 20$			mV



August 2000

LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

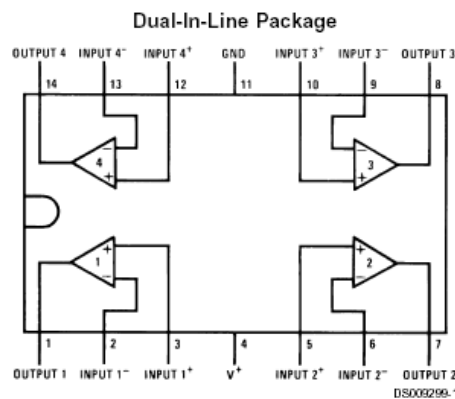
Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
Single supply 3V to 32V
or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to $V^+ - 1.5V$

Connection Diagram



Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M, LM2902MX, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N LM124AJRQML and LM124AJRQMLV(Note 3)
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

Note 1: LM124A available per JM38510/11006

Note 2: LM124 available per JM38510/11005

Absolute Maximum Ratings (Note 12)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902
Supply Voltage, V^*	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 6)	50 mA	50 mA
Power Dissipation (Note 4)		
Molded DIP	1130 mW	1130 mW
Cavity DIP	1260 mW	1260 mW
Small Outline Package	800 mW	800 mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 5) $V^* \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range		-40°C to +85°C
LM324/LM324A	0°C to +70°C	
LM224/LM224A	-25°C to +85°C	
LM124/LM124A	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 13)	250V	250V

Electrical Characteristics

$V^* = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$	1	2		1	3		2	3		mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$	20	50		40	80		45	100		nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$	2	10		2	15		5	30		nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^* = 30V$, (LM2902, $V^* = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0	$V^*-1.5$		0	$V^*-1.5$		0	$V^*-1.5$		V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^* = 30V$ (LM2902 $V^* = 26V$) $V^* = 5V$		1.5 0.7	3 1.2		1.5 0.7	3 1.2		1.5 0.7	3 1.2	mA
Large Signal Voltage Gain	$V^* = 15V$, $R_L \geq 2k\Omega$, ($V_O = 1V$ to $11V$), $T_A = 25^\circ C$	50	100		50	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^* - 1.5V$, $T_A = 25^\circ C$	70	85		70	85		65	85		dB

Electrical Characteristics (Continued) $V^+ = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2902, $V^+ = 5V$ to $26V$), $T_A = 25^\circ C$	65	100		65	100		65	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	$f = 1$ kHz to 20 kHz, $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$	20	40		20	40		20	40		mA
	Sink $V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$	10	20		10	20		10	20		mA
	$V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^+ = 15V$, $V_O = 200$ mV, $T_A = 25^\circ C$	12	50		12	50		12	50		μA
Short Circuit to Ground	(Note 5) $V^+ = 15V$, $T_A = 25^\circ C$	40	60		40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage	(Note 8)			4			4			5	mV
V_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$		7	20		7	20		7	30	$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$			30			30			75	nA
I_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$		10	200		10	200		10	300	$pA/^\circ C$
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$		40	100		40	100		40	200	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	0		$V^+ - 2$	V
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ ($V_{OSwing} = 1V$ to $11V$) $R_L \geq 2$ k Ω	25			25			15			V/mV
Output Voltage Swing	V_{OH} $V^+ = 30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)			$R_L = 2$ k Ω	26		26			26	V
	V_{OL} $V^+ = 5V$, $R_L = 10$ k Ω		5	20		5	20		5	20	mV
Output Current	Source $V_O = 2V$		10	20		10	20		10	20	mA
	Sink	$V_{IN}^+ = +1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^+ = 15V$	10	15		5	8		5	8	

Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$		2	5		2	7		2	7	mV
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$		45	150		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$		3	30		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^+ = 30V$, (LM2902, $V^+ = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	0		$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2902 $V^+ = 26V$) $V^+ = 5V$		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V$, $R_L \geq 2k\Omega$, ($V_O = 1V$ to $11V$), $T_A = 25^\circ C$	50	100		25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$, $T_A = 25^\circ C$	70	85		65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2902, $V^+ = 5V$ to $26V$),	65	100		65	100		50	100		dB

