

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Echahid HAMMA Lakhdar d'El-Oued

Faculté des Technologies

Département de Génie Electrique



**Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme
MASTER ACADEMIQUE**

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Télécommunications

Spécialité : Système de Télécommunications

Thème

**Commande d'un panneau solaire à l'aide d'un
microcontrôleur ATMEGA**

Devant le jury composé de :

Mr. MEDJOURI Abdelkader /MCA

Mr. BOULILA Mohamed /MAA

Mr. HIMA Abdelkader /MAA

Président

Examineur

Rapporteur

Présenté par:

BOUDJELKHA Ammar

GUESSOUMI Farid

Année Universitaire 2017/2018



REMERCIEMENTS



Nous remercions **DIEU** le tout-puissant pour le courage, la volonté et la santé qu'il nous a donnée durant cette période afin de mener à bien nos études et de concrétiser notre projet de fin d'étude dans des meilleures conditions.

Le travail faisant l'objet de ce mémoire de Master a été réalisé sous la précieuse direction de notre encadreur **Monsieur HIMA Abdelkader**, à qui nous exprimons nos profondes gratitude et nos sincères remerciements, pour la confiance qu'il nous a accordé, pour son soutien, ses critiques constructives, ses conseils qui nous ont permis d'évoluer dans notre vision de la recherche et dans la façon de la mener. Nous sommes très heureux de lui exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements pour avoir dirigé notre travail et pour nous ont fait profiter de son expérience, de son savoir et de son souci de la perfection.

Nous adressons nos vifs remerciements et nos profondes gratitude aux membres de jury d'avoir acceptés de participer au jugement de ce travail.

Nous somme reconnaissant, sans exception, à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation de Master 2 de l'année universitaire 2017/2018 et qui ne cessent de nous encourager à continuer nos efforts.

Nos remerciements s'adressent aussi aux cadres et dirigeants de l'administration de la Faculté des Technologies et du Département de Génie Electrique pour leurs soutiens et leurs contributions afin de nous faciliter les conditions de formation.

Nous tenons à remercier **Monsieur Mohamed CHANGUEL**, ancien enseignant à l'université Hamma Lakhdar, pour la qualité, l'efficacité et l'aide précieuse qu'il nous a apporté dans la réalisation de la partie mécanique de ce travail.

Nous remercions énormément **Monsieur SALEMI Dris**, cadre à Algérie Télécom, pour l'aide qu'il nous a réservé durant la période de réalisation du mémoire.

Ammar BOUDJELKHA Farid GUESSOUMI

Dédicaces

A mes très chers parents

Je dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur. Aucune dédicace ne pourrait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

A ma femme

Pour la vie commune qui nous a réunie, que ce travail soit le symbole de mes sentiments les plus profonds et les plus sincères.

A mes trois anges

Qui m'ont apportés tous le bonheur, l'espoir et la foi et m'ont été source de motivation pour achever ce travail.

A mes sœurs et frères

Merci d'avoir été pour moi de vraies sœurs et frères et de sincères amies. Que Dieu nous garde toujours unies. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A tous mes amis

Merci pour tous les bons moments qu'on a passé ensemble. Je tiens à remercier mon Directeur et mes collègues de travail pour leurs précieuses aides et leurs soutiens.

Que soient remerciés tous les étudiants et étudiantes de la classe Master2 Télécom pour l'excellente ambiance qu'ils ont su créer durant l'année scolaire 2017/2018.

Ammar Boudjelkha



Au nom de dieu clément et miséricordieux

Dédicaces

*Avant tout, je tiens à remercier le bon dieu, et l'unique qui m'offre le
courage et la volonté nécessaire pour affronter les différentes
difficultés de la vie, Je dédie ce modeste travail*

A ma mère.

A mon père.

A mes frères et mes sœurs.

A toute ma famille.

*A mes amis et mes collègues de la
promotion 2018 « Electronique ».*

A Tous mes chers amis, tous ceux que j'aime et me sont très chers.

Farid Guessoumi



Résumé

Le but de ce projet est de réaliser un suiveur solaire avec deux axes qui permet de suivre le déplacement du soleil au cours de la journée et durant toutes les saisons. Ces mouvements permettent au panneau solaire de rester continuellement en face du soleil donc un maximum d'ensoleillement récupéré sur la surface de ce dispositif pour avoir un maximum d'énergie électrique à générer.

Cette optimisation du panneau solaire par le suivi du soleil est le point avantageux du tracker par rapport au panneau fixe.

Notre suiveur est axé principalement sur la partie électronique représentée par le circuit d'acquisition, le circuit de commande et le circuit de puissance, la partie programmation et la partie mécanique.

Mots clés : Energie solaire, Photovoltaïque et suiveur solaire.

ملخص

الهدف من هذا البحث هو إنشاء نظام بمحورين لتتبع تحركات الشمس طوال النهار وعلى مدى كل الفصول. هذه التحركات تمكن الألواح الشمسية بأن تكون على الدوام معرضة للأشعة الشمسية لاستقبال كمية معتبرة منها لغرض الحصول على إنتاج كبير من الطاقة الكهربائية.

هذا التفعيل لمردودية الألواح الشمسية بمتابعة تحركات الشمس هو النقطة الفاصلة بين هذا النظام ونظام الألواح

الثابتة.

هذا النظام يعتمد أساسا على الجزء الإلكتروني والممثل بدارة الاستقبال، دارة التحكم ودارة القوة، جزء البرمجة وجزء الميكانيك.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية، الضوئية والمتعقب الشمسي.

Summary

The goal of this work is to realize a solar tracker panel, using the vertical and horizontal axes which allows the system to follow the movement of the sun during the day and during all seasons. These movements allow the solar panel to remain continuously in front of the sun so that a maximum of sunlight recovered on the surface of this device to have a maximum of electrical energy to generate.

The advantage of this system is the ability to track the sunlight all the time to give a maximum power compared to the fixed panel.

This system mainly focus on the electronic part, which contain the sensor circuit, the control circuit and the power circuit, the programming part and the mechanical part.

Keywords: Solar energy, photovoltaic and solar tracker.

Sommaire

Intitulé	Page
Remerciement	I
Dédicace	II
Résumé	III
Sommaire	IV
Liste des figures	V
Liste des tableaux	VI
Liste des abréviations	VII
<u>Introduction Générale</u>	01
Chapitre I	
<u>Introduction</u>	06
I- Cellule photovoltaïque.	06
<i>I-1- Type de cellule photovoltaïque.</i>	07
<i>I-2- Fonction électrique d'un photovoltaïque.</i>	07
<i>I-3- Schéma équivalent d'un photovoltaïque.</i>	08
<i>I-4- Influence de l'éclairement et de la température.</i>	09
II- Groupement de cellules photovoltaïques.	10
<i>II-1- Groupement en série des cellules.</i>	10
<i>II-2- Groupement en parallèle des cellules.</i>	11
<i>II-3- Panneaux solaire.</i>	12
<i>II-4- Champs photovoltaïque (PV).</i>	13
III- Type de conversion d'énergie solaire.	14
<i>III-1- Energie solaire thermique.</i>	14
<i>III-2- Energie solaire photovoltaïque.</i>	14
IV- Système photovoltaïque (PV).	14
<i>IV-1- Générateur Photovoltaïque (GPV).</i>	15
<i>IV-2- Régulation et stockage d'énergie.</i>	15
<i>IV-3- Utilisations de l'énergie AC/DC.</i>	16
<u>Conclusion.</u>	16
Chapitre II	
<u>Introduction</u>	19
I- Ensoleillement et potentiel de l'énergie solaire en Algérie.	19
II- Trajectoire du soleil.	21

III- Orientation et inclinaison des panneaux solaires.	21
<i>III-1- Orientation des panneaux solaires.</i>	21
<i>III-2- Inclinaison des panneaux solaires.</i>	21
IV- Suiveur solaire.	22
<i>IV-1 - Suiveur mono-axial.</i>	22
<i>IV-2 - Suiveur bi-axial.</i>	22
V- Constitution du suiveur solaire.	23
<i>V-1- Partie électronique.</i>	23
a- Capteur LDR.	23
b- Carte de commande.	24
<i>V-2 - Partie Programmation.</i>	24
<i>V-3- Partie mécanique.</i>	24
<u>Conclusion.</u>	25
Chapitre III	
<u>Introduction.</u>	28
I- La Famille AVR.	28
II- Le choix de l'ATMEGA8.	28
III- Caractéristique de l'ATMEGA8.	29
IV- Brochage de l'ATMEGA8.	30
V- Architecture interne.	32
<u>Conclusion.</u>	33
Chapitre IV	
<u>Introduction.</u>	36
I- Présentation du Flowcode.	36
<i>I-1- Barre d'outils d'Icônes de commandes.</i>	37
<i>I-2- Barre d'icônes composants.</i>	37
<i>I-3- Fenêtre Microcontrôleur.</i>	38
<i>I-4- Fenêtre Organigramme.</i>	38
II- Etapes de création du programme.	38
<i>II-1- Créer un organigramme.</i>	38
<i>II-2- Ajouter une icône sur un organigramme Barre d'icônes.</i>	39
<i>II-3- Simulation.</i>	39
a- Simulation continue.	40
b- Simulation pas à pas détaillé.	40
c- Simulation pas à pas principal.	40

<i>II-4- Compilation.</i>	41
<i>II-5- Simulation sur ISIS.</i>	41
<i>II-6- Transfert du programme vers l'ATMEGA.</i>	41
Conclusion.	41
Chapitre V	
Introduction.	44
I- Partie programmation.	44
<i>I-1- Organigramme.</i>	44
<i>I-2- Programme de commande.</i>	45
<i>I-3- Simulation et compilation sur Flowcode.</i>	47
<i>I-4- Conception et simulation du circuit électrique sur ISIS.</i>	47
<i>I-5- Conception du circuit imprimé sur ARES.</i>	48
<i>I-6- Transfert du programme vers l'ATMEGA8.</i>	48
II- Phase de test.	50
III- Partie électronique.	51
<i>III-1- Circuit d'acquisition.</i>	51
<i>a- Caractéristiques techniques du LDR.</i>	52
<i>b- Calcul de la hauteur de la paroi de séparation.</i>	52
<i>c- Diviseur de tension.</i>	54
<i>III-2- Circuit de commande.</i>	55
<i>III-3- Circuit de puissance.</i>	55
<i>III-4- Autres circuits.</i>	56
<i>a- Circuit du LCD.</i>	55
<i>b- Circuit d'alimentation.</i>	57
<i>- Caractéristiques techniques du Panneau solaire utilisé.</i>	58
IV- Partie mécanique.	58
V- Simulation de la performance par le JRC.	59
VI- Résultats expérimentaux du panneau fixe et avec suiveur.	62
Conclusion.	62
CONCLUSION GENERALE.	64
Bibliographie.	
Annexes.	

Liste des figures

N° Figure	Intitulé	Page
Chapitre I		
Figure 1	Principe de la photovoltaïque	07
Figure 2	Courbe courant tension d'une cellule photovoltaïque	07
Figure 3	Schéma équivalent d'un photovoltaïque	09
Figure 4	Influence de l'éclairage sur la courbe courant tension	09
Figure 5	Influence de la température sur la courbe courant tension	10
Figure 6	Caractéristique courant-tension $I(v)$ d'un Groupement de « N_s » cellules en série	10
Figure 7	Schéma d'un module fermé d'un Groupement de N_s cellules en série	11
Figure 8	Schéma d'un module fermé d'un groupement de « N_p » cellules en parallèle	11
Figure 9	Caractéristique courant-tension d'un Groupement de « N_p » cellules en parallèle	12
Figure 10	Panneau solaire	12
Figure 11	Champ de modules montés en série-parallèle	13
Figure 12	Schéma synoptique d'un système photovoltaïque	15
Chapitre II		
Figure 1	Distribution du potentiel de l'énergie solaire dans le monde	19
Figure 2	Moyenne annuelle d'irradiation	20
Figure 3	Ensoleillement annuel en Algérie	20
Figure 4	Latitude et longitude du panneau solaire	21
Figure 5	Trajectoire saisonnière du soleil	21
Figure 6	Orientation et inclinaison du panneau solaire	22
Figure 7	Suiveur mono-axial vertical	22
Figure 8	Suiveur mono-axial horizontal	22
Figure 9	Suiveur bi-axial	23
Figure 10	Capteur LDR	24
Figure 11	Caractéristique résistance-éclairage	24
Chapitre III		
Figure 1	Brochage de l'ATMEGA8	30
Figure 2	Architecture interne de l'ATMEGA8	32
Chapitre IV		
Figure 1	Présentation générale du Flowcode	36
Figure 2	Barre d'icônes des commandes	37
Figure 3	Barre d'outils d'icônes des composants	37
Figure 4	Fenêtre pour sélectionner le microcontrôleur cible	38
Figure 5	Ajout d'icônes	39
Figure 6	Type de simulation	39
Chapitre V		
Figure 1	Organigramme	44
Figure 2	Déroulement des différents tests	45
Figure 3	Programme principal (main)	46
Figure 4	Panneau de simulation	47
Figure 5	Bouton de compilation	47

Figure 6	Circuit du suiveur	48
Figure 7	Logiciel du Programmation	49
Figure 8	Programmateurs SUPERPRO Model 500P	49
Figure 9	Prototype réalisé	51
Figure 10	Position du capteur	52
Figure 11	Ombrage des LDR	53
Figure 12	Diviseur de tension	54
Figure 13	LDRs avec parois de séparation	54
Figure 14	Circuit imprimé du circuit de commande	55
Figure 15	Circuit imprimé du circuit de puissance	56
Figure 16	Circuit imprimé du circuit LCD	56
Figure 17	Circuit imprimé du circuit d'alimentation	57
Figure 18	Régulateur 12-24V	57
Figure 19	Batterie	58
Figure 20	Partie mécanique	59
Figure 21	Site de simulation choisi (Université El Oued)	60
Figure 22	Résultats graphiques de la simulation	61
Figure 23	Résultats expérimentaux d'une journée nuageux	62

Liste des tableaux

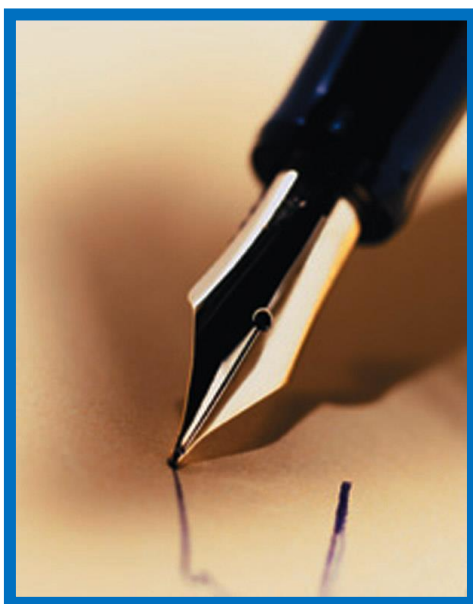
N° Tableau	Intitulé	Page
Chapitre V		
Tableau 1	Relation port entré et port sorti	46
Tableau 2	Caractéristiques de la LDR NSL-19M51	52
Tableau 3	Sens du moteur en fonction de l'ombrage/ensoleillement des LDR	53
Tableau 4	Caractéristiques du panneau solaire	58
Tableau 5	Irradiation et production d'électricité pour panneau fixe	60
Tableau 6	Irradiation et production d'électricité par un suiveur solaire	61

Liste des abréviations

Intitulé	Désignation
<i>PV</i>	Photovoltaïque
<i>GPV</i>	Générateur photovoltaïque
<i>Wh</i>	Watt-heure (énergie consommée)
<i>Watt-crête (W_c)</i>	Puissance électrique maximum que peut fournir le module dans les conditions standards
η	Rendement
<i>E</i>	Energie de photon (j)
<i>h</i>	Constante de Planck = $6.626 \cdot 10^{-34}$ j.s
<i>V</i>	Fréquence de la lumière (Hz)
<i>c</i>	Vitesse de la lumière = $3 \cdot 10^8$ m/s
λ	Longueur d'onde de la lumière (m)
V_{co}	Tension de circuit ouvert
I_{cc}	Courant de court-circuit ou courant maximal à tension nulle
P_m	Point de puissance
<i>Puissance-crête</i>	Puissance-crête est la puissance maximale dans les conditions normalisées
<i>G</i>	Source de courant parfaite
<i>D</i>	Diode ne permet le courant que de circuler dans un sens
R_{sh}	Résistance parallèle (ou résistance de fuite)
R_s	Résistance série
R_u	Résistance de récepteur
N_s	Nombre de cellule en série
N_p	Nombre de cellule en parallèle
<i>IG</i>	Courant du générateur
<i>VG</i>	Tension du générateur
<i>DC</i>	Courant Continu
<i>AC</i>	Courant alternatif
<i>Atmega8-PU</i>	(At-mega) Microcontrôleur de la famille mega du fabricant Atmel, 8kbit flash, type PDIP(PU).
<i>CMOS</i>	Complementary Metal Oxide Semiconductor
<i>LDR</i>	Light-Dependent Resistor
<i>d</i>	Distance entre la paroi et la résistance LDR
<i>h</i>	Hauteur de la paroi opaque
<i>k</i>	Diamètre du capteur LDR
θ_1	Angle d'incidence du rayonnement solaire sur la résistance LDR
θ_2	Angle d'ombre du pour la même résistance LDR
M_1	Moteur 1
M_2	Moteur 2
<i>EO</i>	Déplacement horizontal Est-Ouest
<i>HB</i>	Déplacement Vertical Haut-Bas
<i>N</i>	Déplacement durant la nuit

<i>Proteuse</i>	Suite de logicielle développée par la société Labcenter Electronics, les logiciels incluent dans Proteus permettent la CAO (Construction Assistée par Ordinateur) dans le domaine électronique
<i>ISIS</i>	Intelligent Schematic Input System
<i>ARES</i>	Advanced Routing and Editing Software
<i>PCB</i>	Printed Circuit Board

Introduction



Introduction

Les énergies existant sur notre planète sont nombreuses et parmi eux il y a l'énergie renouvelable qui est nommée aussi l'énergie inépuisable. Cette énergie est purement naturelle, elle est obtenue du soleil, du vent, des chutes d'eau ou aussi de la chaleur de la Terre... elle est considérée comme une énergie "flux" par opposition à l'énergie "stock", qui est obtenue de gisements de combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz, uranium...etc) dont les sources sont limitées et donc peuvent être épuisées. Contrairement à celle des énergies fossiles, l'exploitation des énergies renouvelables n'engendre pas ou peu de déchets et d'émissions polluantes. Ce sont les énergies de l'avenir.

L'utilisation des énergies renouvelables présente de nombreux avantages. Cela aide à lutter contre l'effet de serre, en réduisant nettement les rejets de gaz carbonique (CO₂) dans l'atmosphère, participe de plus à une gestion intelligente des ressources locales et permet la création des emplois.

Les types d'énergies renouvelables s'élèvent à Cinq est qui sont les suivants : le solaire photovoltaïque, le solaire thermique, l'éolien, la biomasse, la géothermie.

Le solaire photovoltaïque produit de l'électricité à partir de la lumière du soleil au moyen d'une installation photovoltaïque par laquelle il peut alimenter un ou plusieurs sites isolés dans des zones dépourvues de l'électricité ou même se brancher au réseau électrique de distribution général.

La cellule voltaïque est l'élément de base des panneaux solaires photovoltaïques, il s'agit d'un dispositif semi-conducteur délivrant une tension en fonction de la lumière.

Pour avoir une tension et un courant suffisamment élevé, il est nécessaire d'assembler les cellules solaires entre eux pour former un module, un panneau et un champ photovoltaïque.

L'ensoleillement et la température sont les deux facteurs primordiaux influant directement sur la quantité de tension et de courant généré par les cellules photovoltaïques.

Le bon choix de l'orientation et l'inclinaison des panneaux solaires représente l'autre version de la meilleure réception de rayon solaire.

Le mouvement du soleil sur sa trajectoire minimise l'optimisation de la quantité de puissance à transformer car elle n'est optimale que lorsque les rayons solaires sont perpendiculaires aux panneaux. C'est pour cela que le suiveur du soleil est plus qu'indispensable pour une optimisation d'énergie le long de la journée et durant toute l'année.

Un suiveur solaire est un dispositif composé de triple constituant:

Partie électronique.

Partie programmation. Partie mécanique.

La partie électronique ainsi que la partie programmation sont le but de notre étude et de notre réalisation durant les chapitres du présent mémoire.

Durant notre étude, nous préconisons répartir notre travail sur cinq axes principaux :

Au premier chapitre nous allons étudier le système photovoltaïque en commençant par la cellule photovoltaïque et en passant par la caractéristique $I(v)$, les éléments influant sur le rendement, les différents assemblages des cellules et finalement en termine par les modules composant le système photovoltaïque.

Pour le deuxième chapitre, nous voulons le consacrer pour l'étude du suiveur, en débutant ce chapitre par le potentiel solaire dans le monde et en particulier en Algérie, puis on va citer l'importance du suiveur, les types de suiveur et en fin on va clôturer ce chapitre par les différents composants de ce dispositif.

C'est au troisième chapitre qu'on va présenter le microcontrôleur ATMEGA8 en se basant sur les différents entrées et sorties et leurs principales fonctions.

Tandis qu'au quatrième chapitre, nous aimons présenter la programmation graphique en se basant sur le programme FLOWCODE et le principe de fonctionnement des différents composants.

Dans le cinquième chapitre on va réaliser ce qui suit :

* Dans la partie programmation : on va faire le programme principal avec ses macros ou sous programmes suivant la méthode graphique, compiler le programme puis on va établir la conception du circuit électronique et la simulation sur ISIS.

* Dans la partie électronique : on va commencer par la schématisation et la réalisation des cartes d'acquisitions, la carte de commande et la carte de puissance. Puis on va placer tous ces cartes sur leurs endroits aménagés dans le boitier de commande au niveau de la partie mécanique du suiveur.

Au dernier lieu, nous terminons ce mémoire par la conclusion qui va résumer notre travail, les résultats et les contraintes soulevées pour leurs prises en charge.

Chapitre 1

Systeme photovoltaïque



Sommaire

Introduction

I- Cellule photovoltaïque.