Electrical Characteristics (Continued) $V^* = +5.0V$, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
	$T_A = 25^\circ C$											
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	$f = 1\text{ kHz}$ to 20 kHz , $T_A = 25^\circ C$ (Input Referred)		-120			-120			-120		dB	
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = 1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^* = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$			20	40		20	40		mA	
	Sink	$V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^* = 15V$, $V_O = 2V$, $T_A = 25^\circ C$			10	20		10	20			
		$V_{IN}^- = 1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^* = 15V$, $V_O = 200\text{ mV}$, $T_A = 25^\circ C$			12	50		12	50		μA	
Short Circuit to Ground	(Note 5) $V^* = 15V$, $T_A = 25^\circ C$		40	60		40	60		40	60	mA	
Input Offset Voltage	(Note 8)			7			9			10	mV	
V_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$			7			7			7	$\mu V/^\circ C$	
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$			100			150			45	200	nA
I_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$			10			10			10	$\mu A/^\circ C$	
Input Bias Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$			40	300		40	500		40	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^* = +30V$ (LM2902, $V^* = 26V$)	0		V^*-2		0	V^*-2		0	V^*-2	V	
Large Signal Voltage Gain	$V^* = +15V$ (V_O Swing = $1V$ to $11V$) $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$		25			15			15		V/mV	
Output Voltage Swing	V_{OH}	$V^* = 30V$ (LM2902, $V^* = 26V$)		$R_L = 2\text{ k}\Omega$		26		26		22	V	
				$R_L = 10\text{ k}\Omega$		27	28	27	28	23		24
	V_{OL}	$V^* = 5V$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$		5	20		5	20		5	100	mV
Output Current	Source	$V_O = 2V$		$V_{IN}^+ = +1V$, $V_{IN}^- = 0V$, $V^* = 15V$		10	20	10	20	10	20	mA
	Sink			$V_{IN}^- = +1V$, $V_{IN}^+ = 0V$, $V^* = 15V$		5	8	5	8	5	8	

Note 4: For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a $+125^\circ C$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $88^\circ C/W$ which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a $+150^\circ C$ maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers — use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 5: Short circuits from the output to V^* can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^* . At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Note 6: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^* voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).

Note 7: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, the LM324/LM324A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2902 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

Note 8: $V_O = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$ with V^* from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to $V^* - 1.5V$) for LM2902, V^* from 5V to 26V.

Note 9: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

Note 10: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than $0.3V$ (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^* - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to $+32V$ without damage ($+26V$ for LM2902), independent of the magnitude of V^* .

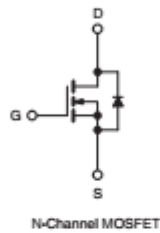
Note 11: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

Note 12: Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

Note 13: Human body model, $1.5\text{ k}\Omega$ in series with 100 pF .

Power MOSFET

PRODUCT SUMMARY		
V_{DS} (V)	200	
$R_{DS(on)}$ (Ω)	$V_{GS} = 10$ V	0.18
Q_g (Max.) (nC)	70	
Q_{gs} (nC)	13	
Q_{gd} (nC)	39	
Configuration	Single	



FEATURES

- Dynamic dV/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Isolated Central Mounting Hole
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC





DESCRIPTION

Third generation Power MOSFETs from Vishay provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-247AC package is preferred for commercial-industrial applications where higher power levels preclude the use of TO-220AB devices. The TO-247AC is similar but superior to the earlier TO-218 package because its isolated mounting hole. It also provides greater creepage distances between pins to meet the requirements of most safety specifications.

ORDERING INFORMATION	
Package	TO-247AC
Lead (Pb)-free	IRFP240PbF SiHFP240-E3
SnPb	IRFP240 SiHFP240

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_C = 25$ °C, unless otherwise noted)				
PARAMETER	SYMBOL	LIMIT	UNIT	
Drain-Source Voltage	V_{DS}	200	V	
Gate-Source Voltage	V_{GS}	± 20		
Continuous Drain Current	V_{GS} at 10 V	$T_C = 25$ °C	20	A
		$T_C = 100$ °C	12	
Pulsed Drain Current ^a	I_{DM}	80		
Linear Derating Factor		1.2	W/°C	
Single Pulse Avalanche Energy ^b	E_{AS}	510	mJ	
Repetitive Avalanche Current ^a	I_{AR}	20	A	
Repetitive Avalanche Energy ^a	E_{AR}	15	mJ	
Maximum Power Dissipation	$T_C = 25$ °C	P_D	150	W
Peak Diode Recovery dV/dt ^c		dV/dt	5.0	V/ns
Operating Junction and Storage Temperature Range	T_J, T_{stg}	- 55 to + 150	°C	
Soldering Recommendations (Peak Temperature)	for 10 s	300 ^d		
Mounting Torque	6-32 or M3 screw		10	lbf - in
			1.1	N - m