I-1- Type de cellule photovoltaïque.

I- 2- Fonction électrique d'un photovoltaïque.

I-3- Schéma équivalent d'un photovoltaïque

I-4- Influence de l'éclairement et de la température.

II- Groupement de cellules photovoltaïques.

II-1- Groupement en série des cellules.

II-2- Groupement en parallèle des cellules.

II-3- Panneaux solaire.

II-4- Champs photovoltaïque (PV).

III- Type de conversion d'énergie solaire.

III-1- Energie solaire thermique.

III- 2- Energie solaire photovoltaïque.

IV- Système photovoltaïque (PV).

IV-1- Générateur Photovoltaïque (GPV).

IV-2- Régulation et stockage d'énergie.

IV- 3- Utilisations de l'énergie AC/DC.

Conclusion.

Introduction :

La production de l'électricité par des énergies solaires est primordiale car elle permet d'alimenter en énergie renouvelable les consommateurs qui sont en pleine croissance sur cette planète. C'est pour cela que les états et les gouvernements sont penchés sur le développement et l'exploitation de ce type d'énergie à cause de sa durabilité d'approvisionnement en respectant les normes écologiques.

En outre, une installation d'un kilowatt-crête économise chaque année 600kg de CO₂ par rapport à la production équivalente d'électricité par une énergie fossile. Durant l'utilisation les modules ne génèrent aucun impact sur l'environnement. Aussi, en fin de vie, la plus part des composants (verre, aluminium, silicium et métal) peuvent être recyclés. [1]

Néanmoins, ce type d'énergie n'est pas disponible en même quantité durant toute la journée, pendant le long de l'année et dans les différentes zones ou lieux géographiques, Cependant il est nécessaire de l'analyser et de trouver des solutions pour son rendement limité afin de l'optimiser.

Dans ce chapitre, nous allons étudier l'énergie photovoltaïque, son principe et le système d'exploitation.

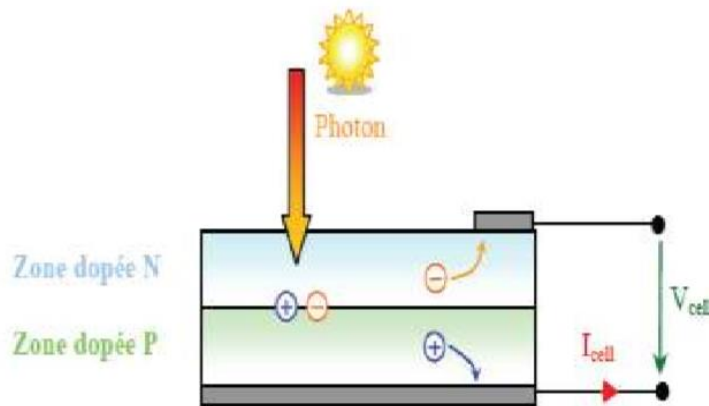
I- Cellule photovoltaïque :

Dans un semi-conducteur les électrons contenus dans la matière ne peuvent circuler que si on leur apporte une énergie pour les libérer de leurs atomes. Quand la lumière pénètre dans un semi-conducteur, le plus utilisé est le silicium (Si), ses photons apportent une énergie permettant aux électrons de se libérer et de se déplacer dans la matière, donc il y a une création d'un courant électrique sous exposition du semi-conducteur à la lumière.

Dans une cellule photovoltaïque ou photopile, c'est en créant une différence de potentiel entre ses bornes que la circulation du courant se manifeste, et c'est à cause du dopage des parties avant et arrière de la tranche de silicium que cette différence de potentiel est née :

- Dopage de type p sur une face, par adjonction d'atomes de bore (B), contenant moins d'électrons périphériques par atome que le silicium.
- Dopage de type n sur l'autre face, par adjonction d'atomes de phosphore (P), contenant plus d'électrons périphériques par atome que le silicium.

De point de vu électronique, un photogénérateur ou photopile est donc une jonction p-n réalisé dans un semi-conducteur. [3]



Figure(I-1) : principe de la photovoltaïque(4).

I-1- Type de cellule photovoltaïque :

a- Cellule Photovoltaïque au silicium cristallin : le silicium a l'état massif s'appelle cristallin, il est découpé en plaquettes d'environ 0.2mm d'épaisseur, de dimensions 12x12 ou 15x15cm.

Sa faible tension de fonctionnement (autour de 0.6V sous 1000W/m^2) la rend peu utilisable dans la pratique, et il convient de monter plusieurs en série pour augmenter cette tension.

b- Cellule Photovoltaïque au silicium amorphe : le silicium amorphe a une structure atomique non cristallisée ou vitreuse. Il possède une capacité d'absorption de la lumière supérieure à celle du silicium cristallin. Une fine couche de $1\mu\text{m}$ est donc suffisante pour absorber l'essentiel du spectre visible. En pratique l'épaisseur peut atteindre 0.2 à $0.3\mu\text{m}$ [2].

I-2- Fonction électrique d'une cellule photovoltaïque :

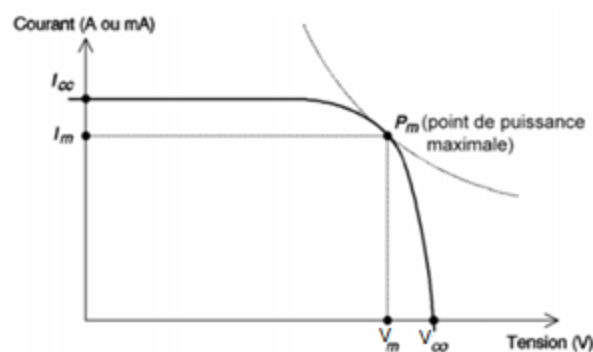


Figure (I-2): Courbe courant tension d'une cellule photovoltaïque(3).

V_{co}: Tension de circuit ouvert.

I_{cc} : Courant de court-circuit ou courant maximal à tension nulle.

P_m : Point de puissance maximale au point de charge idéal qui consiste à alimenter la charge sous la tension maximale et un courant maximal aussi.

Puissance-crête : la puissance-crête est la puissance maximal dans les conditions normalisées d'ensoleillement et de température (1000w/m², 25°C).

Le rendement : est le rapport entre la puissance électrique générée et la puissance lumineuse reçue. [3]

$$\eta = \frac{P_m}{E.S}$$

avec
$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

S : surface du photogénérateur.

E : énergie de photon (j)

h : constante de Planck = 6.626 * 10⁻³⁴ j.s

ν : fréquence de la lumière (Hz)

c : vitesse de la lumière = 3 * 10⁸ m/s

λ : longueur d'onde de la lumière (m). [2]

Pour la caractéristique ou courbe courant tension de la cellule solaire, elle se divise en trois zones :

- La zone horizontale est caractérisée par un courant constant pour n'importe quelle tension et le générateur photovoltaïque fonctionne comme un générateur de courant.
- La zone verticale est spécifiée par une tension constante pour n'importe quelle variation de courant et le générateur photovoltaïque est comme un générateur de tension.
- La zone du coude de la courbe est une région intermédiaire entre les deux zones précédentes, et elle représente la région préférée pour le fonctionnement (le point optimal). [3]. Ce point dit de puissance maximale, est associée à une tension dite de tension maximale V_m et de courant maximal I_m. [2]

I-3- Schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque :

La cellule photovoltaïque est l'élément de base de tout générateur photovoltaïque quelle que soit sa puissance. Le schéma équivalent de la cellule solaire consiste en une source de courant idéale, branchée avec une diode en parallèle, deux résistances pour tenir compte des pertes internes.

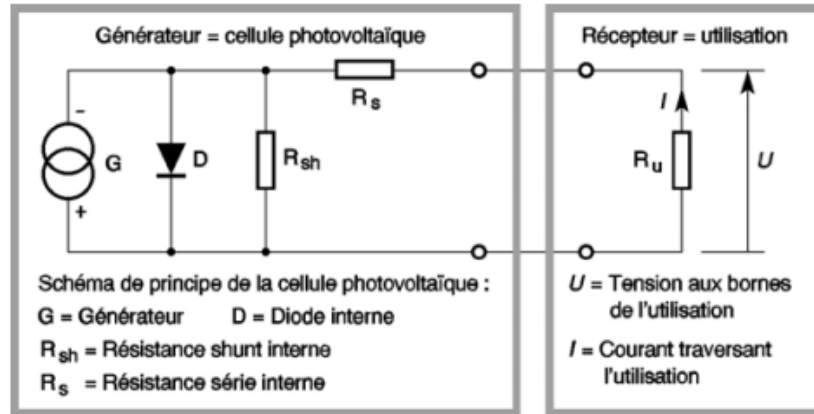


Figure (I-3): Schéma équivalent d'un photovoltaïque. (3)

G: est une source de courant parfaite.

D: est une diode ne permet le courant que de circuler dans un sens.

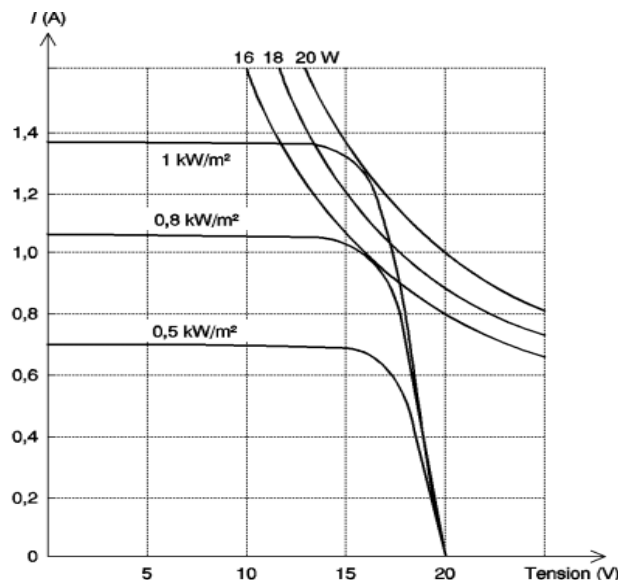
R_{sh} : est résistance parallèle (ou résistance de fuite) provenant du courant parasite entre les deux bornes de la cellule.

R_s : Résistance série qui tient compte les pertes ohmiques du matériau des métallisations et du contact métal/semi-conducteur.

R_u : résistance de récepteur. [3]

I-4- Influence de l'éclairement et de la température :

Le courant I_{cc} varie directement avec le rayonnement lumineux (la relation est proportionnelle), la tension reste relativement constante.



Figure(I-4): Influence de l'éclairage sur la courbe courant tension. (3)

La température a également une influence non négligeable sur les caractéristiques de ce panneau, quand la température s'élève, la tension diminue et donc la puissance aussi.

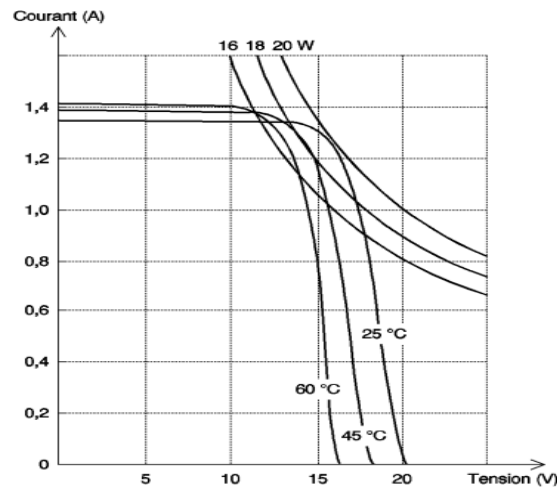


Figure (I-5): Influence de la température sur la courbe courant tension(3)

II- Groupement de cellules photovoltaïques :

La tension au niveau de la cellule est de l'ordre de 0.6 à 0.7v, et pour que cette tension délivrée soit exploitable à large utilisation il est nécessaire de procéder au regroupement des cellules soit en série, soit en parallèle ou les deux en même temps.

L'assemblage de cellules photovoltaïques forme un module photovoltaïque.

II-1-Groupement en série des cellules:

Dans ce type de groupement on aura donc le courant au niveau de la charge est le même qui traverse chaque cellule. Tandis que la tension au niveau de la charge est la somme des tensions au niveau de chaque cellule. [4]

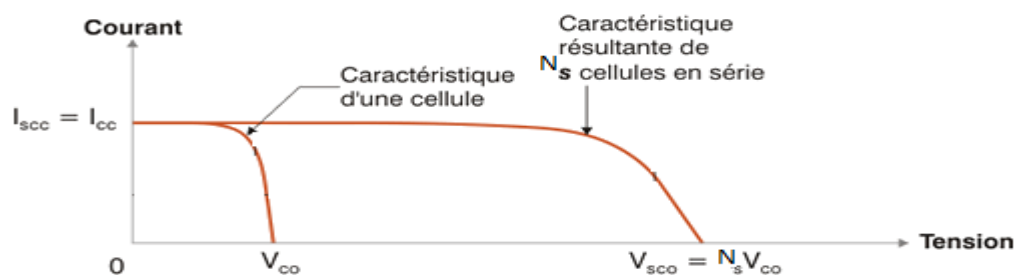


Figure (I-6): Caractéristique courant-tension $I(v)$ d'un Groupement de « N_s » cellules en série.

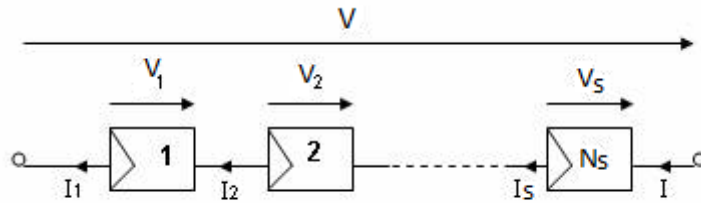


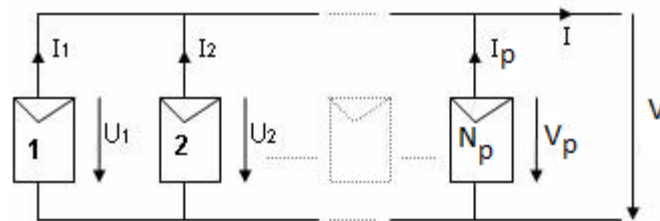
Figure (I-7): Schéma d'un module formé d'un Groupement de N_s cellules en série.

Avec N_s représente le nombre de cellule en série

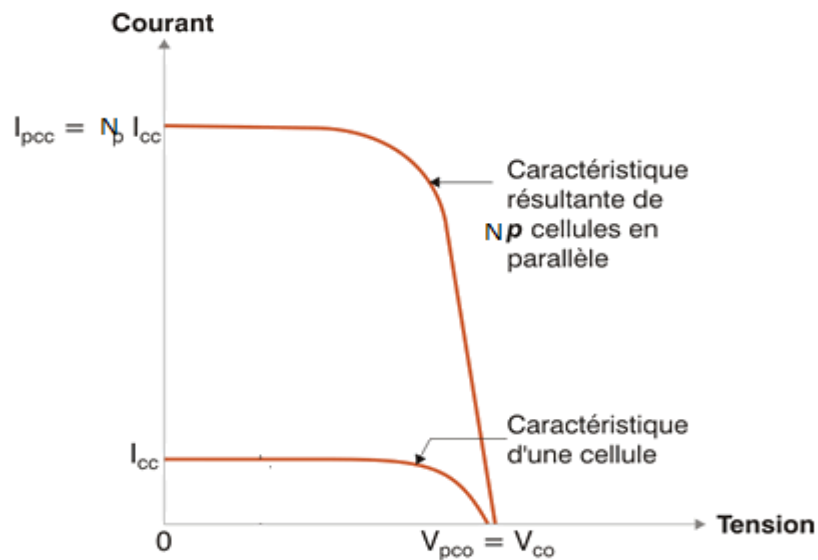
La caractéristique courant-tension de ce groupement de cellule garde le même courant et la tension représente la multiplication de la tension d'une seule cellule par le nombre de cellule N_s .

II-2- Groupement de cellule parallèle:

Le courant total fourni à la charge représente la somme des courants générés par chaque cellule tandis que la tension au niveau de cette charge est la même que celle au niveau de chaque cellule. [4]



Figure(I-8): Schéma d'un module formé d'un groupement de « N_p » cellules en parallèle.

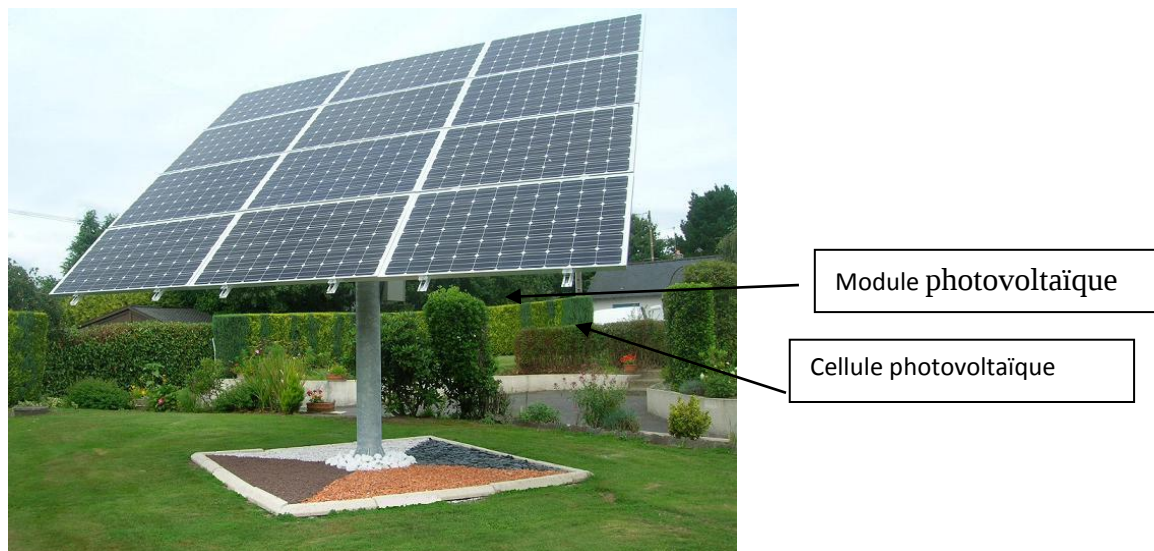


Figure(I-9): **Caractéristique courant-tension d'un Groupement de « N_p » cellules en parallèle.**

La caractéristique courant-tension de ce groupement de cellule garde la même tension et le courant représente la multiplication du courant d'une seule cellule par le nombre de cellule N_p .

II-3- Panneaux solaire:

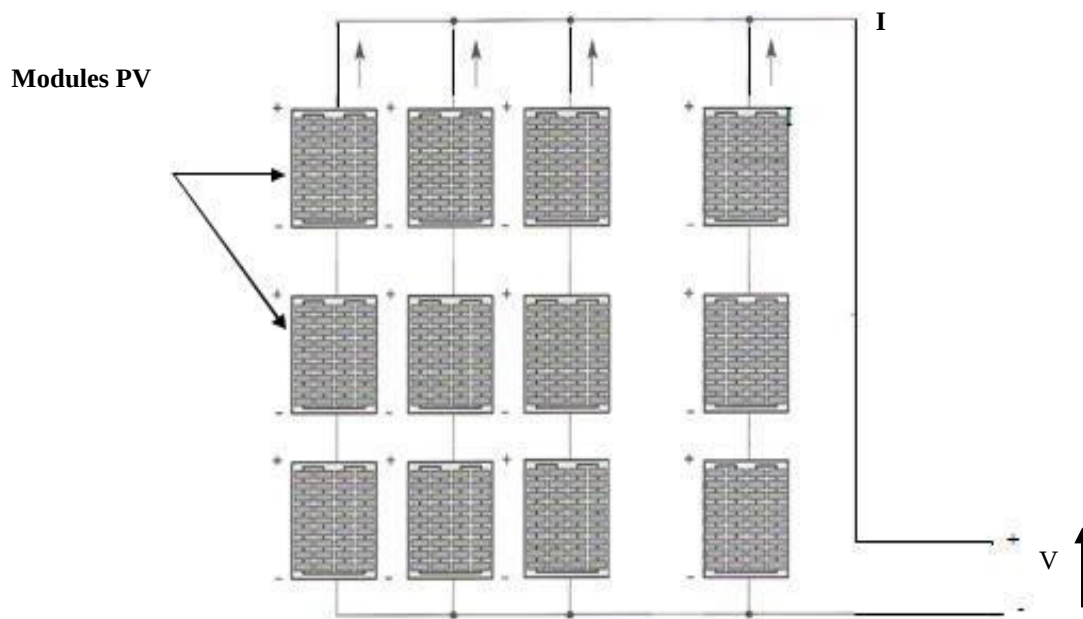
Le panneau solaire est constitué d'un ensemble de modules. Ces derniers sont montés sur des armatures métalliques avec un angle d'inclinaison pour le permettre de recevoir le champ solaire.



Figure(I-10): **Panneau solaire.**

II-4 - Champs photovoltaïque (PV)

Actuellement, la valeur de la puissance d'un module photovoltaïque va de quelques Watt crêtes à quelques dizaines de Watt crêtes. Pour obtenir des puissances supérieures (Kw,... Mw), il est nécessaire d'associer en série et/ou en parallèle des modules formant ainsi le champ photovoltaïque. Un champ photovoltaïque est donc constitué de modules associés électriquement entre elles.



Figure(I-11): **Champ de modules montés en série-parallèle.**

Considérant que tous les cellules du même module sont fabriquées de la même manière et fonctionnent dans les mêmes conditions. De ce fait, ils génèrent un même courant et une même tension. Donc la caractéristique courant-tension du générateur PV est celle des cellules et on aura ainsi:

$$I_G = N_p \cdot I$$

$$V_G = N_s \cdot V$$

Où:

- I_G et V_G : sont le courant et la tension du générateur ;
- N_p et N_s : sont le nombre de cellules associées en parallèle et en série dans un module photovoltaïque et pour un champ photovoltaïque. [2]

III- Type de conversion d'énergie solaire :

Les technologies utilisées pour exploiter l'énergie solaire sont en nombre de deux ; la première produit des calories représentée par l'énergie solaire thermique et la deuxième produit de l'électricité représentée par l'énergie solaire photovoltaïque.