THERMAL RESISTANCE RATINGS						
PARAMETER	SYMBOL	TYP.	MAX.	UNIT		
Maximum Junction-to-Ambient	R_{thJA}	-	40	°C/W		
Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	R_{thCS}	0.24	-			
Maximum Junction-to-Case (Drain)	R_{thJC}	-	0.83			
SPECIFICATIONS ($T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)						
PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Static						
Drain-Source Breakdown Voltage	V_{DS}	$V_{GS} = 0\text{ V}, I_D = 250\text{ }\mu\text{A}$	200	-	-	V
V_{DS} Temperature Coefficient	$\Delta V_{DS}/T_J$	Reference to $25\text{ }^\circ\text{C}, I_D = 1\text{ mA}$	-	0.29	-	V/°C
Gate-Source Threshold Voltage	$V_{GS(th)}$	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\text{ }\mu\text{A}$	2.0	-	4.0	V
Gate-Source Leakage	I_{GSS}	$V_{GS} = \pm 20\text{ V}$	-	-	± 100	nA
Zero Gate Voltage Drain Current	I_{DSS}	$V_{DS} = 200\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}$	-	-	25	μA
		$V_{DS} = 160\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}, T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$	-	-	250	
Drain-Source On-State Resistance	$R_{DS(on)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 12\text{ A}^b$	-	-	0.18	Ω
Forward Transconductance	g_{fs}	$V_{DS} = 50\text{ V}, I_D = 12\text{ A}^b$	6.9	-	-	S
Dynamic						
Input Capacitance	C_{iss}	$V_{GS} = 0\text{ V},$ $V_{DS} = 25\text{ V},$ $f = 1.0\text{ MHz},$ see fig. 5	-	1300	-	pF
Output Capacitance	C_{oss}		-	400	-	
Reverse Transfer Capacitance	C_{rss}		-	130	-	
Total Gate Charge	Q_g	$V_{GS} = 10\text{ V}$ $I_D = 18\text{ A}, V_{DS} = 160\text{ V},$ see fig. 6 and 13 ^b	-	-	70	nC
Gate-Source Charge	Q_{gs}		-	-	13	
Gate-Drain Charge	Q_{gd}		-	-	39	
Turn-On Delay Time	$t_{d(on)}$	$V_{DS} = 100\text{ V}, I_D = 18\text{ A},$ $R_{\theta g} = 9.1\text{ }\Omega, R_{\theta D} = 5.4\text{ }\Omega,$ see fig. 10 ^b	-	14	-	ns
Rise Time	t_r		-	51	-	
Turn-Off Delay Time	$t_{d(off)}$		-	45	-	
Fall Time	t_f		-	36	-	
Internal Drain Inductance	L_D	Between lead, 6 mm (0.25") from package and center of die contact 	-	5.0	-	nH
Internal Source Inductance	L_S		-	13	-	
Drain-Source Body Diode Characteristics						
Continuous Source-Drain Diode Current	I_S	MOSFET symbol showing the integral reverse p - n junction diode 	-	-	20	A
Pulsed Diode Forward Current ^a	I_{SM}		-	-	80	
Body Diode Voltage	V_{SD}	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}, I_S = 20\text{ A}, V_{GS} = 0\text{ V}^b$	-	-	2.0	V
Body Diode Reverse Recovery Time	t_{rr}	$T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}, I_S = 18\text{ A}, di/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}^b$	-	300	610	ns
Body Diode Reverse Recovery Charge	Q_{rr}		-	3.4	7.1	
Forward Turn-On Time	t_{on}	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S and L_D)				

TYPICAL CHARACTERISTICS (25 °C, unless otherwise noted)