III-1- Energie solaire thermique :

A partir de capteurs solaires thermiques les rayons solaires sont piégés pour produire de la chaleur qui va chauffer de l'eau ou de l'air.

III-2- Energie solaire photovoltaïque :

Permet de produire de l'électricité par la transformation d'une partie du rayonnement solaire grâce à des cellules solaires, reliées entre-elles pour former un module solaire photovoltaïque.

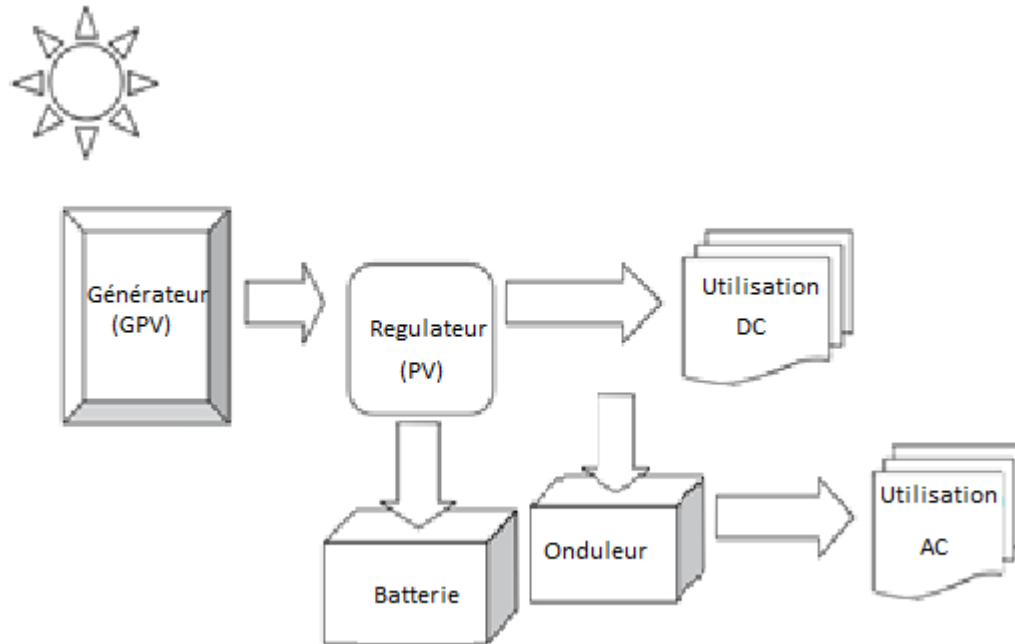
Actuellement, les cellules solaires commercialisées sont composées de matériaux inorganiques, comme le silicium. [5]

IV- Système photovoltaïque (PV) :

Le système photovoltaïque est utilisé pour alimenter une zone dépourvue d'électricité ou aussi peut être utilisé pour alimenter le réseau général. Donc il est nécessaire que l'alimentation en électricité soit en quantité suffisante et équilibrée dans le temps malgré que les rayons solaires soient fournis en quantité variable d'une heure à une autre, d'une journée à une autre et d'une saison à une autre.

Aussi, il est nécessaire d'utiliser des batteries pour stocker de l'énergie en excès des besoins de la charge, un régulateur de production ainsi qu'un onduleur pour permettre d'utiliser le courant alternatif.

Généralement, un système photovoltaïque comprend les différents éléments indiqués par la figure suivante. [6]



Figure(I-12): **Schéma synoptique d'un système photovoltaïque.**

IV-1- Générateur Photovoltaïque (GPV):

Le générateur photovoltaïque (GPV) permet la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique. Il est constitué de plusieurs modules photovoltaïques à base de cellules photovoltaïques associées en série pour augmenter la tension utile en continue et en parallèle pour augmenter le courant pour enfin augmenter la puissance maximale disponible. Aussi, il permet d'alimenter la charge directement en courant continue ou en courant alternatif par l'intermédiaire d'un onduleur. [6]

IV-2- Régulation et stockage d'énergie:

L'énergie solaire transformée au niveau du générateur photovoltaïque est irrégulier car il dépend de l'ensoleillement et de l'orientation des panneaux, ce qui nécessite un système de stockage de l'énergie (batterie) en surplus pendant les heures de forte ensoleillement afin de la fournir à la charge durant les heures d'ensoleillement insuffisante ou nulle. Donc cela nécessite un système de contrôle et de régulation de l'énergie pour protéger la batterie contre la surcharge de l'énergie produite par le générateur photovoltaïque en plus de la protection contre les décharges profondes de la batterie causés par l'utilisation pour une durée de vie prolongée. [6]

IV-3- Utilisation de l'énergie AC/DC:

Cette partie est représentée par les équipements consommateurs d'énergie électrique et pour les utilisateurs de l'électricité AC, il est nécessaire d'utiliser un onduleur qui permet de convertir l'électricité du continu à l'alternatif.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait un tour sur le domaine du photovoltaïque par l'étude de la cellule photovoltaïque, les types de groupement (série et parallèle) de ces cellules, ainsi que les différents assemblages pour former le module, le panneau et le champ. Et enfin nous avons fait un aperçue sur le système photovoltaïque, ses composants avec leurs principes de fonctionnement.

Chapitre 2

Suiveur solaire



Sommaire

Introduction

I- Ensoleillement et potentiel de l'énergie solaire en Algérie

II- Trajectoire du soleil

III- Orientation et inclinaison des panneaux solaires

III-1- Orientation des panneaux solaires

III-2- Inclinaison des panneaux solaires

IV- Suiveur solaire

IV- 1 - Suiveur mono-axial

IV- 2 - Suiveur bi-axial

V- Constitution du suiveur solaire

V-1- Partie électronique

a- Capteur LDR

b- Carte de commande

V-2 - Partie Programmation

V- 3- Partie mécanique

Conclusion

Introduction:

La transformation de l'énergie solaire au niveau du générateur photovoltaïque est optimale seulement à midi car les rayons solaires ne sont perpendiculaires au panneau solaire que durant ce temps. Les études théoriques montrent que la quantité de l'énergie reçue par une cellule photovoltaïque avec un suiveur de soleil est supérieure de 30% à 40% qu'une cellule photovoltaïque fixe. [7]

Une cellule photovoltaïque avec un suiveur solaire est orientée constamment vers le soleil donc la transformation en énergie électrique est optimale durant toute la journée du levé jusqu'à la couché du soleil.

Durant ce chapitre, nous allons donner l'essentiel du suiveur de soleil et l'avantage que peut livrer un panneau mobile par rapport à un autre fixe.

I- Ensoleillement et potentiel de l'énergie solaire en Algérie

La plus grande partie du globe terrestre possède un potentiel d'énergie solaire annuelle important variable entre 1200 kW/m^2 et 2000 kW/m^2 surtout pour les régions à une population élevée comme l'Asie du sud, l'Amérique du Sud, l'Afrique et l'Amérique centrale. De ce fait, l'énergie solaire est considérée comme étant l'énergie de l'avenir.

Nous remarquons que l'Afrique possède le plus important potentiel en énergie solaire au monde, celui-ci peut atteindre une valeur annuelle de l'ordre de 2000 kW/m^2 , il pourrait être capable de couvrir la plus grande partie de ses besoins énergétiques. [5]

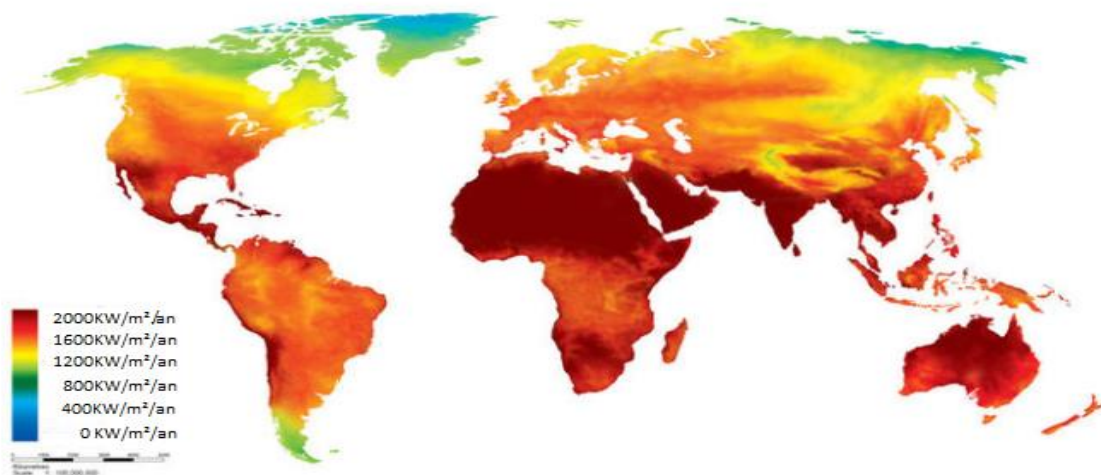
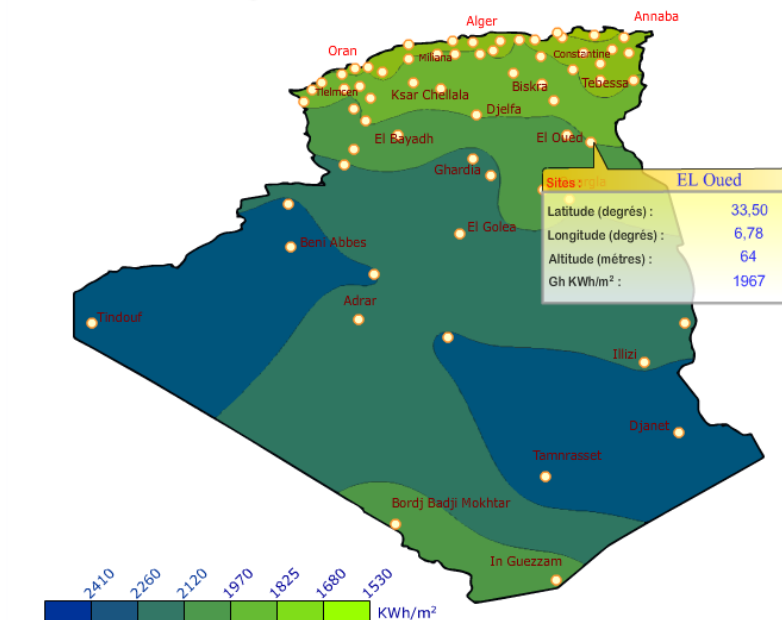
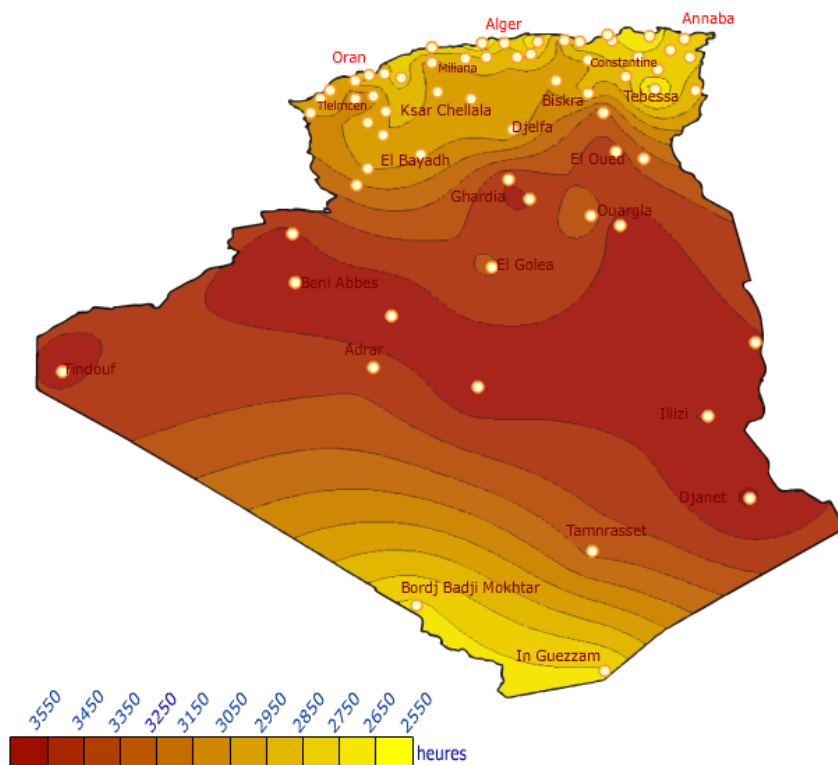


Figure (II-1): Distribution du potentiel de l'énergie solaire dans le monde. (5)



Figure(II-2) : Moyenne annuelle d'irradiation. (8)

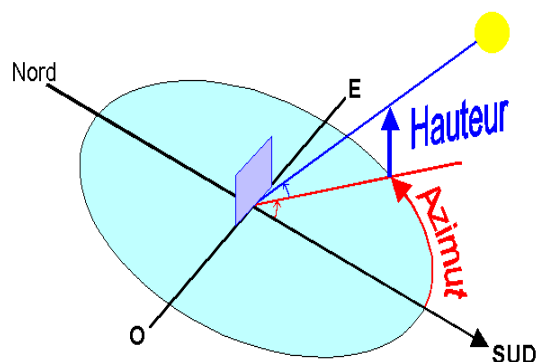


Figure(II-3) : Ensoleillement annuel en Algérie. (8)

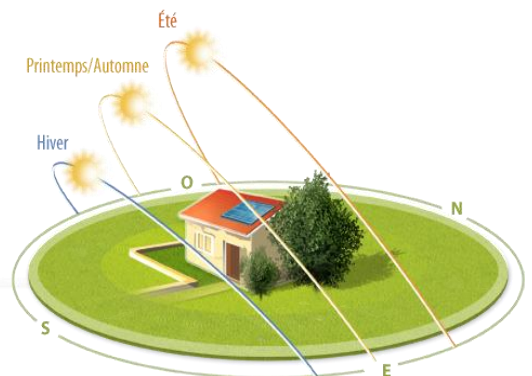
L'Algérie possède un potentiel important en énergie solaire ce qui encourage l'implantation des technologies solaires dans notre pays et la planification de l'investissement à long terme dans ce domaine.

II- trajectoire du soleil :

La trajectoire du soleil varie d'une saison à une autre et l'inclinaison est plus réduite en été qu'en hiver ce qui fait que les mouvements du soleil sur sa trajectoire dépendent de la latitude (hauteur) et de la longitude (azimut). La latitude (verticale) définit la distance angulaire d'un point du globe par rapport à la terre (l'équateur), tandis que la longitude (horizontale) est l'angle par rapport au méridien de Greenwich. [9]



Figure(II-4): **Latitude et longitude du panneau solaire.**



Figure(II-5): **Trajectoire saisonnière du soleil.**

Le déplacement du soleil sur la trajectoire lors de la journée et durant les différentes saisons, enregistre une perte importante d'énergie pour les panneaux solaires fixes, ce qui favorise l'utilisation des suiveurs de soleil pour l'optimisation de réception de l'énergie solaire. Donc l'augmentation de la génération de l'énergie électrique.

III- orientation et inclinaison des panneaux solaires:

III -1- Orientation des panneaux solaires:

C'est la direction où le panneau doit être exposé dans un plan horizontal, si le panneau est dans l'hémisphère nord donc l'orientation doit se faire vers le sud et s'il est dans l'hémisphère sud il doit s'orienter vers le nord.

III-2- Inclinaison des panneaux solaires:

C'est l'angle que fait le panneau par rapport à l'horizontal dans un plan vertical pour une meilleure production d'énergie électrique.

Une production photovoltaïque n'est optimale que lorsque l'angle d'incidence des rayons solaires est de 90° . [9]



Figure(II-6): Orientation et inclinaison du panneau solaire.

Donc, il est nécessaire de bien choisir l'inclinaison optimale et l'emplacement idéale des panneaux afin d'éviter les pertes dans la réception d'énergie causées par les lieux d'ombrage et les obstacles qui entravent le chemin des rayons solaire vers les panneaux.

IV- Suiveur solaire :

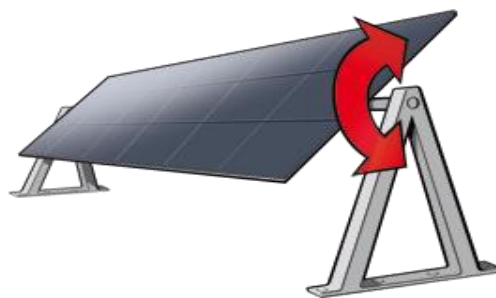
Le suiveur solaire permet de suivre le soleil comme un tournesol afin de produire l'énergie maximal. Et pour cela il existe deux types fondamentaux de suiveur ; l'un est mono-axial et l'autre est bi-axial.

IV-1-Suiveur mono-axial:

Le panneau tourne suivant un axe soit horizontal ou vertical pour une amélioration de la production de 27% à 32% par rapport à un panneau fixe.



Figure(II-7): Suiveur mono-axial vertical.



Figure(II-8): Suiveur mono-axial horizontal.

IV-2-Suiveur bi-axial :

Le panneau tourne en même temps suivant les deux axes horizontal et vertical, donc le changement de l'orientation et de l'inclinaison permet le panneau de suivre le soleil dans des angles différents ce qui donne un rendement supérieur que les suiveurs mono-axial avec un pourcentage de croisement de 30% à 40% par rapport à la production du module fixe.

Ce type de suiveur nécessite la mise en place de deux moteurs. De sorte qu'il faut prévoir l'énergie supplémentaire à consommer pour leurs fonctionnements.



Figure(II-9): Suiveur bi-axial.

Le système actif et le système astronomique sont utilisés pour exécuter cette fonction.

- **le système actif:** permet de trouver instantanément le soleil et positionne le panneau solaire dans l'endroit le plus favorable avec un rendement optimal, il est caractérisé par une meilleure précision.
- **le système astronomique:** permet de suivre le soleil dans son trajet habituel. [4]

V- Constitution du suiveur solaire

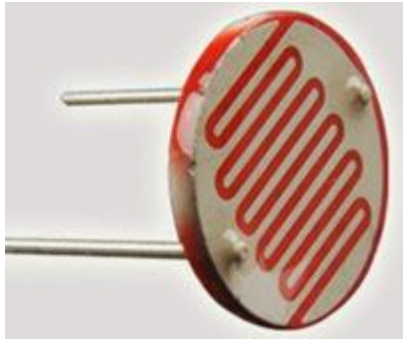
V-1- Partie électronique

a- Capteur LDR:

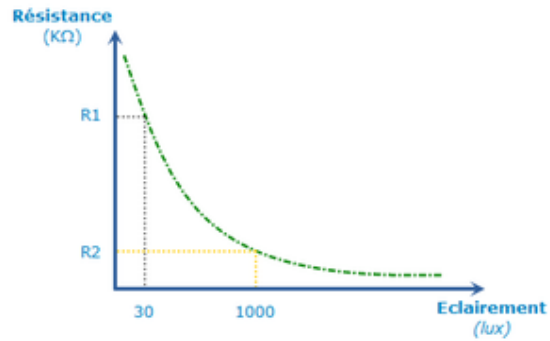
Le capteur LDR (light dependant Resistor) est une photorésistance sensible à la lumière incidente à laquelle elle est exposée. Sa fonction principale c'est de mesurer l'intensité de la lumière.

Pour notre application nous avons utilisés quatre capteurs LDR répartis en groupe de deux et optiquement isolés entre eux de manière à ce que l'éclairement de chaque groupe ne soit identique que s'ils sont pointés vers le soleil. Ces quatre capteurs constituent un système de lunette. Elles sont solidaires au panneau solaire et placées sur le même plan que celui-ci. Elle forme ainsi le capteur de détection de la position du soleil.

Dans le cas où le panneau solaire n'est pointé vers le soleil, un signal est généré par le diviseur de tension des LDR ombragées. Ce signal est transmis à l'entrée du microcontrôleur pour une éventuelle instruction de commande des moteurs. [10]



Figure(II-10): Capteur LDR.



Figure(II-11): Caractéristique résistance éclairage.

b- Carte de commande:

La carte de commande est constituée principalement du microcontrôleur ATMEGA qui est choisi pour son constitution élastique, il est caractérisé par un nombre important d'entrées/sorties adaptable à notre application en plus du convertisseur A/D. Ce qui va nous permettre de réduire au maximum le nombre de composants électroniques utilisés ainsi que la taille de la carte de commande.

Son principe de fonctionnement est basé sur les signaux générés par les LDR suite aux variations de tension causées par le changement de l'ensoleillement, le microcontrôleur récolte ces signaux, les convertit de l'analogique en numérique, les traite puis les compare entre eux pour envoyer la commande adéquate au moteur à travers le circuit de puissance, ce qui permet le moteur d'orienter le panneau photovoltaïque vers le soleil.

En fin de journée, il réoriente le panneau vers la position de départ ou de démarrage pour attendre le lever du soleil du prochain jour. [10]

V- 2- Partie Programmation

C'est cette partie du suiveur qui permet au microcontrôleur d'accomplir ses fonctions en accordant à chaque entrée/sortie une fonction bien définie dans le circuit électronique en commençant par les broches programmées de recevoir les signaux des LDR et en terminant par les pattes du microcontrôleur prévues pour transporter les différentes instructions données aux moteurs pour orienter les panneaux. [10]

V- 3- Partie mécanique

La partie mécanique permet de donner la flexibilité nécessaire pour exécuter les instructions données par le microcontrôleur.

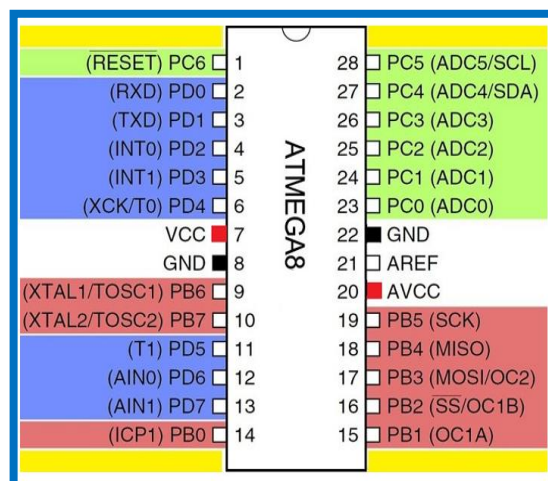
Elle est constituée essentiellement de deux moteurs pour commander le panneau en horizontal ou en vertical, le support métallique du panneau en forme de U, l'axe vertical pour permettre le système de pivoter en horizontal et la base sur lequel assis tous le système.