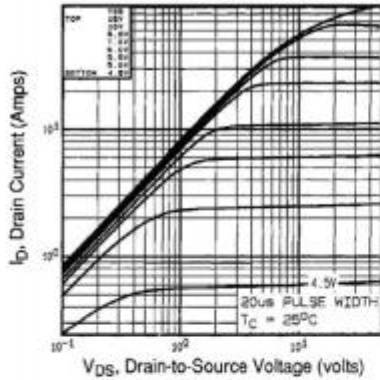


Fig. 1 - Typical Output Characteristics, $T_c = 25^\circ\text{C}$

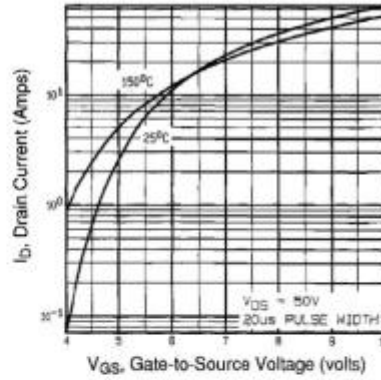


Fig. 3 - Typical Transfer Characteristics

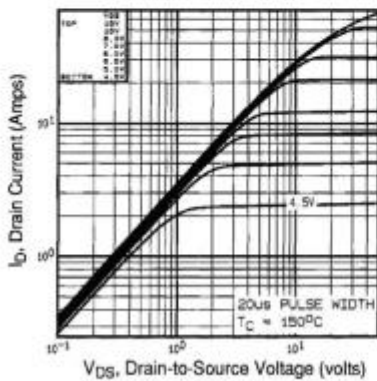


Fig. 2 - Typical Output Characteristics, $T_c = 150^\circ\text{C}$

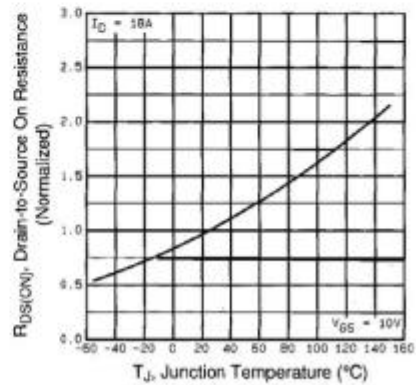


Fig. 4 - Normalized On-Resistance vs. Temperature

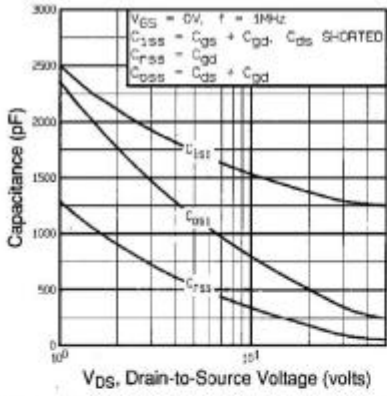


Fig. 5 - Typical Capacitance vs. Drain-to-Source Voltage

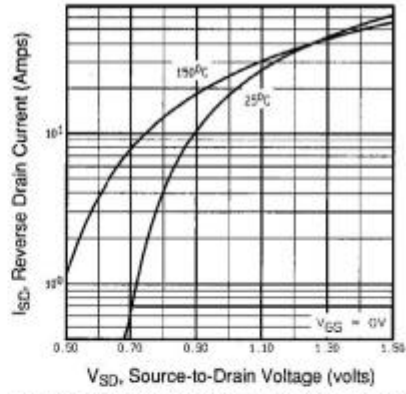


Fig. 7 - Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