Conclusion:

Dans ce chapitre nous avons décrit la relation de l'orientation et l'inclinaison avec la trajectoire du soleil pour un maximum d'énergie solaire. Puis nous avons exprimés les types de suiveurs et leurs avantages, la constitution du suiveur solaire ; la partie électronique, la partie programmation et la partie mécanique.

Chapitre 3

Microcontrôleur ATMEGA8



Sommaire

Introduction

I- La Famille AVR

II- Le choix de l'ATMEGA8

III- Caractéristique de l'ATMEGA8

IV- Brochage de l'ATMEGA8

V- Architecture interne

Conclusion.

Introduction :

Dans ce chapitre, on va présenter le microcontrôleur ATMEGA8; les caractéristiques, la conception externe et l'architecture interne.

ATMEGA8 est un produit du fabricant mondial Atmel, spécialisé dans la fabrication des composants à semi-conducteur. Il développe les microcontrôleurs à base de cœur AVR, qui se différencient entre eux par la vitesse, la mémoire, le nombre d'entrées/sorties et aussi des fonctions disponibles ou périphériques qui se distinguent selon le microcontrôleur considéré, on peut trouver :

- Plusieurs Timers/Counters
- Génération de signaux PWM
- Nombreux convertisseurs analogiques/numériques
- Communication série USART
- Comparateur analogique
- Watchdog Timer
- Oscillateur RC interne
- Modes d'économies d'énergie
- Interruptions internes et externes

I- La Famille AVR :

La famille AVR 8bits (ATMEL) regroupe une centaine de composants, chacun disponible dans plusieurs types de boîtiers physique (package). La famille AVR peut être découpée en 3 sous familles principales :

- Attiny AVR (8 à 20 broches)
- Méga AVR (32 à 100 broches)
- xMega AVR (44 à 100 broches) [11]

II- Le choix de l'ATMEGA :

Il est nécessaire de choisir le microcontrôleur adéquat pour la réalisation du projet en se référant sur le nombre d'entrée/Sortie, les fonctions offertes, la vitesse, la mémoire (RAM et EEPROM) et le coût du microcontrôleur.

L'Atmega8 choisi pour notre projet est un microcontrôleur 8 bits CMOS de basse puissance basé sur l'architecture RISC des AVR. Le nombre de 28 broches lui permet de ce trouver parmi la famille méga AVR. Les instructions sont en nombre de 130 et chaque instruction est exécuté en un seul cycle d'horloge ce qui permet l'ATmega8 d'atteindre des débits approchant les 1MIPS par MHz.

L'Atmega8 est basé sur une architecture CPU Harvard ; La mémoire de données et la mémoire programme sont dissociées, ce qui permet deux registres à accéder en même temps aux instructions et aux données durant le même cycle d'horloge. L'architecture résultante est plus efficace en termes de vitesse.

III- Caractéristique de l'ATMEGA8

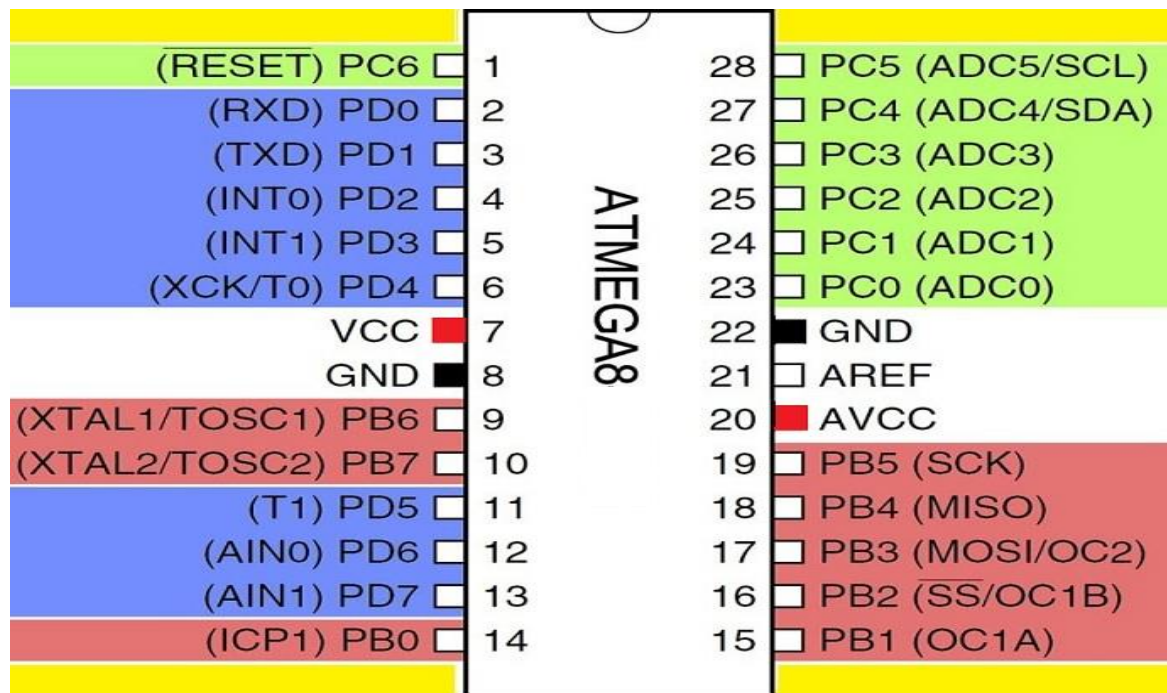
L'ATMEGA8 est caractérisé par :

- - Microcontrôleur 8 bits à haute performance et basse consommation.
 - Architecture RISC améliorée
 - 130 instructions puissantes - Exécution du cycle d'horloge unique
 - registres 32×8 à usage général
 - débit Jusqu'à 16MIPS à 16 MHz
 - 8 Ko de mémoire programme Flash auto-programmable dans le système (In-System)
 - EEPROM 512 Octets
 - SRAM 1K Octets interne
 - Cycles d'écriture / effacement: 10 000 Flash / 100 000 EEPROM
 - Conservation des données: 20 ans à 85 ° C / 100 ans à 25 ° C
 - Caractéristiques périphériques
 - Deux minuteries / compteurs 8 bits.
 - Un compteur / minuterie 16 bits.
 - Trois canaux PWM
 - ADC 6 canaux dans le package PDIP
 - Serial programmable USART
 - Interface série SPI
 - Minuterie de chien de garde programmable avec oscillateur sur puce séparé
 - Comparateur analogique sur puce

- Caractéristiques spéciales du microcontrôleur
 - Réinitialisation à la mise sous tension et détection de panne programmable
 - Oscillateur RC calibré interne
- E / S et packages
 - 23 lignes d'E / S programmables
 - PDIP à 28 dérivations,
- Tensions de fonctionnement
 - 4.5V - 5.5V (ATmega8)
- Grades de vitesse
 - 0 - 16 MHz (ATmega8)
- Consommation d'énergie à 4Mhz, 3V, 25°C
 - Actif: 3.6mA
 - Mode veille: 1.0mA
 - Mode de mise hors tension: 0.5µA [12]

IV- Brochage de l'ATMEGA8

L'ATMEGA8 est caractérisé par ses 28 broches qui sont indiquées sur le schéma suivant :



Figure(III-1) : Brochage de l'ATMEGA8. (12)

Port B (PB7-PB0) XTAL1 / XTAL2 / TOSC1 /TOSC2: Le port B est un port d'E / S bidirectionnel 8 bits avec des résistances de pull-up internes (sélectionnées pour chaque bit).

Le PB6 peut être utilisé comme entrée pour l'oscillateur inverseur amplificateur et entrée dans le circuit d'horloge interne. Et PB7 peut être utilisé comme sortie de l'inverseur Oscillateur amplificateur. Ce sont les broches auxquelles est connecté le quartz .

Port C (PC5-PC0) : Le port C est un port d'E / S bidirectionnel à 7 bits avec des résistances pull-up internes (sélectionnées pour chaque bit).

PC6 / RESET: la patte PC6 est utilisé comme broche d'E / S si elle est programmé. Si non, elle est utilisée comme entrée de réinitialisation. Elle est activée par un front descendant maintenue plus de 50 ns pour produire le Reset du microcontrôleur.

Port D (PD7-PD0): Le port D est un port d'E / S bidirectionnel 8 bits avec des résistances de pull-up internes (sélectionnées pour chaque bit).

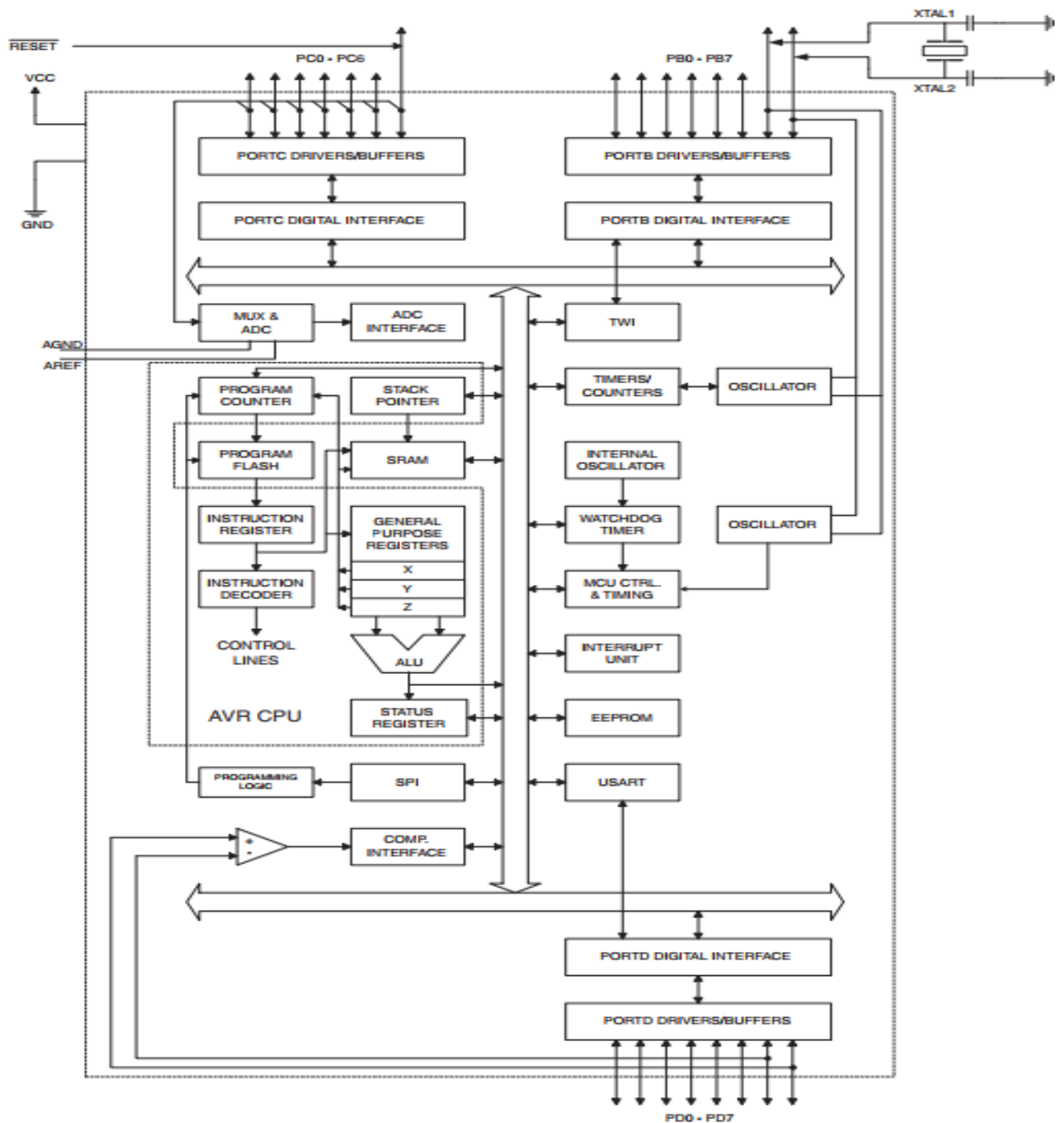
VCC: Tension d'alimentation numérique.

GND: Ground.

AVCC: AVCC est la broche de tension d'alimentation du convertisseur A / N,

AREF: AREF est la broche de référence analogique pour le convertisseur A / N [12].

V- Architecture interne.



Figure(III-2): Architecture interne de l'ATMEGA8. (12)

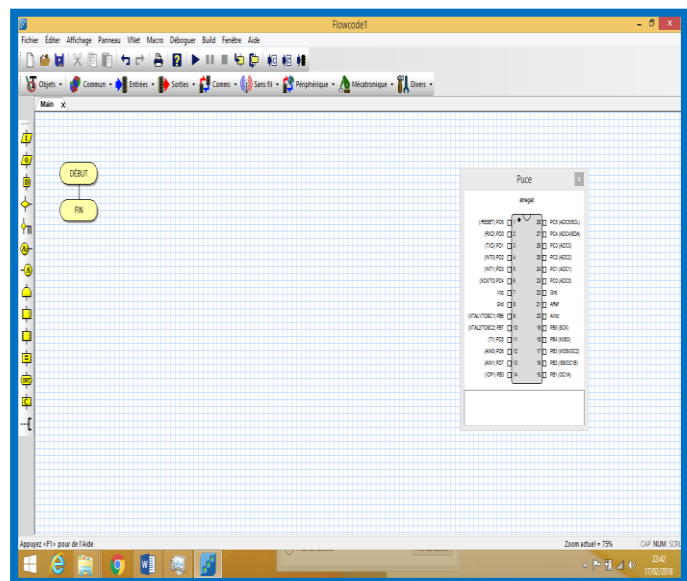
Conclusion

Dans ce chapitre on 'a présenté le microcontrôleur ATMEGA8, qui est le cœur de notre carte de commande ; ses caractéristiques, le brochage et l'architecture interne.

En général, le microcontrôleur permet de contrôler et gérer les circuits d'une manière efficace. Donc il est tout simplement similaire à un petit ordinateur conçu spécialement pour effectuer des opérations précises. Il contient une unité logique arithmétique l'ALU (Aritmetic Logic Unit) qui forme avec le bloc des registres le cœur du microcontrôleur. Qui communique, au moyen d'un bus de données (Data Bus) de 8 bits, avec toutes les ressources implémentées, Il a sa propre mémoire et aussi il ne consomme pas beaucoup d'énergie. Il contient aussi une mémoire EPROM que l'on peut programmer plusieurs fois et enfin il contient des entrées/sorties pour transférer des données avec des circuits extérieurs.

Chapitre 4

Programmation du microcontrôleur ATEMGA8



Sommaire

Introduction

I- Présentation du Flowcode

I-1- Barre d'outils d'icônes de commandes

I-2- Barre d'icônes composants

I-3- Fenêtre Microcontrôleur

I-4- Fenêtre Organigramme

II- Etapes de création du programme

II-1- Créer un nouvel organigramme

II-2- Ajouter une icône sur un organigramme Barre d'icônes

II-3- Simulation sur ISIS

a- Simulation continue

b- Simulation pas à pas détaillé

c- Simulation pas à pas principal

II-4- Compilation

II-5- Simulation

II-6- Transfert du programme vers l'ATMEGA

Conclusion

Introduction

Lors des deux premiers chapitres, on a vu qu'un maximum d'énergie solaire au niveau des panneaux solaires nécessite la variation de l'inclinaison et de l'orientation des panneaux suivant la trajectoire du soleil, ce qui nous oblige à utiliser un programme qui permet de coordonner entre la détection du déplacement du soleil et les instructions données aux moteurs pour s'orienter à gauche ou à droite et de s'incliner en haut ou en bas.

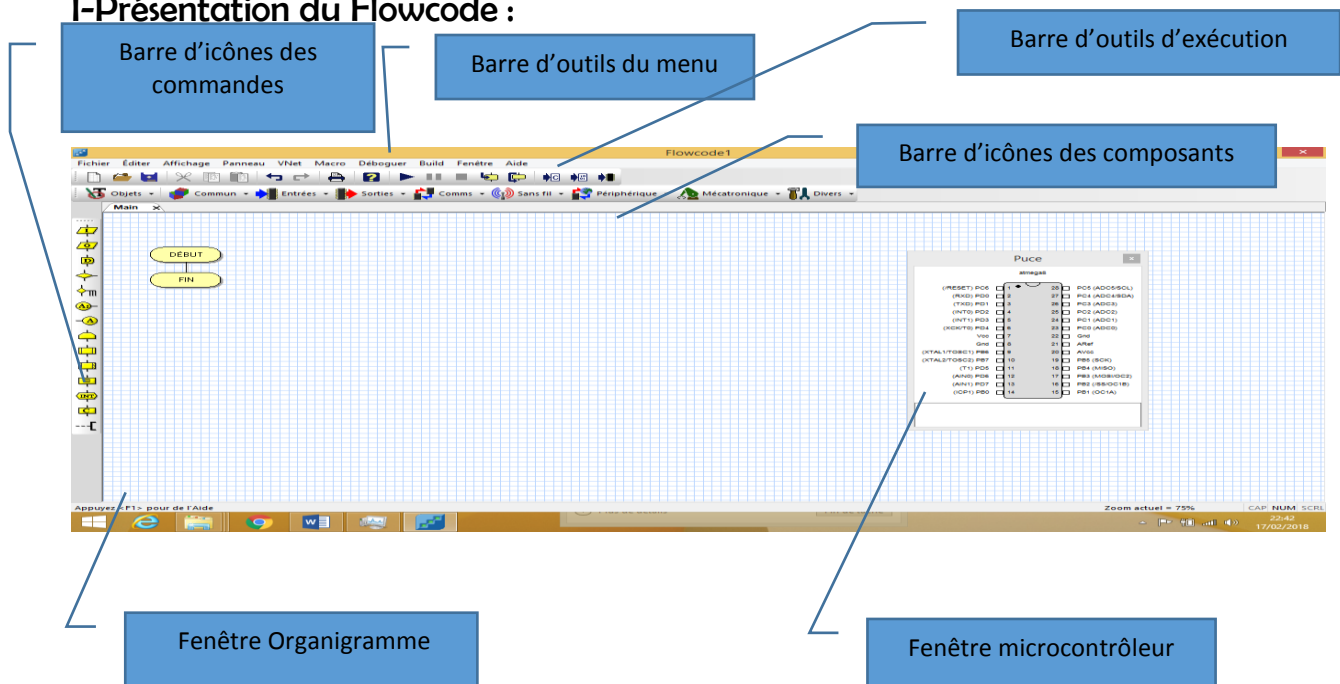
L'utilisation du microprocesseur ATMEGA8 nécessite l'utilisation d'un programme par lequel il doit donner les instructions nécessaires aux différents organes. Dans ce projet on va utiliser le programme flowcode. Qui est un logiciel de programmation graphique permettant, à partir de la saisie d'algorigrammes, de créer des programmes pour notre microcontrôleur.

Une fois l'algorigramme élaboré, Flowcode permet de compiler ce programme en procédant à : traduire l'organigramme en langage C, le compiler en assembleur et convertir en hexadécimal pour le transférer vers le microcontrôleur cible.

La simulation du programme est une phase importante pour visualiser le comportement du microcontrôleur avec les périphériques d'une part et d'autre part vérifier le fonctionnement de notre programme avant son transfert vers le microcontrôleur, et pour cela on a utilisé le logiciel « ISIS ».

L'étape finale, c'est d'entamer le transfert du fichier compilé et simulé vers la mémoire du microcontrôleur qui nécessite l'utilisation d'un programmeur et un logiciel de transfert, dans notre cas on va utiliser le logiciel « SP500P-SUPERPRO.png ».