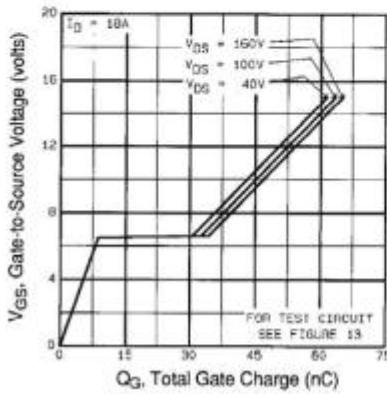


Fig. 6 - Typical Gate Charge vs. Gate-to-Source Voltage

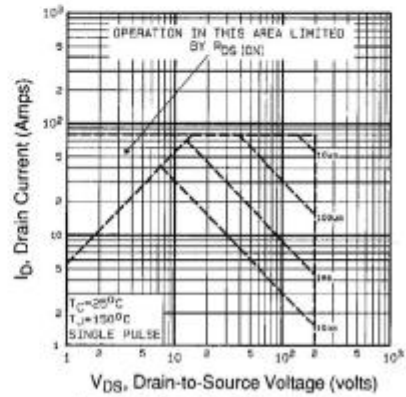
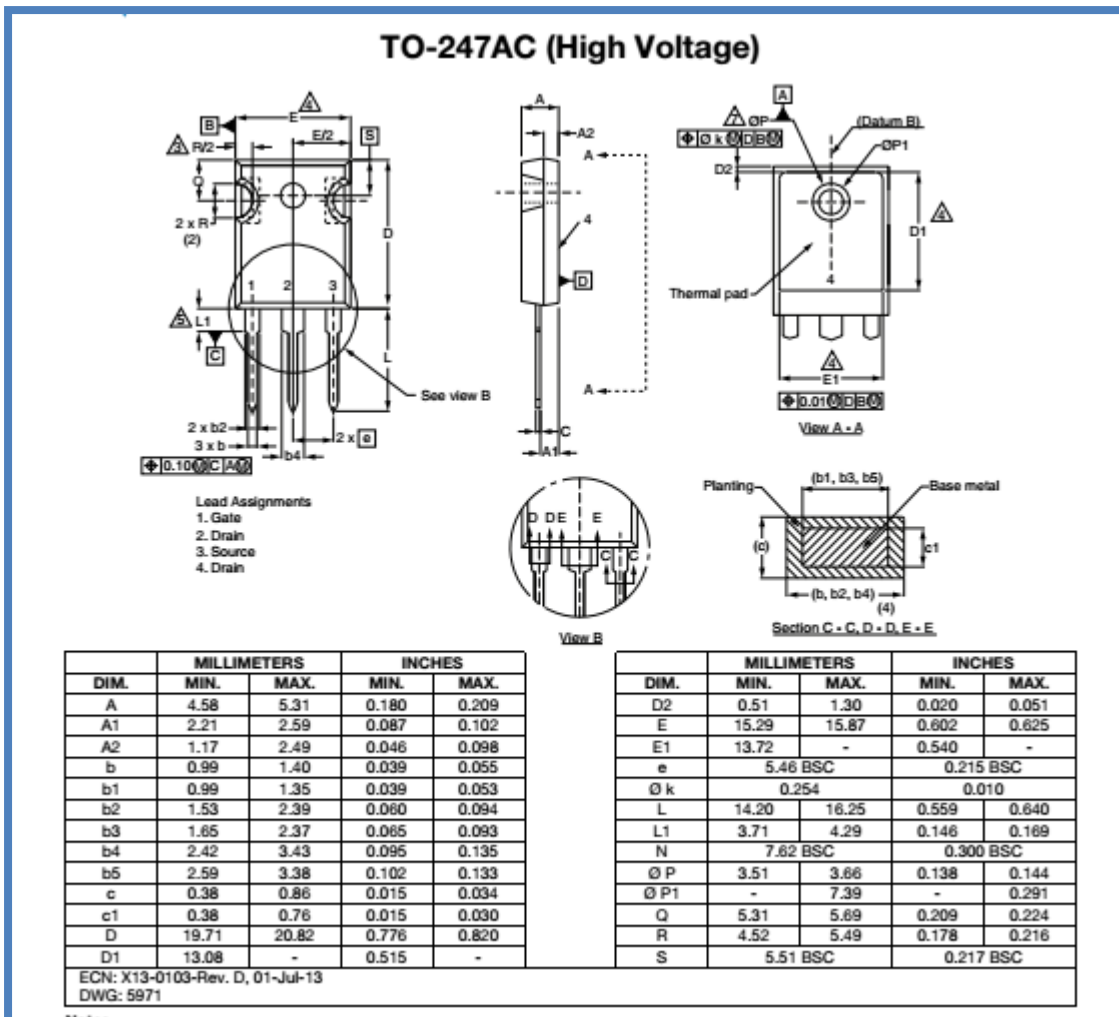


Fig. 8 - Maximum Safe Operating Area



Valeurs des composants utilisés

Résistances :

R1, R2, R3, R4, R6, R12, R14, R19, R20, R21, R22, R24, R25, R26, R27	10 K Ω
R5	100 Ω
R7, R17 (potentiomètres).....	47 K Ω
R8.....	1,2 K Ω
R9.....	3,9 K Ω
R (potentiomètre).....	50 K Ω
P (potentiomètre).....	1 K Ω
Pot (potentiomètre).....	10 K Ω
R10.....	220 K Ω
R11.....	90 K Ω
R13.....	100 K Ω
R16, R18, R23, R28.....	1 K Ω
R29.....	22 K Ω
R30.....	15 Ω