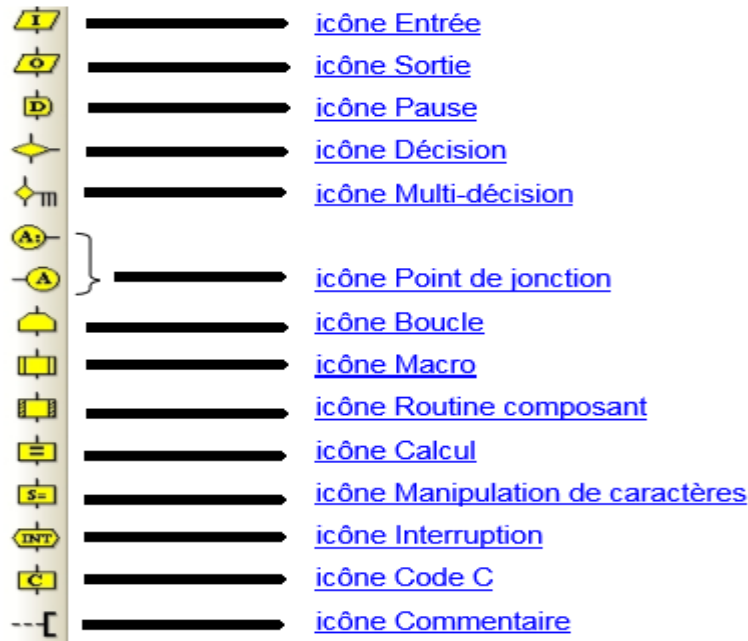
I-Présentation du Flowcode :



Figure(IV-1) : Présentation générale du Flowcode. (13)

I-1- Barre d'Icônes de commandes:

Permet de choisir la commande à utiliser en cliquant sur une icône dans la barre d'outils d'icône de commandes et la faisant glisser sur la page de saisie pour créer l'algorithme. [13]



Figure(IV-2): **Barre d'icônes des commandes. (13)**

I-2- Barre d'icônes composants :

Cette barre d'outils contient les composants externes pouvant être connectés au microcontrôleur ; tels que les boutons poussoirs, afficheurs, LED, Cliquer sur un composant et il sera associé au microcontrôleur dans la vue qui lui est destinée. Les pattes de connexions et les propriétés du composant peuvent être éditées. [13]

Il contient aussi les fonctionnalités internes du microcontrôleur en liaison avec des circuits externes (convertisseurs A/N, commandes, bus,...). [13]



Figure(IV-3): **Barre d'outils d'icônes des composants. (13)**

I-3- Fenêtre Microcontrôleur :

Le microcontrôleur actif est montré dans cette fenêtre avec tous les broches numérotées avec leurs appellations. [13]

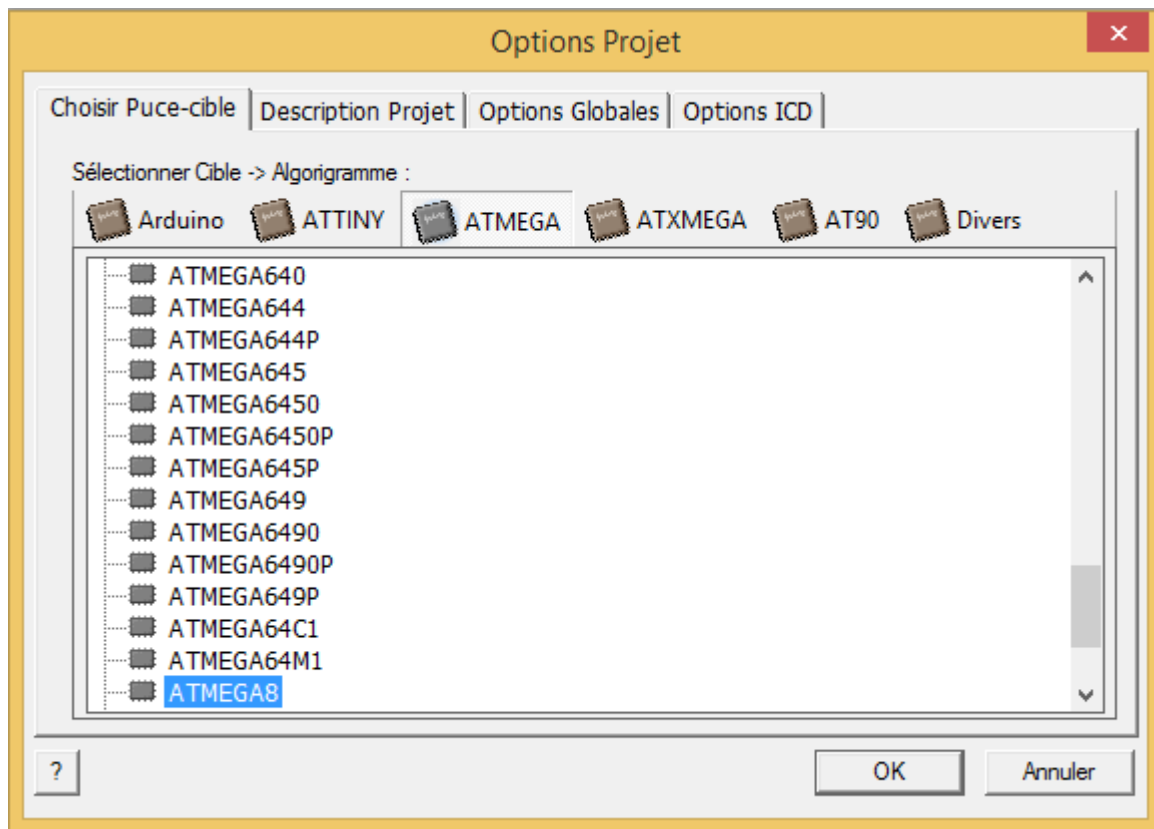
I-4- Fenêtre de l'Algorithme :

Les icônes qui constituent l'ordinogramme sont affichées dans cette fenêtre. Par contre, les icônes qui constituent une macro sont montrées dans une fenêtre spécifique. La fenêtre principale correspondant à l'organigramme est toujours visible alors que les fenêtres spécifiques correspondant aux macros peuvent être montrées ou cachées. [13]

II- Etapes de création du programme :

II-1-Créer un organigramme :

En sélectionnant « **Nouveau** » depuis le menu Fichier, une fenêtre s'ouvre et on peut sélectionner le microcontrôleur cible de l'application. Puis Flowcode affichera le schéma du microcontrôleur dans la fenêtre microcontrôleur et créera un organigramme vide ne comportant que les icônes **DEBUT** et **FIN** où on puisse insérer les différentes icônes. [13]

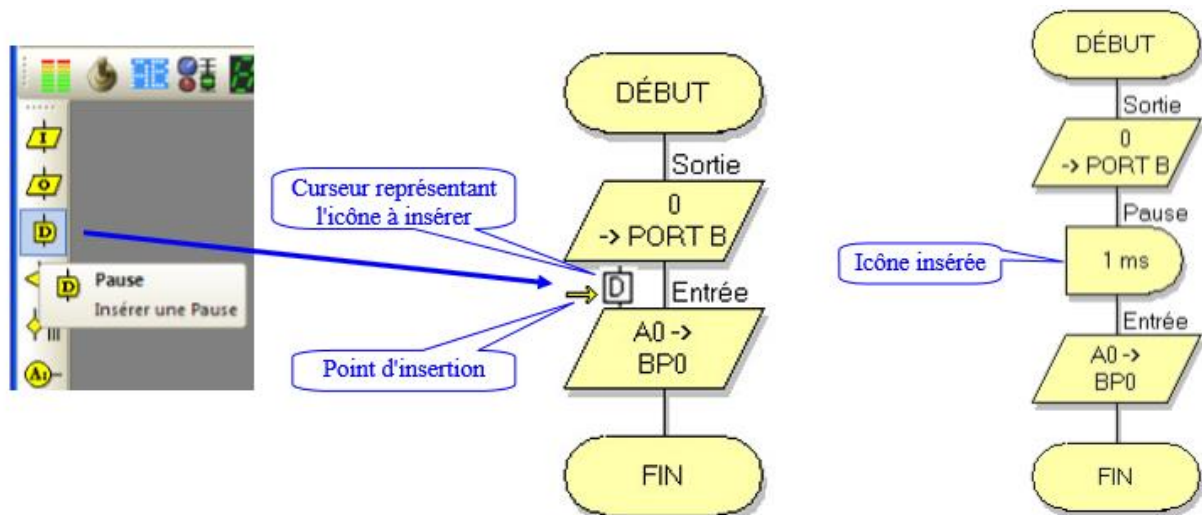


Figure(IV-4) : Fenêtre pour sélectionner le microcontrôleur cible.

Après le choix du microcontrôleur cible, on doit préciser la vitesse d'horloge (fréquence) du microcontrôleur dans la boîte de dialogue "Options Projet" du menu "**Build**" afin que les réglages de la temporisation et de l'interruption par Timer soient précis. [13]

II-2-Ajouter une icône sur un organigramme Barre d'icônes :

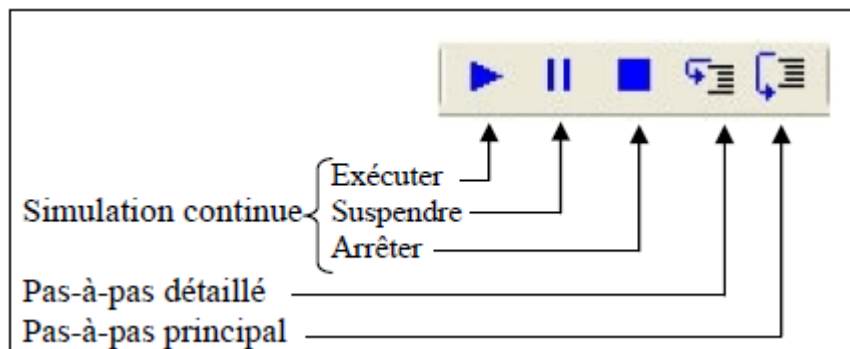
On Clique à gauche sur celle qui nous intéresse et on maintient le clic. Le curseur prend la forme d'une petite image de l'icône sélectionnée. On fait glisser l'icône dans la fenêtre active de l'organigramme et on relâche la souris là où on veut insérer cette icône. Quand nous déplaçons la souris sur l'organigramme, une petite flèche apparaît pour montrer où sera insérée l'icône. Ce point est identifié comme le point d'insertion. Dès qu'on relâche le bouton de la souris, l'icône s'inscrit dans l'organigramme. [13]



Figure(IV-5) : Ajout d'icônes. (13)

II-3- Simulation :

Flowcode possède trois types de simulation distincts qui sont :



Figure(IV-6) : Type de simulation. (13)

a- Simulation continue :

Flowcode procède à la simulation de l'application aussi vite que possible. Donc cette simulation correspond au fonctionnement normal du microcontrôleur. [13]

b- Simulation pas à pas détaillé :

On sélectionnant l'option pas à pas détaillé depuis le menu Exécuter, Flowcode permet d'exécuter le programme icône par icône depuis l'icône « DEBUT » jusqu'à l'icône « FIN » de l'organigramme en passant par les sous programmes ou macros. Un rectangle rouge signale l'icône en cours d'exécution et si des composants externes sont connectés au microcontrôleur, l'état sera montré dans la fenêtre de ce même composant externe. [13]

c- Simulation pas à pas principal :

De la même manière, l'exécution de la simulation Pas à Pas principal se fait depuis le menu Exécuter. Cette simulation se diffère par rapport à la précédente lors de l'excursion d'une macro contenant un algorithme séparé, Pas à Pas principal traite la macro en entier au lieu de l'ouvrir et de l'exécuter pas à pas comme le fait la simulation Pas à Pas détaillé. Donc ce type de simulation permet d'éviter de traiter pas à pas les macros longues et permet l'utilisateur de se concentrer sur des zones de l'organigramme qui demandent plus d'attention. [13]

II-4- Compilation :

Les microcontrôleurs ATMEGA exécute seulement des codes en hexadécimal (format.hex).Flowcode doit donc traduire l'organigramme (format .fcf) en un format compréhensible par le microprocesseur. Flowcode procède à transformer le programme de la façon suivante :

a- Traduire l'organigramme en code C (format .c)

b- Compiler le code C en Assembleur (format .asm)

c- Convertir le programme assembleur en code Hexa (format .hex)

Avant de compiler l'organigramme en un programme qui sera envoyé à l'ATMEGA, il faut vérifier que le choix du microcontrôleur cible est correct ("Options Projet" du menu "Build").[13]

II-5-Simulation sur ISIS

Après les tests du programme effectués en Flowcode on procède à la conception de notre circuit électrique sur le logiciel ISIS en insérant les différents composants puis on fait le maillage entre les différents constituants.

La simulation sur « **ISIS** » permet de visualiser le fonctionnement de notre programme par ce logiciel avant que l'on transfère vers la mémoire du microcontrôleur et d'avoir une bonne idée sur le matériel utilisé (ATMEGA et périphérique de la carte de commande) de point de vue références et conception des circuits imprimés.

II-6-Transfert du programme vers l'ATMEGA

Après la compilation du programme par Flowcode et bien évidemment après sa simulation, on passe à une phase très importante c'est le transfert du code source vers le microcontrôleur. En effet il suffit d'insérer l'ATMEGA sur le support du programmeur, puis lancer le programme « SP500P-SUPERPRO.png ».

Conclusion :

Dans ce chapitre, on a fait une présentation du logiciel Flowcode et on a passé par le développement des étapes nécessaires pour le volet de programmation, de simulation et de compilation du microcontrôleur ATMEGA afin d'aboutir à la simulation par le logiciel ISIS du programme et en fin le transfert vers la mémoire du microcontrôleur ATMEGA par le logiciel « SP500P-SUPERPRO.png ».

Chapitre 5

Conception et réalisation pratique



Sommaire

Introduction

I- Partie programmation

I-1- Organigramme

I-2- Programme de commande

I-3- Simulation et compilation sur Flowcode

I-4- Conception et simulation du circuit électrique sur SIS

I-5- Conception du circuit imprimé sur ARES

I-6- Transfert du programme vers l'ATMEGA8

II- Phase de test

III- Partie électronique

III-1- Circuit d'acquisition

- a- Caractéristiques techniques du LDR
- b- Calcul de la hauteur de la paroi de séparation
- c- Diviseur de tension

III-2- Circuit de commande

III-3- Circuit de puissance

III-4- Autres circuits

- a- Circuit du LCD
- b- Circuit d'alimentation
 - Caractéristiques techniques du Panneau solaire utilisé

IV- Partie mécanique

V- Simulation de la performance par le JRC

VI- Résultats expérimentaux du panneau fixe et avec suiveur

Conclusion

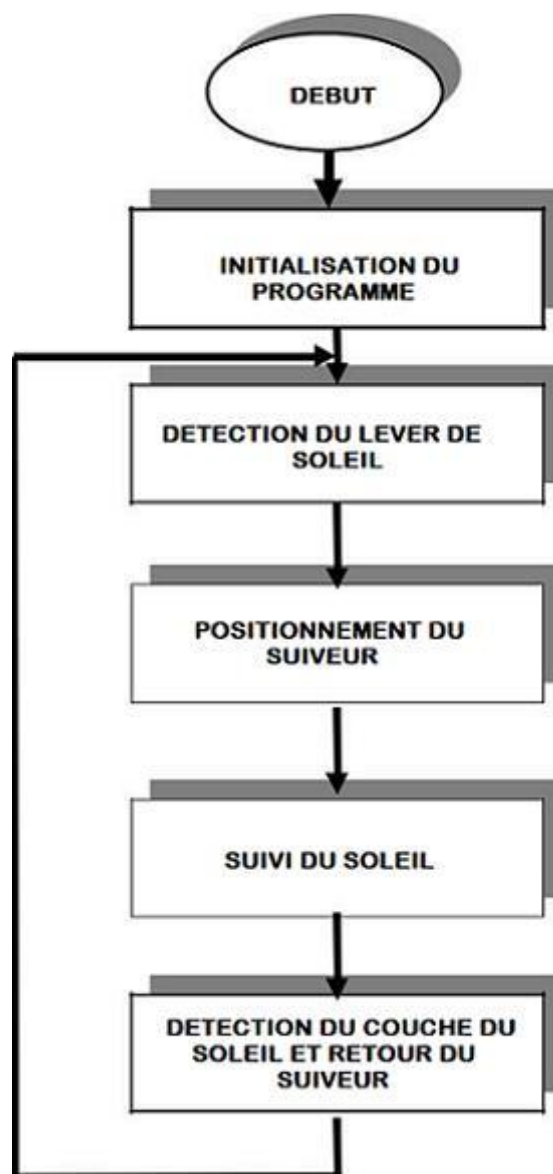
I- Introduction

Ce dernier chapitre concerne la réalisation pratique de notre projet, ce qui va nous permettre de visualiser le programme de commande utilisé, d'étudier les différents étages ou blocs réalisés particulièrement le bloc d'acquisition, le bloc de commande, le bloc de puissance.

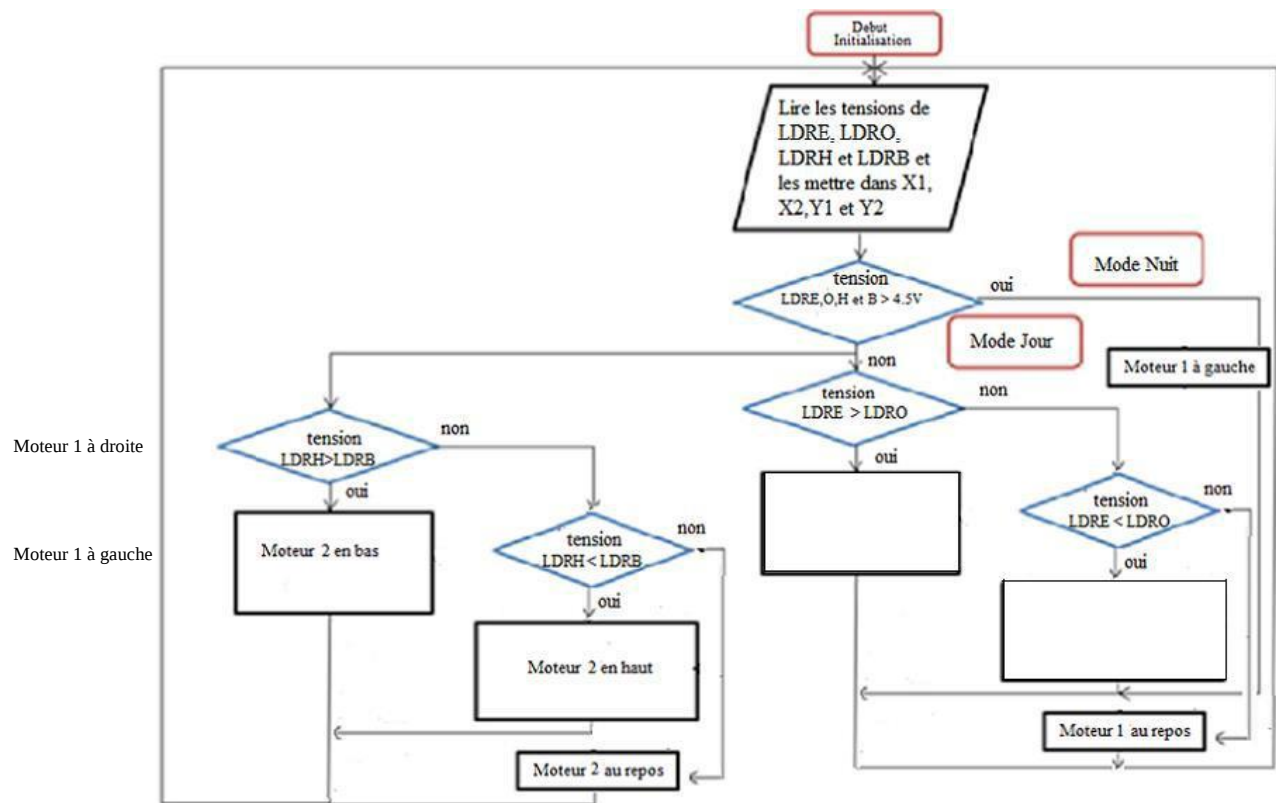
I- Partie programmation

I-1-Organigramme

Avant d'entamer la programmation, il est nécessaire de préparer les grandes lignes du déroulement du système sur un organigramme qui sera la base de tous les réflexes futures.



Figure(V-1) : Organigramme.



Figure(V-2) : Déroulement des différents tests.

I-2-Programme de commande

Il est constitué du programme principal « main » et trois macros appelées successivement : EO (déplacement horizontal Est-Ouest), HB (déplacement Vertical Haut-Bat) et VOLT (fonction de voltmètre).

Chaque sous-programme ou macro représente un petit programme chargé d'une fonction précise. Les informations sont fournies par les différents LDR et récupérées par le microcontrôleur via ses entrées analogiques du port C. ils seront comparés entre eux au niveau du programme principale pour permettre de les orientés vers le sous-programme concernés.

Au niveau du sous-programme, une autre opération de comparaison est effectuée qui va permettre de donner les instructions précises aux différents moteurs à travers les sorties du port D.

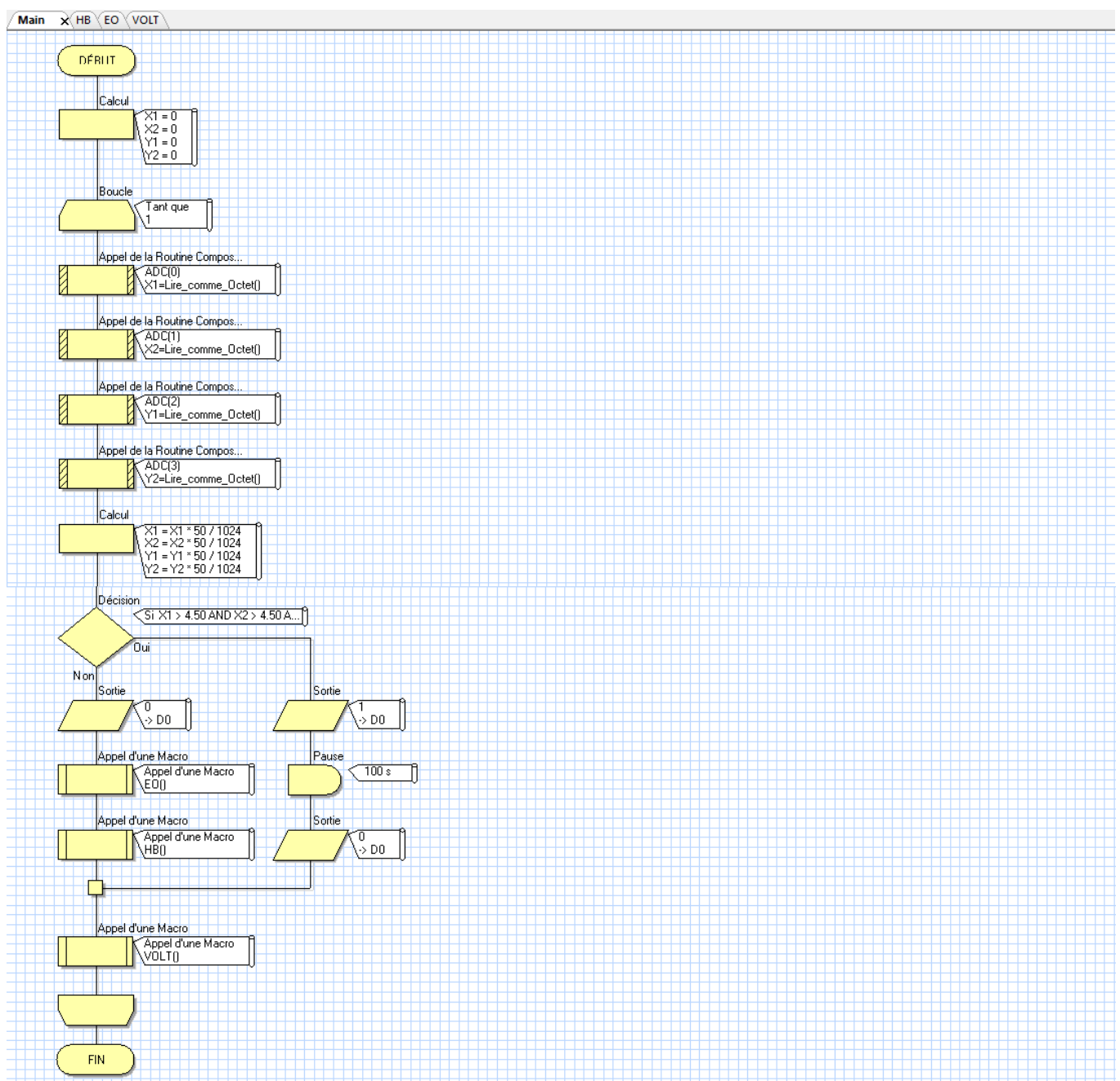
Ces instructions vont permettre aux deux moteurs de tourner à gauche ou à droite afin de déplacer le panneau de gauche à droite ou du haut en bas.