Condensateurs :

C1.....	1 μ F
C2, C3, C4.....	100 nF
C5, C6.....	15 pF
C7, C8, C9, C10.....	10 μ F
C11.....	1000 μ F
C12, C15.....	47 μ F
C13, C16.....	100 nF
C14, C17, C20, C21, C22.....	470 μ F

ADSN

Algerian Digital Seismic Network Station Sismologique Courte Période

- CTCH -



Localité : **Akbou**

Wilaya : **Bejai**

Lat : **35.401N°**

Lon : **2.576E°**

Alt : **0.86 Km**

Date d'installation : **18-10-2010**

Personne à contacter :

Fonction : **Gradient**

Tel :

Description des équipements installés :

Equipement	Description	Quantité	Numéro de Série	Observation
A- Equipement sismologique				
Capteur	SS-1	01		
Digitaliseur	Q330 à 6 canaux (SN :) LAN IP Address :192 168 1 10	01		
Échantillonnage	100HZ: EHZ 200HZ : ENZ, ENN, ENE			
GPS	Câble GPS (5m)	01		

Annexe C : Fiche technique d'une station sismologique

	Câble sismomètre uni composante	01		
	Câble accéléromètre	01		
	Câble QNET-RJ45 (3m) type B	01		
B- Alimentation Electrique				
Panneau Solaire	80w	02		
	Support Panneau Solaire sur dalle	12		
Kit d'alimentation	Batterie 12v/ 105Ah semi entretien	02		
	Câble d'alimentation Panneau - Solaire Batterie (13m)	02		
	Câble d'alimentation Batterie– Q330 (3,5m)	01		
	Câble d'alimentation Batterie – Routeur (3,5m)	01		
Mise à la terre	oui			
C- Transmission				
Routeur	Routeur GSM : Ericsson VPN Adresse IP LAN : 192.168.1.1	01		
	Antenne externe GSM (5m) : Non	00		
Operateur	Operateur GSM : Nedjma IMSI : / MSISDN : Adresse IP : Cell ID : / Signal : /	01		

REFERENCES

- [1] **R. IKHLEF**. Gestion par microcontrôleur des systèmes photovoltaïque en sites isolé. Mémoire de Magister en électronique, USTHB, 2004.
- [2] **JAGDISH SINGH PANAWAR, Prof. RAKESH MANDLIYA**. Analysis of I-V Characteristics of Photovoltaic modules using microcontroller based Electronic Loading Arrangement, International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 5, Issue 5, May 2016, ISSN: 2278 – 7798.
- [3] **E.Duran¹, M.Piliouguine², M.Sidrach-de-Cardona², J.Galan¹, J.M.Andujar¹**. DIFFERENT METHODS TO OBTAIN THE I-V CURVE OF PV MODULES: A REVIEW, Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference May 2008, DOI:10.1109/PVSC.2008.4922578 Source:IEEE Xplore.
- [4] **R. Nagalakshmi , B. Kishore Babu, D. Prashanth**. Design and Development of a Remote Monitoring and Maintenance of Solar Plant Supervisory System, International Journal Of Engineering And Computer Science ISSN:2319-7242, Volume 3 Issue 12 December 2014, Page No. 9382-9385
- [5] **Arar HEMZA, Haouam ABDESLAM, Chenni RACHID, Marcel PASQUINELLI, Damien BARAKEL** Tracing current-voltage curve of solar panel Based on LabVIEW Arduino Interfacing, BILISIM TEKNOLOJILERI DERGISI, CILT: 8, SAYI: 3, EYLÜL 2015, (Gelis/Received: 06.01.2015; Kabul/Accepted: 29.05.2015) DOI: 10.17671/btd.39450
- [6] **Vicente Leite and Faustino Chenlo**. An Improved Electronic Circuit for Tracing the I-V Characteristics of Photovoltaic Modules and Strings, European Association for the Development of Renewable Energies, Environment and Power Quality (EA4EPQ), *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'10)* Granada (Spain), 23th to 25th March, 2010
- [7] **Abderrezak Guenounou, Ali Malek, Michel Aillerie, Achour Mahrane**. LabVIEW Interface for Controlling a Test Bench for Photovoltaic Modules and Extraction of Various Parameters. International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS) , IAES, 2015, 6 (3), pp.498-508. <10.11591/ijped.s.v6i3.7827>. <hal 01214767>

Annexe C : Fiche technique d'une station sismologique

- [8] **Yingying Kuai, S.Yuvarajan.** An electronic load for testing photovoltaic panels , Electrical and Computer Engineering Department, North Dakota State University, 1411 Centennial Blvd., Fargo, ND 58105, USA, Journal Of Power Sources 154 (2006) 308-313.
- [9] **Belhadj Mohammed.** Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonome, Mémoire de Magister en Microélectronique-Photovoltaïque, Centre Universitaire de Bechar, Institut des Sciences Exactes, 2008.
- [10] **Thomas Mambrini,** Caractérisation de panneaux solaires photovoltaïques en conditions réelles d'implantation et en fonction des différentes technologies, THÈSE DE DOCTORAT en Physique, UNIVERSITE PARIS-SUD, ÉCOLE DOCTORALE : STITS Laboratoire de Génie Electrique de Paris (LGEP), 2014
- [11] **Paasch, K., Nymand, M., & Haase, F.** (2013). Sensor System for Long-term Recording of Photovoltaic (PV) IVcurves. Paper presented at Photovoltaic systems, applications and technology Conference, Swansea, United Kingdom.
- [12] **HANANOU FATIHA, ROUABAH AICHA.** Modélisation et simulation d'un système photovoltaïque, Mémoire MASTER ACADEMIQUE en Électrotechnique, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2014
- [13] **I.M. Mahmoud, S. O. Abdellatif, T. S. Abdelsalam, O. E. Abdellatif.** NOVEL TECHNIQUE IN CHARACTERIZING A PV MODULE USING PULSE WIDTH MODULATOR, IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology eISSN: 2319-1163 | pISSN: 2321-7308.
- [14] **Jagdish Singh Panwar, Prof. Rakesh Mandliya.** Analysis of I-V Characteristics of Photovoltaic Modules using microcontroller based Electronic Loading Arrangement, ISSN: 2278 – 7798 International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR) Volume 5, Issue 5, May 2016.
- [15] **Michael Bressan.** Développement d'un outil de supervision et de contrôle pour une installation solaire photovoltaïque. Électronique. Université de Perpignan, 2014. Français. <tel-01068025>
- [16] **MESSAID Mohamed Laid, BENLAHRACH Mohamed Ali,** Etude et réalisation d'un dispositif de poursuite Pour panneau photovoltaïque, Mémoire MASTER ACADEMIQUE en Électrotechnique, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2016.

[17] **OWEIS EL MELKI Marielle, SALHAB Miled, SOUEID Tania.** SYSTÈME DE CONTROLE D'ALIMENTATION: EDL-GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE POUR APPLICATION DOMOTIQUE, PROJET DE FIN D'ETUDES Présenté pour obtenir le titre d'Ingénieur en Génie Électrique de L'UNIVERSITE LIBANAISE – BRANCHE II, 2013

[18] **S. I. Sotirov, D. K. Gospodinov , D. A. Zlatanski.** A device for the analysis of photovoltaic panels, Plovdiv University "Paisii Hilendarski", 24 Tzar Assen Str., 4000 Plovdiv, Bulgaria, Bulgarian Chemical Communications, Volume 48, Special Issue E (pp. 147 - 151) 2016.

[19] **A.Yelles-Chaouche, T. Allili, A. Alili, W. Messemen, H. Beldjoudi, F. Semmane, A. Kherroubi, H. Djellit, Y. Larbes, S. Haned, A. Deramchi, A. Amrani, A. Chouiref, F. Chaoui, K. Khellaf, and C. Nait Sidi Said** The new Algerian Digital Seismic Network (ADSN): towards an earthquake early-warning system, Adv. Geosci., 36, 31–38, 2013 www.adv-geosci.net/36/31/2013/.

[20] **LATRECHE Soufiane, BOUZID Kheir eddine.** Etude et Réalisation d'un système photovoltaïque à base d'une carte Arduino uno, Mémoire MASTER ACADEMIQUE en Instrumentation, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2016

[21] **ACHOU YACINE, RACHEDI ABDALLAH.** Réalisation d'une carte de mesure et d'affichage à base d'Arduino Mega2560 : application aux systèmes photovoltaïque, Mémoire MASTER ACADEMIQUE en Electrotechnique Industrielle, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2016