Etat des Entrées (port C)				Etat des Sorties (Port B)				Etats des Moteurs	Observations
C3B	C2H	C1O	C0E	D3B	D2H	D1O	D0E		
0	0	0	0	0	0	0	0	M1-R/M2-R	R: Repos Position optimale
0	0	0	1	0	0	0	1	M1-E/M2-R	E: Est
0	0	1	0	0	0	1	0	M1-O/M2-R	O: Ouest
0	1	0	0	0	1	0	0	M1-R/M2-H	H: Haut
1	0	0	0	1	0	0	0	M1-R/M2-B	B: Bas
1	1	1	1	0	0	0	0	M1-R/M2-R	Repos Nuit

Tableau (V-1): Relation port entré et port sorti.

0 : Ombler

1 : éclairer

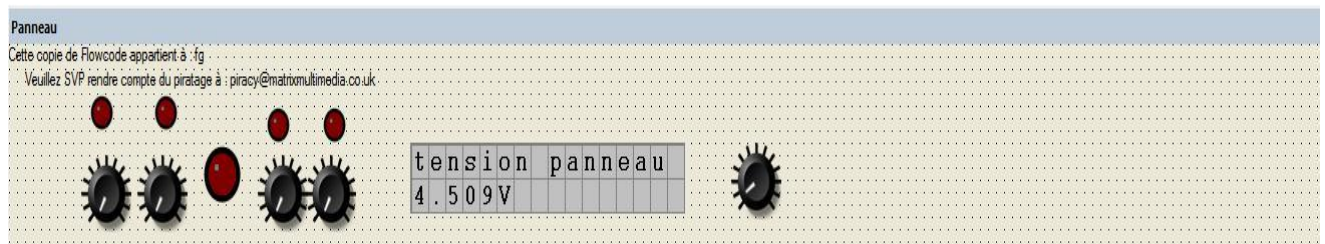


Figure(V-3): Programme principal (main).

I-3- Simulation et compilation sur Flowcode

Cette phase succède la phase de programmation, elle permet de tester le programme sur Flowcode et suivre l'enchaînement de l'exécution des étapes du programme.

La visualisation du fonctionnement du programme s'effectue sur le panneau de simulation en manipulant les différents boutons poussoirs (entrées) afin d'observer les différents mutations des moteurs et les Leds de suivis (sorties).



Figure(V-4): **Panneau de simulation.**

La compilation du programme permet de transformer ce programme d'un fichier «.fcf » en fichier « .hex » en appuyant sur le bouton de compilation.

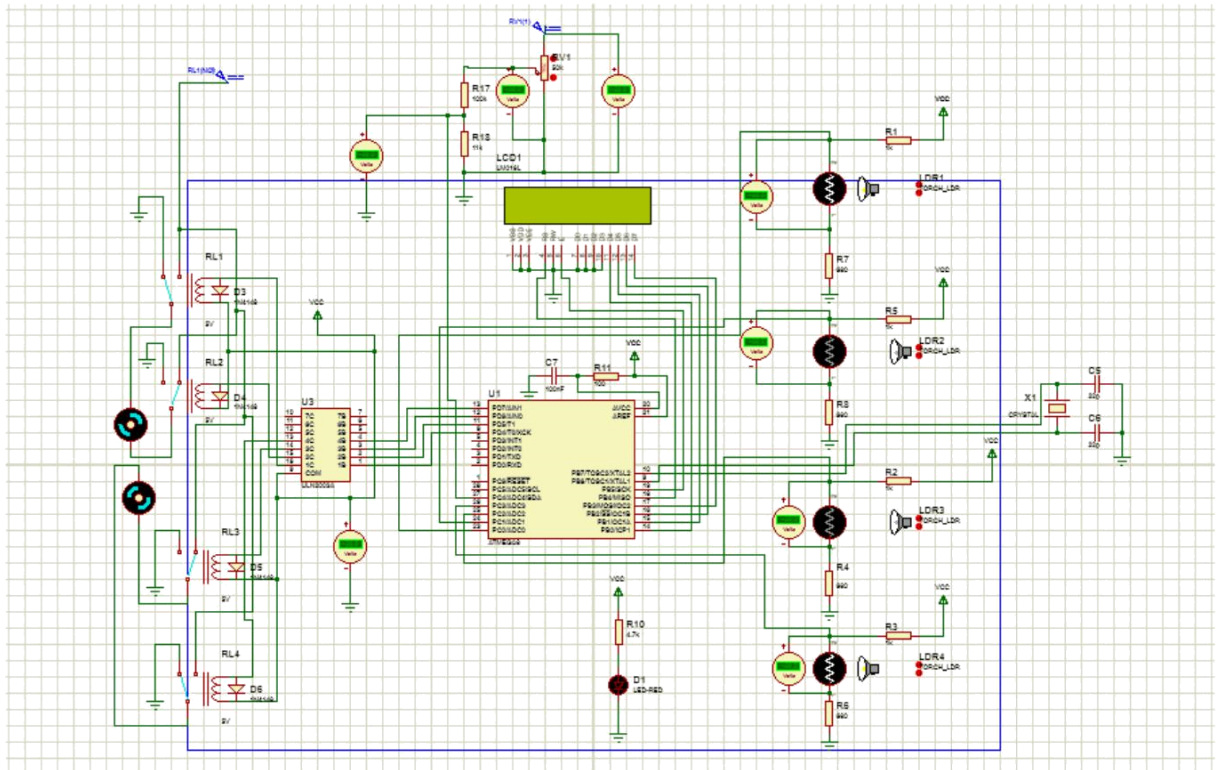


Figure(V-5): **Bouton de compilation.**

I-4- Conception et simulation du circuit électrique sur ISIS

Le logiciel « ISIS » permet la conception du circuit électronique en schématisant les différents composants électroniques et créer le câblage nécessaire.

L'étape suivante consiste à récupérer le programme Flowcode déjà converti en fichier « .hex » dans la mémoire du microcontrôleur afin de permettre de l'exécuter.



Figure(V-6): **Circuit de suiveur.**

La mise en marche permet de visualiser le fonctionnement du système et distinguer les différentes variations au niveau des composants qui le constituent.

I-5- Conception du circuit imprimé sur ARES

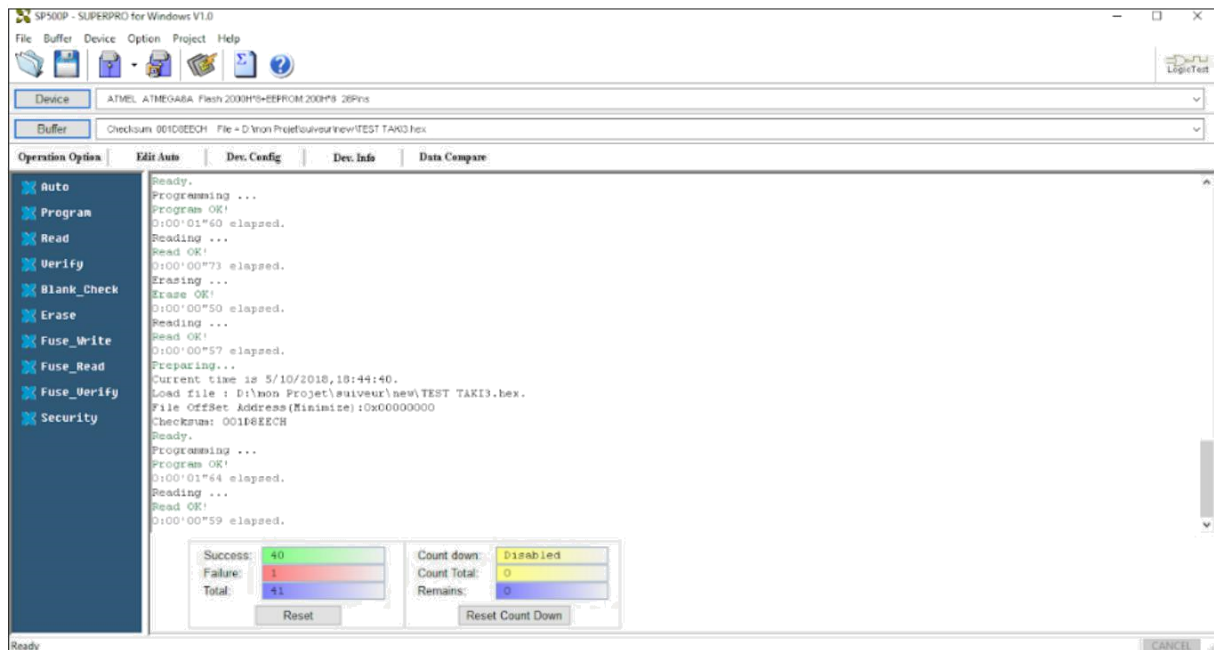
L'utilisation du logiciel « ARES » permet la conception du circuit imprimé par la transposition du circuit électronique utilisé en « ISIS » sur l'application « ARES ».

Après l'emplacement des composants sur ARES, on entame l'opération de maillage entre les différents composants pour construire le circuit imprimé.

En fin, dès l'achèvement de la conception de ce circuit imprimé la visualisation peut s'effectuer en 3D sur ARES.

I-6- transfert du programme vers l'ATMEGA8

Après la réalisation du circuit imprimé, la fixation et le soudage des composants sur la plaque de cuivre, le fichier « .hex » doit être transféré vers le microcontrôleur, cette opération est effectuée par le programmeur commandé par le logiciel SP500P-SUPERPRO.png et via le port USB du PC.



Figure(V-7): Logiciel de programmation.



Figure(V-8) : Programmeur SUPERPRO Model 500P.

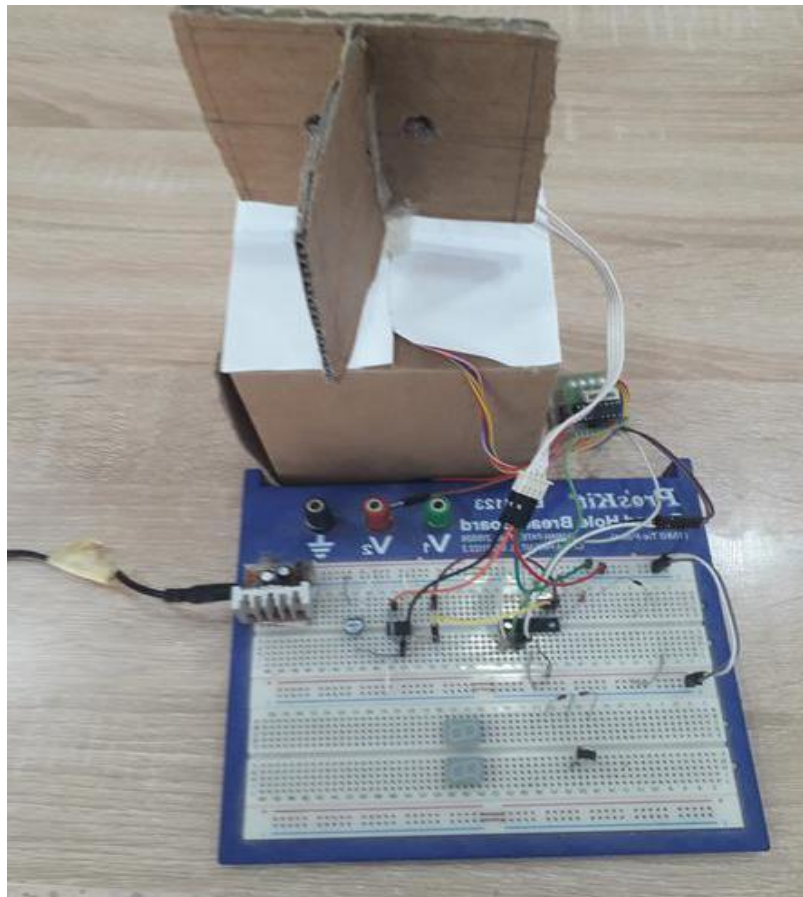
La première étape consiste à placer le microcontrôleur sur le programmeur, effacer le microcontrôleur puis chercher le fichier « .hex », le transférer vers son destination finale, confirmer le transfert du programme par sa visualisation sur écran et enfin enlever le microcontrôleur.

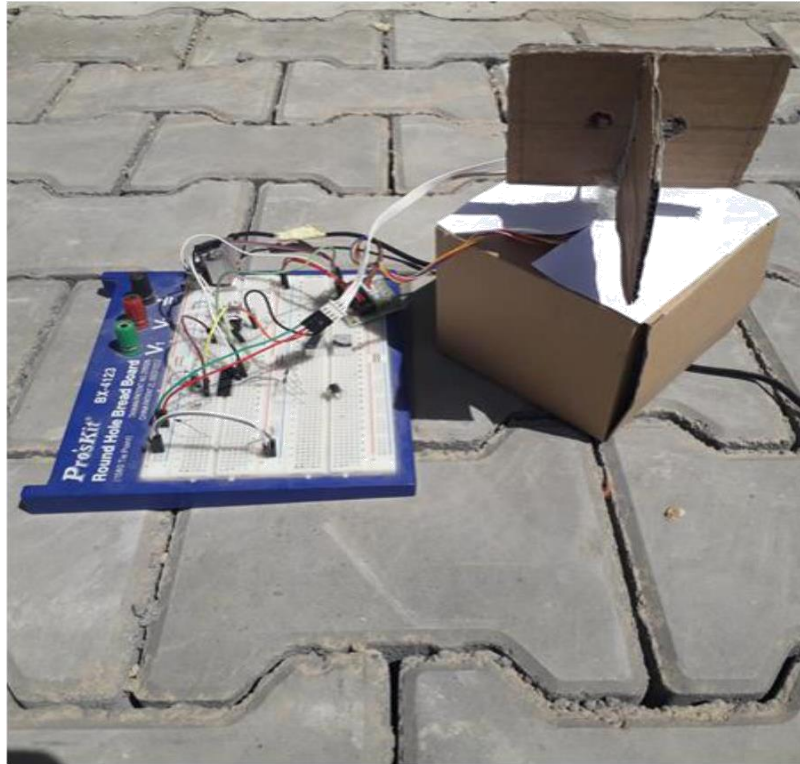
II- Phase de test :

Suite aux résultats concluants donnés par les deux simulations effectuées précédemment, nous avons réalisés ensuite notre montage électrique sur une plaque d'essai.

Pour la concrétisation de notre prototype nous avons utilisés en premier lieu :

- Un petit moteur DC.
- Deux LDR fixés sur un support fabriqué en carton
- Un microcontrôleur atmega
- Le cristal 8Mhz
- Deux condensateurs.
- Des résistances
- Une LED.
- Alimentation 5V et 12V.





Figure(V-9) : Prototype réalisé.

III- Partie électronique :

La partie électronique est constituée de trois circuits ; le circuit d'acquisition, le circuit de commande et le circuit de puissance.

III-1-Circuit d'acquisition

Cette phase est caractérisée par la réception des rayons solaires à travers les différents LDR qui les convertie en énergie électrique par la variation inverse de la résistance des LDR par rapport à la variation des rayons solaires. Cette variation de la résistance est transformée en une variation de tension au niveau du diviseur de tension.

L'utilisation de deux couples de LDR permet de suivre le soleil durant ces deux déplacements vertical ou horizontal. La comparaison entre les deux tensions fournies par chaque couple de LDR via leurs diviseurs de tension permet de détecter le déplacement du soleil dans le but de faire la décision nécessaire pour le suivre.

Le signal analogique représenté par la tension variable délivrée par chaque diviseur de tension est récupéré à l'entrée du port analogique « C » du microcontrôleur.

a-Caractéristiques techniques du LDR

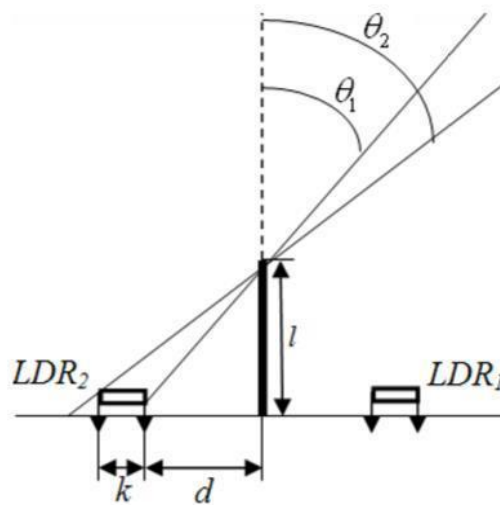
Les caractéristiques techniques du LDR sont données par le tableau suivant :

paramètres	Condition d'éclairement	Min.	typique	Max.	Unités
Résistance	1000lux	-	400	-	Ω
	10lux	-	9	-	$K\Omega$
Obscurité		1	-	-	$M\Omega$
Temps de montée	1000lux	-	2.8	-	ms
	10lux	-	18	-	ms
Temps de descente	1000lux	-	48	-	ms
	10lux	-	120	-	ms

Tableau(V-2): Caractéristiques de la LDR NSL-19M51. [15]

b - Calcul de la hauteur de la paroi de séparation

La paroi de séparation est très importante dans le système d'acquisition car c'est elle qui permet de créer l'ombrage lors du déplacement du soleil et cela est conditionné par la formule suivante :



Figure(V-10) : Position du capteur. [6]

$$l = \sqrt{\frac{d^2(1 - \sin^2\theta_1)}{\sin\theta_1}}$$

Avec :

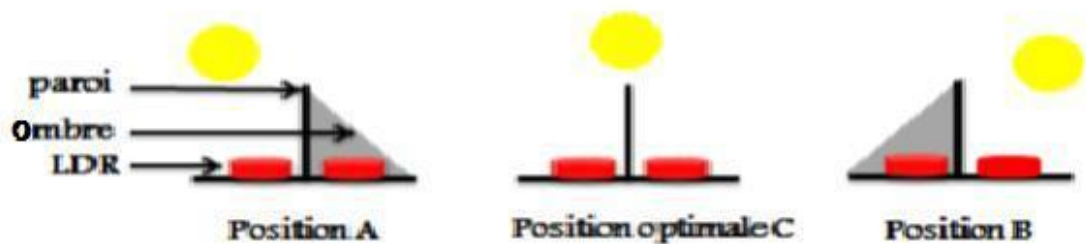
θ_1 : l'angle d'incidence ($\theta_1=10^\circ$).

θ_2 : l'angle de l'ombre du capteur LDR

k : le diamètre du capteur LDR ($k=7mm$)

d : la distance entre le capteur LDR et la paroi ($d=14mm$)

l : la longueur de la paroi ($l=79.35mm$). [5]



Figure(V-11): Ombrage des LDR.

L'ombrage au niveau de l'une des deux LDR créer par le déplacement du soleil engendre un déséquilibre d'ensoleillement entre les LDR du même couple. La résistance d'une LDR à l'ombre est supérieure à celle de l'autre ensoleillée, ce qui permet d'augmenter la tension aux bornes de cette LDR, donc un déséquilibre de tension entre les LDR, ce qui permet le microcontrôleur de détecter ce déséquilibre et faire les corrections qui s'impose.

Une augmentation de la résistance d'un côté engendre un mouvement du côté inverse au niveau du moteur.

Les corrections effectuées par les moteurs en fonction des positions des LDR sont données par le tableau suivant :

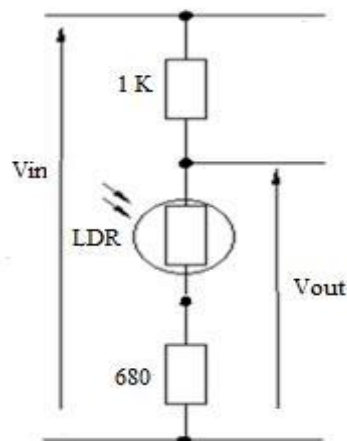
LDR Droite	LDR gauche	Sens du Moteur	Position
0	1	Gauche	B
1	0	Droite	A
1	1	Repos (position optimale)	C

Tableau (V-3): sens du moteur en fonction de l'ombrage/ensoleillement des LDR.

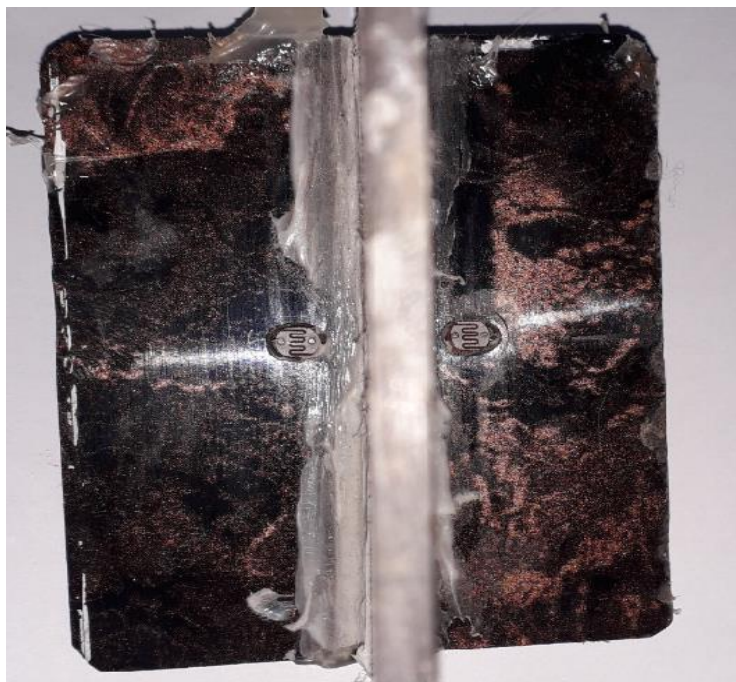
c- Diviseur de tension

Le Diviseur de tension utilisé est réalisé par deux résistances en série pour permettre de diviser la tension d'entrée donc créer une variation de tension suivant les valeurs de la résistance du LDR.

La résistance du LDR est un court-circuit durant un éclairage maximal et c'est pour cette raison qu'on a placé une résistance en série avec cette LDR dans le but de protéger la LDR et d'empêcher toute éventuelle détérioration de cette dernière ce qui va permettre de fixer la tension minimale de V_{out} à 2V et éviter le 0V.



Figure(V-12) : Diviseur de tension.



Figure(V-13) : Les LDR avec la parois de séparation.

Donc la tension à la borne du microcontrôleur est donnée par la formule suivante :

$$V_{out} = \frac{R_{LDR} + 680}{1000 + R_{LDR} + 680} \times V_{in}$$

III-2- Circuit de commande :

Dès la réception des tensions fournies par les couples de diviseur de tension au niveau des quatre entrées (C0-C3) du port analogique « C », le microcontrôleur va permettre de détecter le déplacement du soleil et découvrir l'état du jour ou nuit pour donner les instructions précises via les sorties (D0-D3) du port « D » ce qui va déclencher le suivi du soleil ou de revenir à la position initiale vers l'est et attendre le lever du soleil du prochain jour.



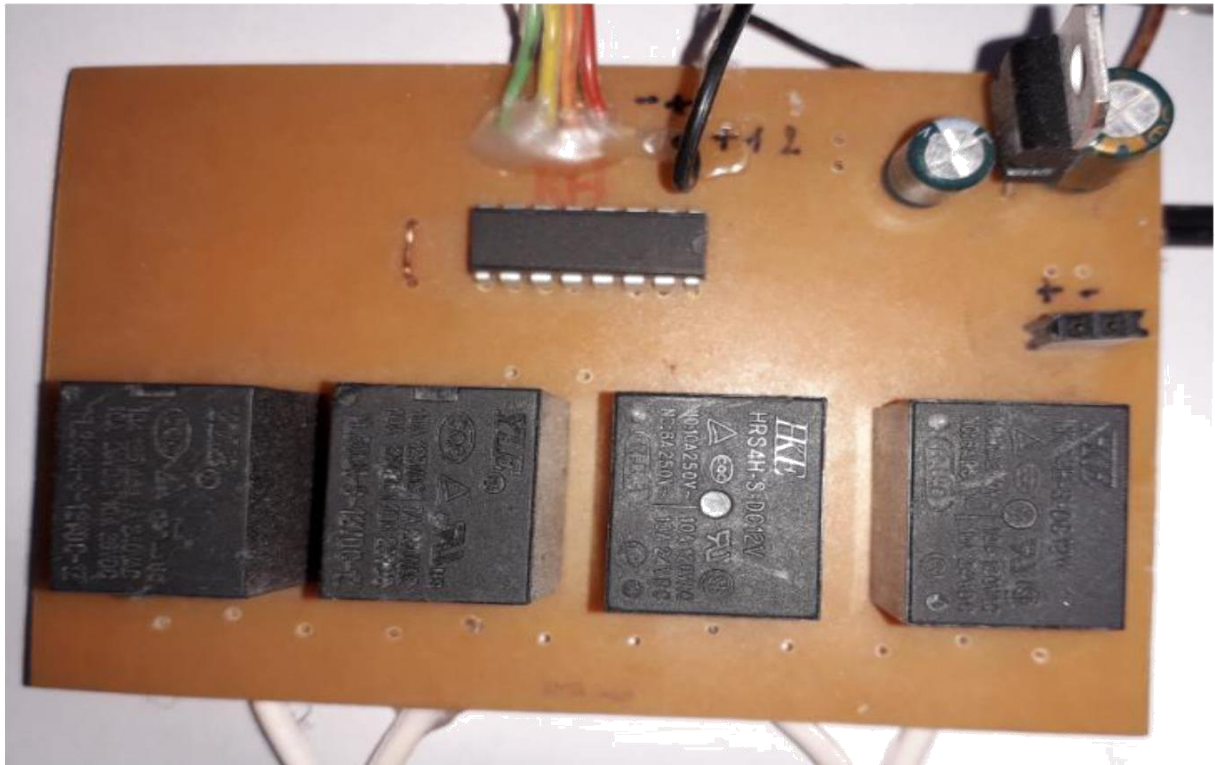
Figure(V-14) : Circuit imprimé du circuit de commande.

III-3- Circuit de puissance :

Pour que le moteur fonctionne dans les deux sens, il est nécessaire de changer la polarité de ce moteur par un couple de relais.

Les états de fonctionnement du moteur sont les suivants :

- **Etat de repos** : dans la nuit ou durant l'équilibre des deux tensions du couple de LDR.
- **Etat de moteur tourne à gauche** : tension du LDR droite est supérieure à la tension du LDR gauche ou durant le retour à l'état initial pendant la nuit.
- **Etat de moteur tourne à droite** : tension du LDR gauche est supérieure à la tension du LDR droite.



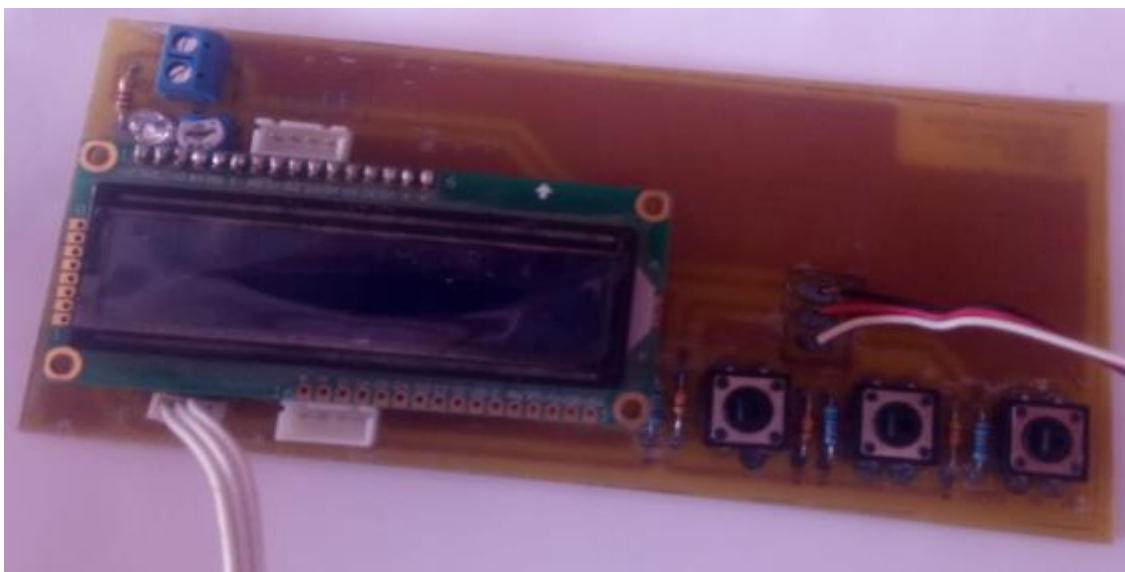
Figure(V-15) : Circuit imprimé du circuit de puissance.

III-4- Autres circuits :

a- Circuit du LCD

Le circuit du LCD est réalisé séparément des autres circuits pour donner plus de flexibilité à notre système.

Ce circuit va nous permettre de visualiser la tension du panneau.



Figure(V-16) : Circuit imprimé du circuit LCD.

b- Circuit d'alimentation

Le circuit d'alimentation permet de recevoir la tension du panneau solaire via le régulateur et converti cette tension en une tension utilisable par le circuit (5V et 12V).



Figure(V-17) : Circuit imprimé du circuit d'alimentation.



Figure(V-18) : Régulateur 12-24V.



Figure(V-19) : Batterie.

- Caractéristiques techniques du Panneau solaire utilisé

intitulé	grandeur
Type de module	100M18
Puissance maximal	100W(WP)
Tolérance	±3%
Voltage à la puissance maximum (V _{mp})	18.9(V)
Courant à la puissance maximum (I _{mp})	5.29(A)
Voltage au C.O (VOC)	22.7(V)
Courant en C.C (ISC)	5.68(A)
Dimension	1200*554*40mm
Poids	7.5KG
Cellules	36Pcs, 125*125 Monocrystalline
Condition de test standard	1000W/m ² - AM1.5 – 25°C

Tableau(V-4): Caractéristiques du panneau solaire.

IV- Partie mécanique:

La partie mécanique de notre suiveur est constituée essentiellement des différents éléments suivants :

- Un panneau Solaire fixé sur un support métallique.
- Un axe horizontal soudé au milieu de ce support métallique
 - cet axe horizontal est fixé sur les deux extrémités d'un support en « U » pour permettre au panneau de pivoter sur cet axe.
- Un moteur avec un vérin attaché à la partie haute du panneau. Permettant au panneau de s'incliner en vertical.
- un support vertical est fixé sur la base du support en « U » .

- ce support vertical est commandé par un moteur à courant continu avec un vérin permettant au panneau de s'orienter en horizontal.
- cet axe vertical est placé sur une base dont le rôle est d'assurer l'assise et la stabilité de notre prototype.



Figure (V-20) : Partie mécanique.

V- Simulation de la performance par le JRC :

Notre simulation est effectuée par l'application PVGIS permettant d'estimer la production de n'importe quel système photovoltaïque installé ou à installer en Europe ou en Afrique.

Cette application se trouve en online sur le site <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> appartenant au Centre adjoind de recherche JRC (Joint Research Centre) installé à Istra en Italie.



Figure(V-21): Site de simulation choisi (Université El-Oued) [17].

	Système fixe: inclinaison=32 deg., orientation=0 deg.			
Mois	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	0.43	13.4	5.50	171
Fev	0.49	13.8	6.42	180
Mar	0.53	16.4	7.09	220
Avr	0.51	15.2	6.97	209
Mai	0.49	15.1	6.84	212
Juin	0.50	14.9	7.11	213
Jui	0.49	15.3	7.20	223
Aug	0.49	15.2	7.14	221
Sep	0.45	13.6	6.47	194
Oct	0.45	14.1	6.26	194
Nov	0.43	13.1	5.73	172
Dec	0.40	12.5	5.12	159
Année	0.47	14.4	6.49	197
Total pour l'année		173		2370

Tableau(V-5): Irradiation et production d'électricité pour panneau fixe (année 2017) [17].

	Suiveur solaire 2 axes			
Mois	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	0.56	17.4	7.20	223
Fev	0.64	18.0	8.38	235
Mar	0.69	21.6	9.32	289
Avr	0.70	21.0	9.60	288
Mai	0.71	22.1	9.95	309
Juin	0.77	23.1	11.00	329
Jui	0.75	23.3	10.90	338
Aug	0.70	21.7	10.10	314
Sep	0.60	18.0	8.52	256
Oct	0.58	18.1	8.05	250
Nov	0.56	16.9	7.46	224
Dec	0.52	16.1	6.70	208
Année	0.65	19.8	8.93	272
Total pour l'année		237		3260

Tableau(V-6): Irradiation et production d'électricité par un suiveur solaire (année 2017) [17].

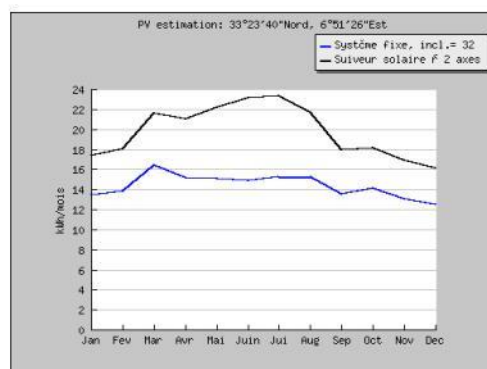
Ed : Production d'électricité journalière moyenne par le système (Kwh)

Em : Production d'électricité mensuelle moyenne par le système (Kw)

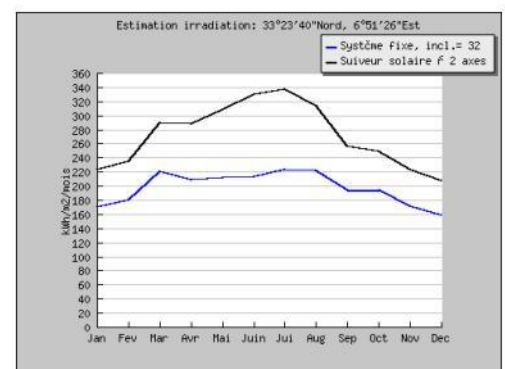
Hd : Moyenne journalière de la somme de l'irradiation globale par m² reçue par les modules du système (Kwh/m²)

Hm : Moyenne mensuelle de la somme de l'irradiation globale par m² reçue par les modules du système (Kwh/m²)

La production meilleure donnée par le panneau suiveur de soleil par rapport au panneau fixe est due principalement à l'irradiation maximale qui le caractérise.



Production mensuelle d'énergie par un système PV avec l'angle fixe



Irradiation mensuelle sur un plan avec angle fixe

Figure (V-22) : Résultats graphiques de la simulation [17].

VI- Résultats expérimentaux du panneau fixe et avec suiveur.

Les résultats expérimentaux de la tension durant une journée nuageux du 26/05/2018 sont donnés sur le graphe suivant.

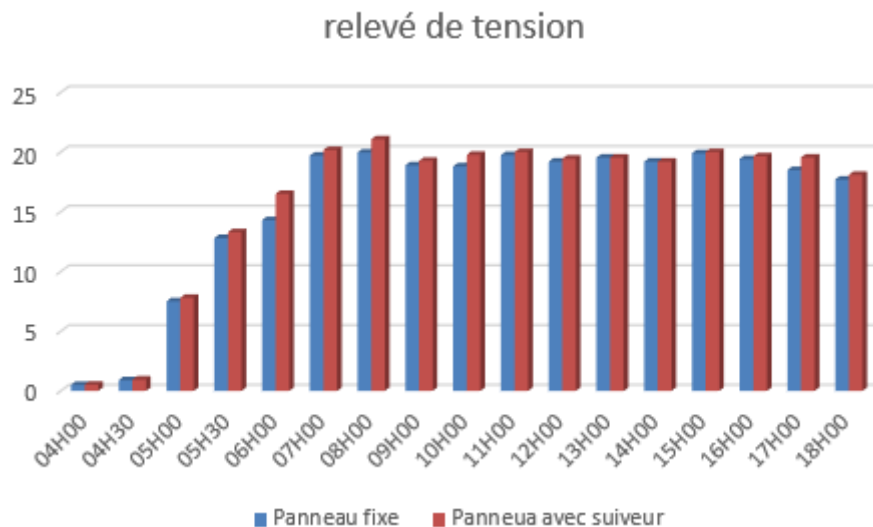


Figure (V-23) : Résultats expérimentaux d'une journée nuageux.

Malgré le mauvais temps de la journée du 26/05/2018, caractérisée par les nuages et l'ensoleillement faible, donc le relevé est effectué durant une journée défavorable pour le suiveur et les résultats sont les plus défavorable, mais le relevé reste toujours de son côté.

Conclusion

Dans ce chapitre on a détaillé les étapes suivis pour réaliser notre projet à partir de la programmation jusqu'à la conception des circuits imprimés et la réalisation des différents cartes.

Aussi, nous avons détaillés le principe de fonctionnement de ces cartes pour aboutir aux instructions donnés aux différents moteurs pour une orientation optimale du panneau solaire.

Enfin, nous avons confirmé les résultats expérimentales encourageants fournies par notre suiveur et valider par la simulation du logiciel JRC.

Conclusion



Conclusion Générale

L'optimisation du système photovoltaïque est devenue l'objectif des différentes recherches durant ces dernières années, l'amélioration de la part de marché des énergies renouvelables dans le marché mondial des énergies et le remplacement définitif de l'énergie fossile forment l'autre face de cet objectif.

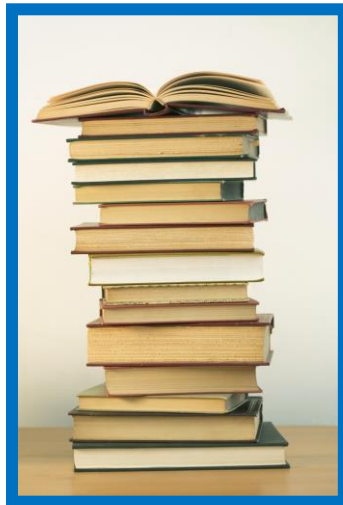
C'est dans ce contexte que notre projet est apparu avec le thème « Commande d'un panneau solaire à l'aide d'un microcontrôleur ATMEGA ». Et pour cette fin que nous avons développés des chapitres pour donner des notions sur la cellule et le système photovoltaïque, le potentielle de l'énergie solaire dans le monde et particulièrement dans l'Algérie puis nous avons saisis l'importance énergétique du suiveur solaire, les types et les modules qui le composent. Puis nous avons profités du dernier chapitre afin d'exposer les différentes cartes composant le système de suiveur en commençant par la carte d'acquisition, la carte de commande et la carte de puissance. Nous avons exprimés aussi, le programme de commande du suiveur solaire effectué en Flowcode afin de permettre au microcontrôleur d'analyser les données reçues des différents LDR et donner les instructions adéquates aux deux moteurs qui orientent le panneau solaire suivant le sens demandé. Ce qui permet au panneau solaire d'optimiser la génération de l'énergie électrique à partir des rayons solaires reçus.

La confirmation de ces améliorations est certifiée par les résultats expérimentaux relevés durant les différentes heures et comparés à ceux données par le panneau fixe. Aussi, ils sont témoignés par les résultats donnés par la simulation du site JRC et du centre de développement des énergies renouvelables « cder.dz » qui permet de comparer les deux résultats.

Finalement en perspective, nous proposons d'orienter des études vers la minimisation de la consommation en énergie par le suiveur lui-même et particulièrement la partie mécanique, pour une éventuelle utilisation de matériel mini consommateur d'une part et d'autre part de diriger d'autres recherches vers l'amélioration du rendement des panneaux solaires donc plus de rendement des panneaux et moins de consommation d'énergie par le matériel utilisés.

Aussi, il est nécessaire de trouver des solutions pour les contraintes climatiques de la région particulièrement la température élevée, les nuages, le vent de sable et la poussière.

Bibliographie



Bibliographie

- [1] Michel Tissot « L'énergie Solaire, Thermique et photovoltaïque ». 2^{ème} édition, EYROLLES, Paris, 2012.
- [2] Anne labouret et Michel Villos, « Energie solaire photovoltaïque ». 4^{ème} édition, DUNOD, Paris, 2009.
- [3] Anne Labouret, Pascal Cumunel, Jean-Paul Braun et Benjamin Faraggi, « Cellules solaires les bases de l'énergie photovoltaïque ». 5^{ème} édition ETSF, Dunod, Paris, 2010.
- [4] Latreche Kamel, « Réalisation d'un système suiveur de soleil », Mémoire Magister en génie électrique (Ecole Doctorale), Mars 2012, Département d'électrotechnique, Université Hassiba Ben Bouali – Chlef.
- [5] Safa SKOURI, « Contribution à l'Étude des Concentrateurs Solaires », Memoire Docteur EN Éergetique, Mai 2016, École Nationale d'Ingénieurs de Monastir, Tunis, Laboratoire d'études des systèmes thermiques et énergétiques, Université de Monastir et Technopôle de Borj Cédria, Centre de recherches et de technologies de l'énergie, Laboratoire des procédés thermiques.
- [6] Guy Isabel, « les capteurs solaires à air ». 2^{ème} édition, EYROLLES, Paris, 2014.
- [7] M.D. Draou et B. Draoui, « Etude, conception et expérimentation d'un système de contrôle pour système suiveur de soleil », Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°2 (2007) 229 – 238, Unité de Recherche en Energie Renouvelable en Milieu Saharien, 'URERMS', Centre Universitaire de Béchar, Juin 2008.
- [8] CDER (Centre de Developpement des Energies Renouvelables, Alger).
- [9] Benzahia Ayoub, «Réalisation d'un prototype d'un système de poursuite solaire» Mémoire Master, Juin 2014, Département de Génie Electrique, Filière électrotechnique Option Energie Renouvelable, Université Mohamed Khider Biskra.
- [10] S. Boukhenous et M. Aissat, Vème Congrès International sur les Energies Renouvelables et l'Environnement, 04-06 Novembre, 2010, Sousse ,Tunisie ,« Contribution à la Réalisation d'un Suiveur Automatique pour Panneau Solaire» Laboratoire d'Instrumentation, LINS, Faculté d'Electronique & d'Informatique USTHB, BP.32, Bab-Ezzouar, 16111, Alger.

- [11] Chennoufi hicham, « Mise en œuvre du protocole I2C dans environnement à microcontrôleur Atmel (ATMEGA 32) » Mémoire Master, juin2013, Département de Génie Electrique, Filière électrotechnique Option Télécommunication, Université Mohamed Khider Biskra.
- [12] www.microchip.com : Les microcontrôleurs ATmega8/ATmega8L datasheet.
- [13] www.matrixmultimedia.com : Flowcode V4.2 datasheet.
- [14] www.datasheet.com : Data sheet LDR NSL-19M51.
- [15] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> : site du JRC (Joint Research Centre).

Annexes



Annexe (01)

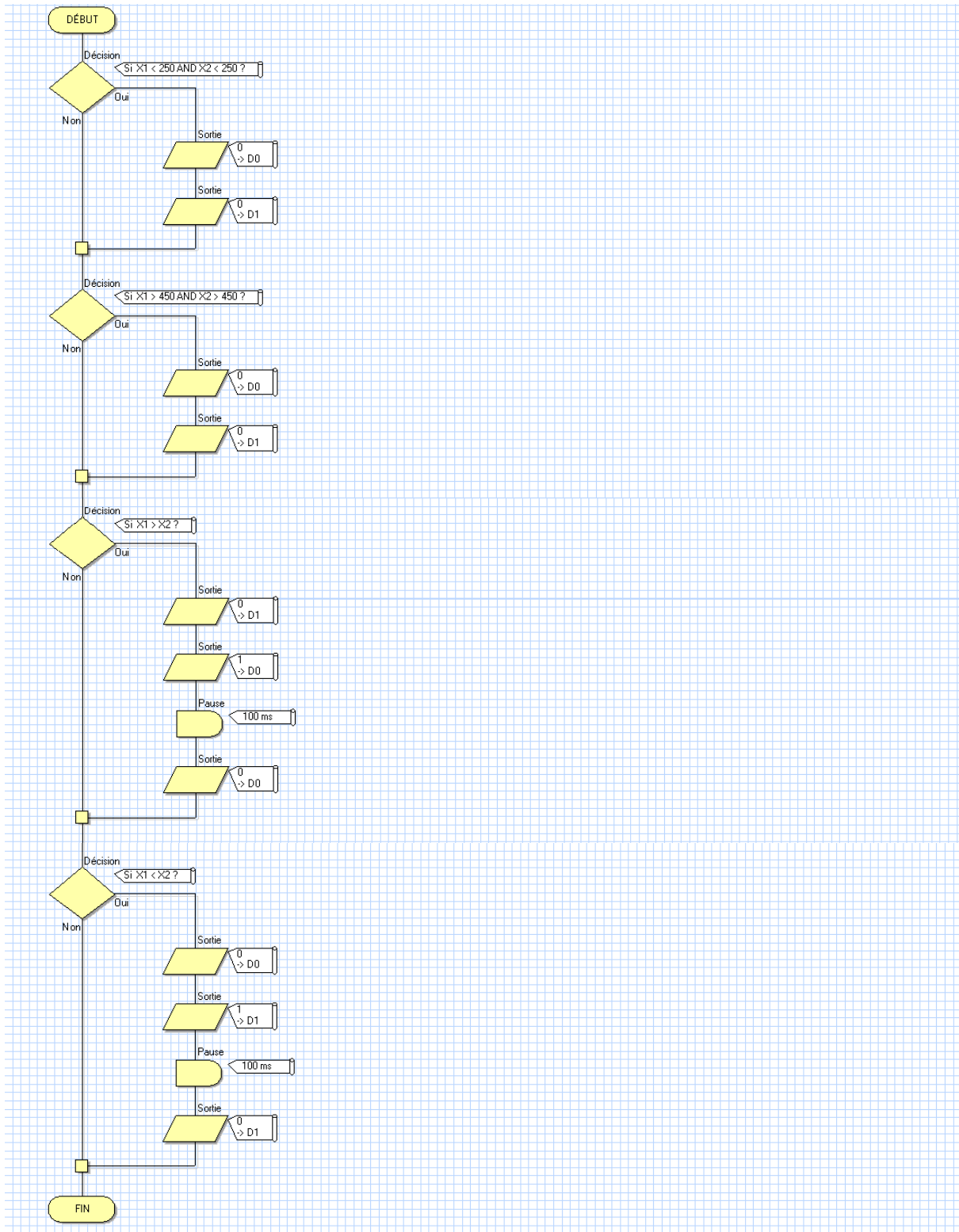


Figure1: macro Est-Ouest (EO).

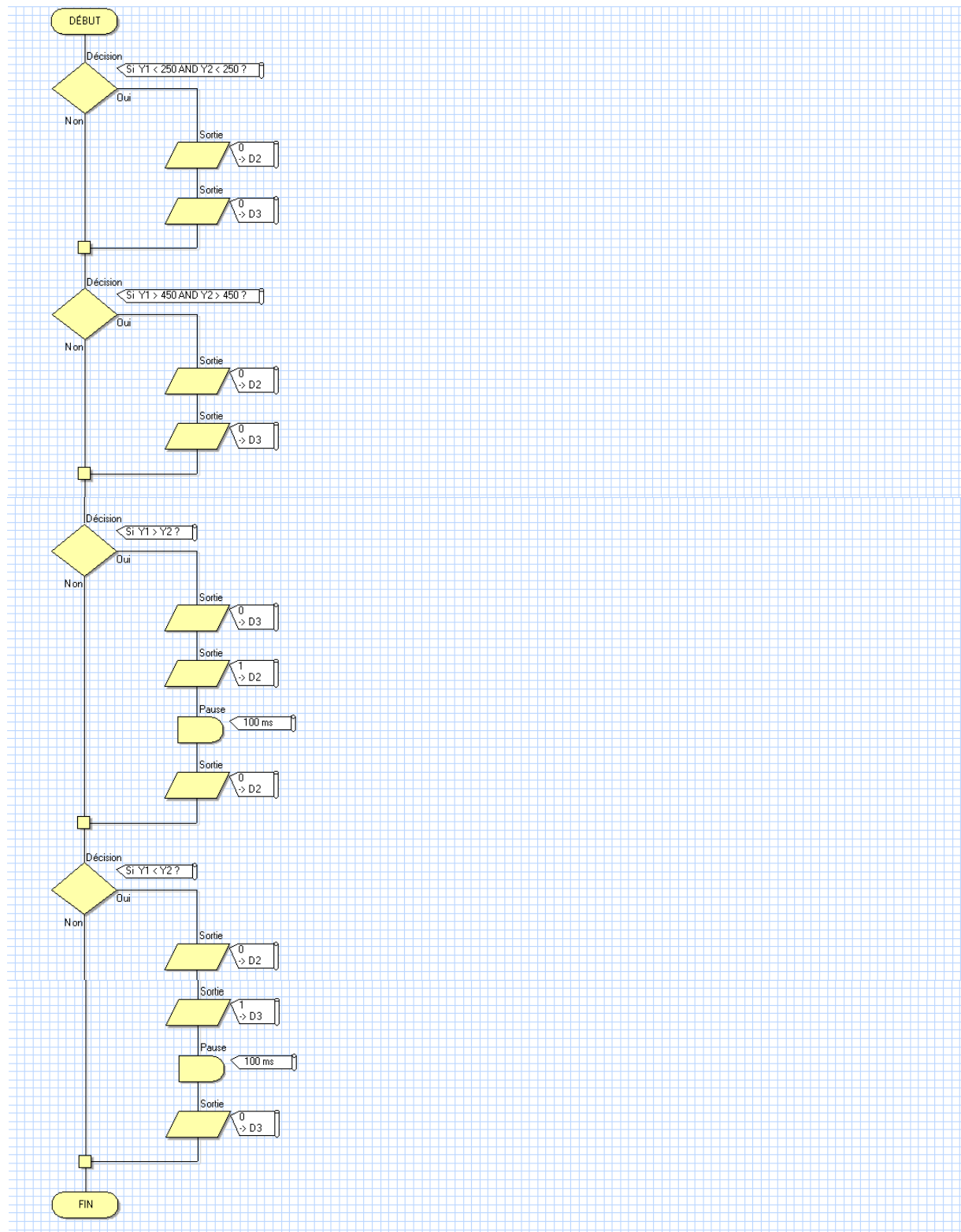


Figure2 : macros Haut-Bas (HB)

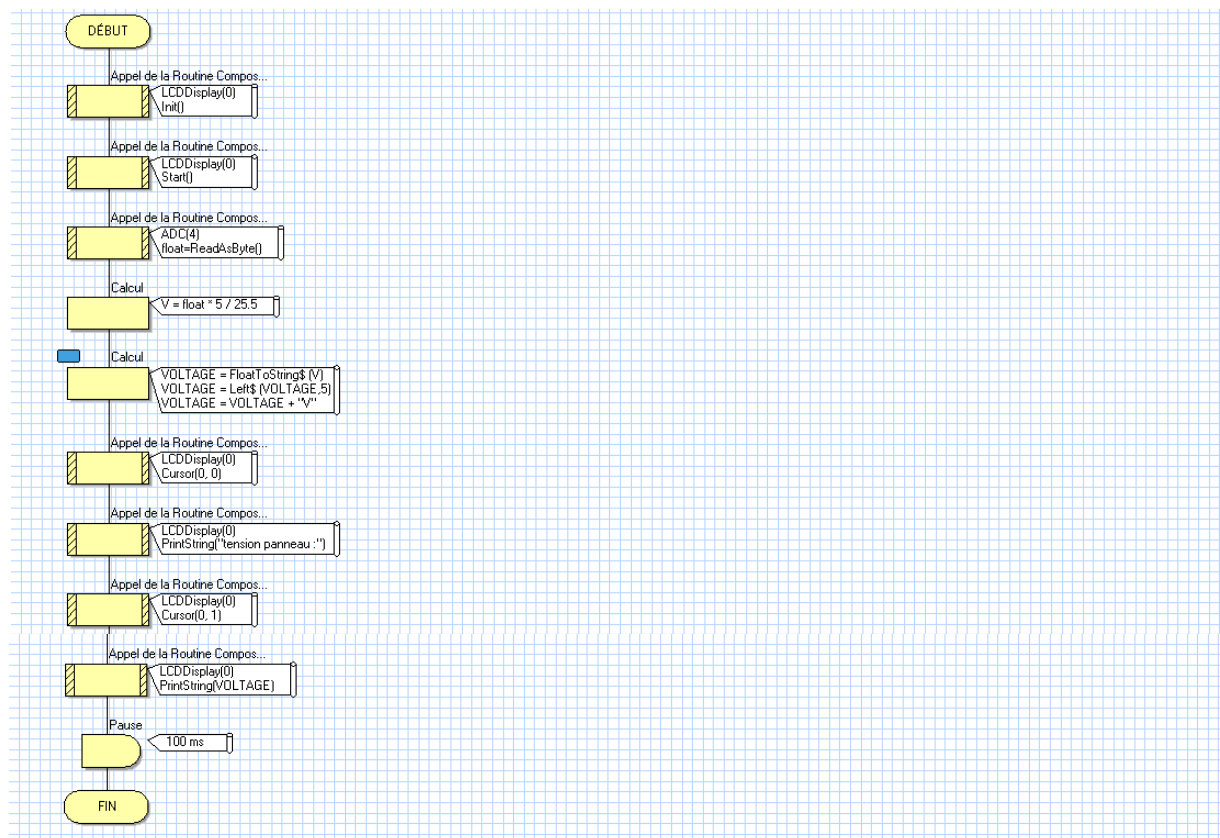


Figure3 : Voltmètre (VOLT).

Annexe (02)

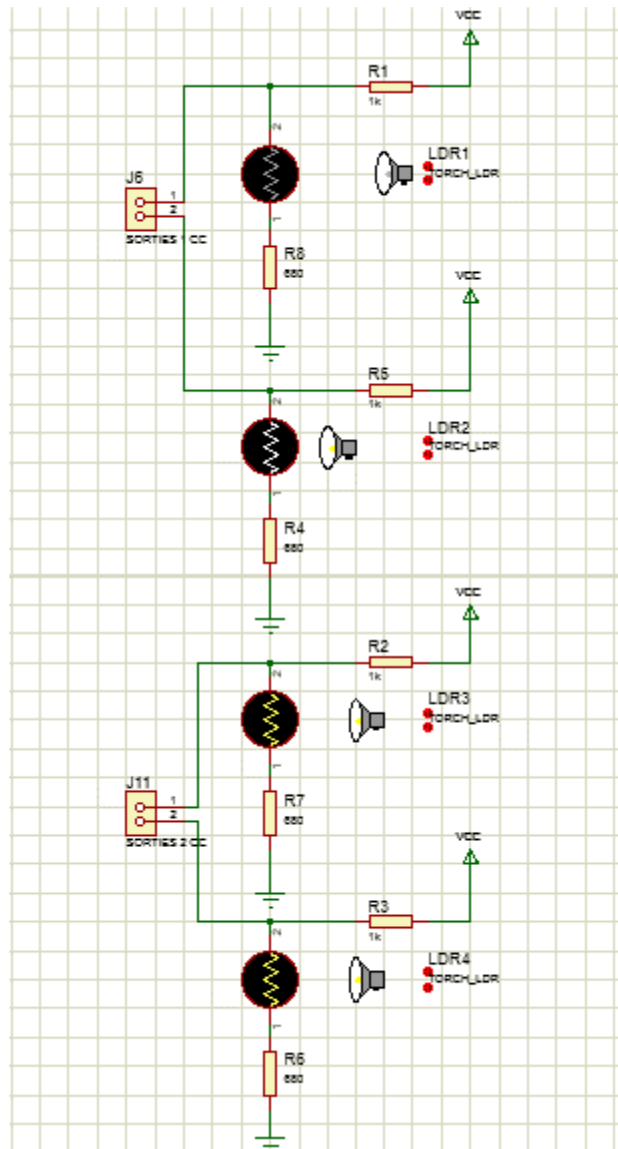


Figure4 : circuit d'acquisition sur ISIS

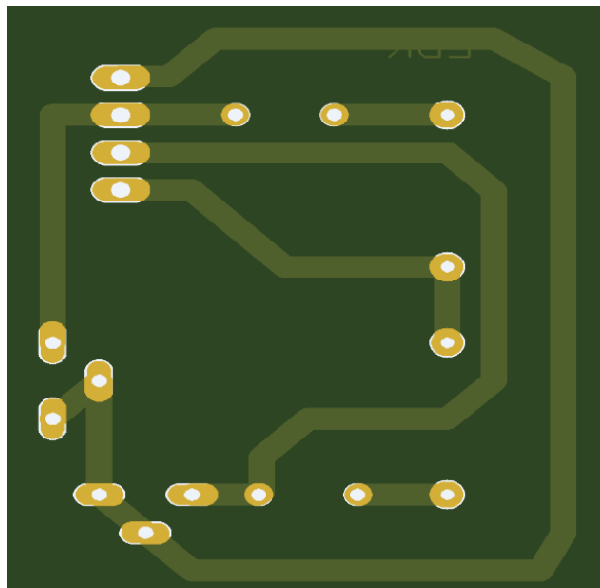
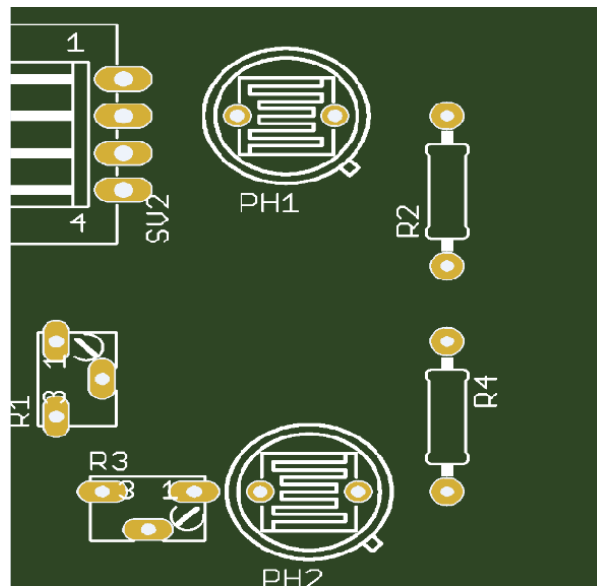


Figure5 : circuit d'acquisition (PCB)

Annexe (03)

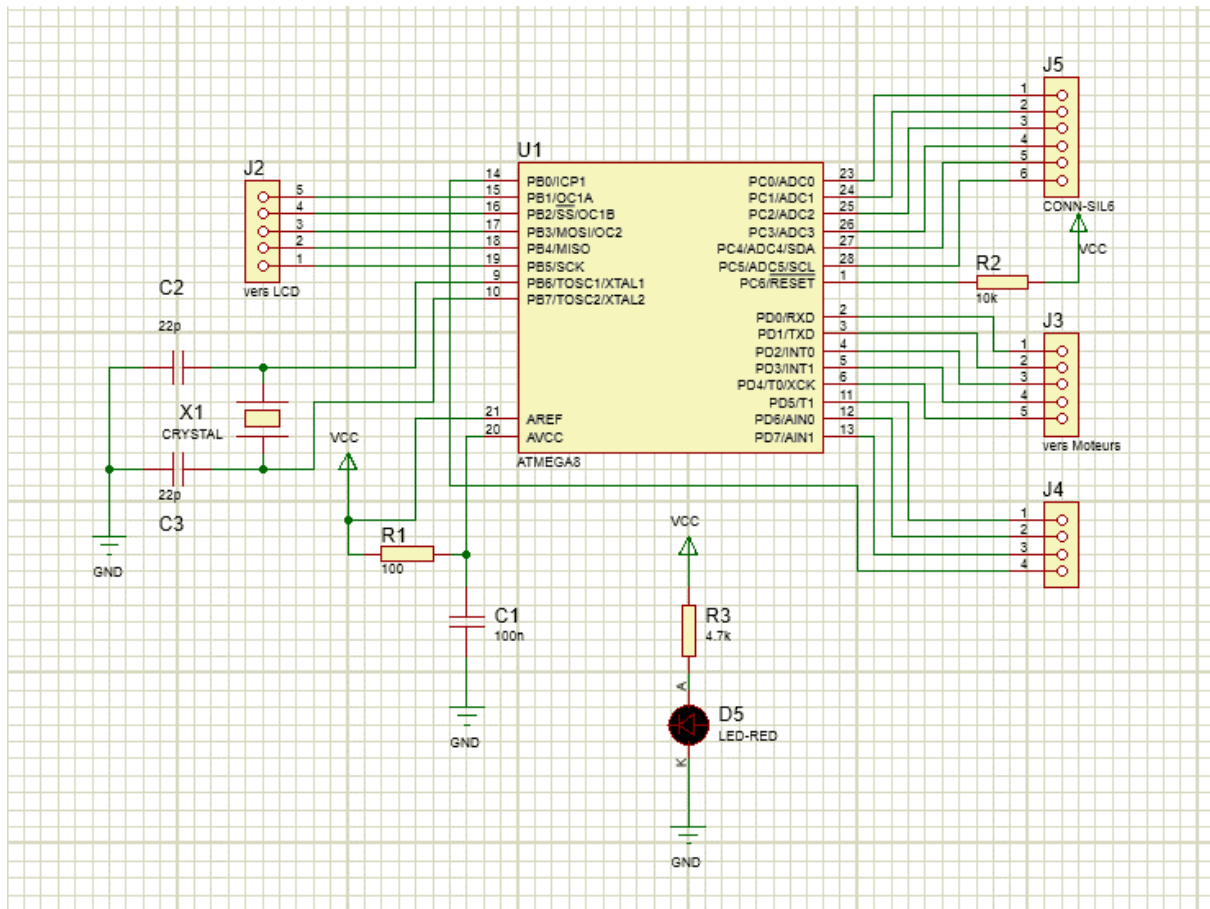


Figure6 : circuit de commande sur ISIS

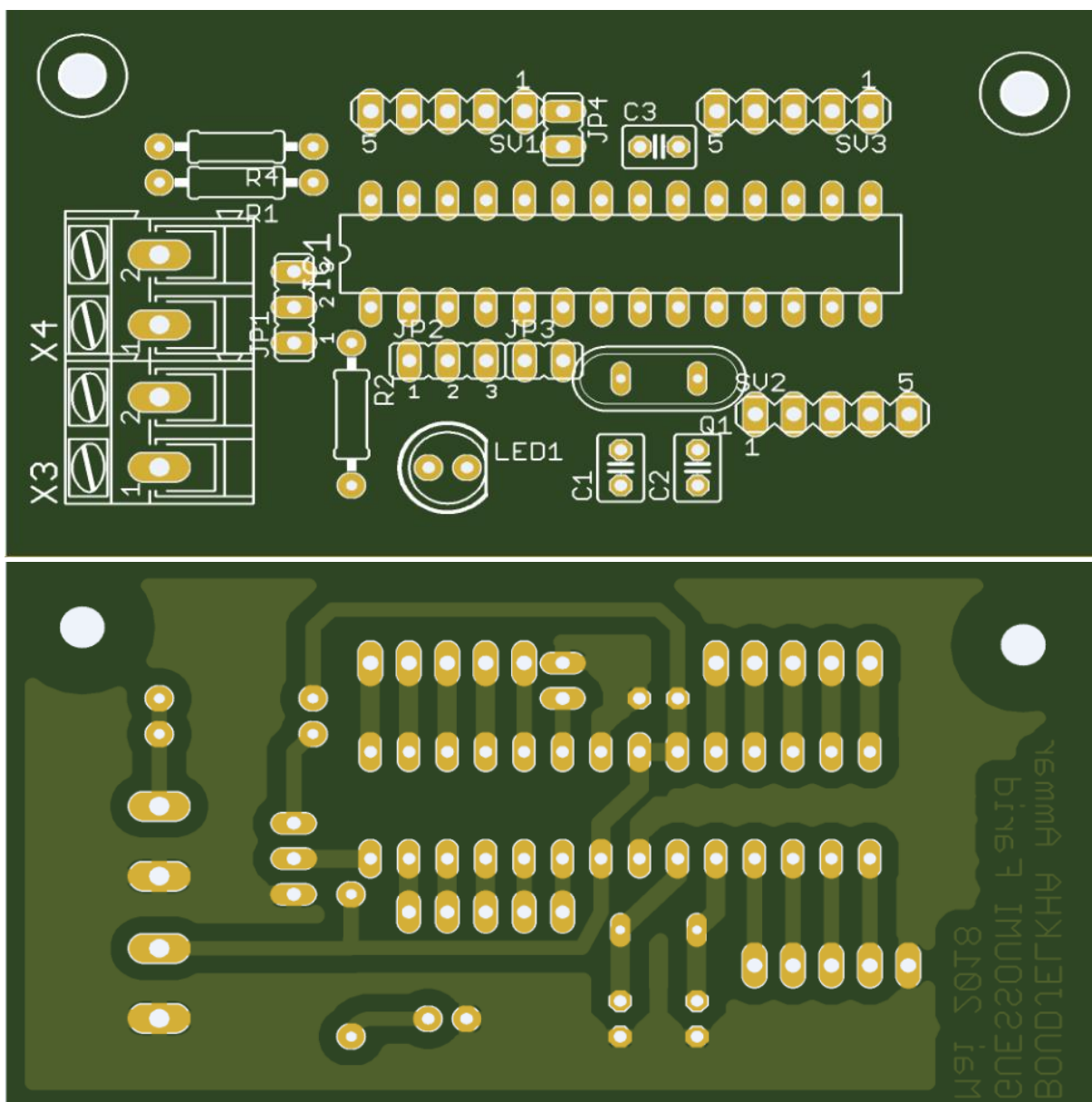


Figure7 : circuit de commande (PCB)

Annexe (04)

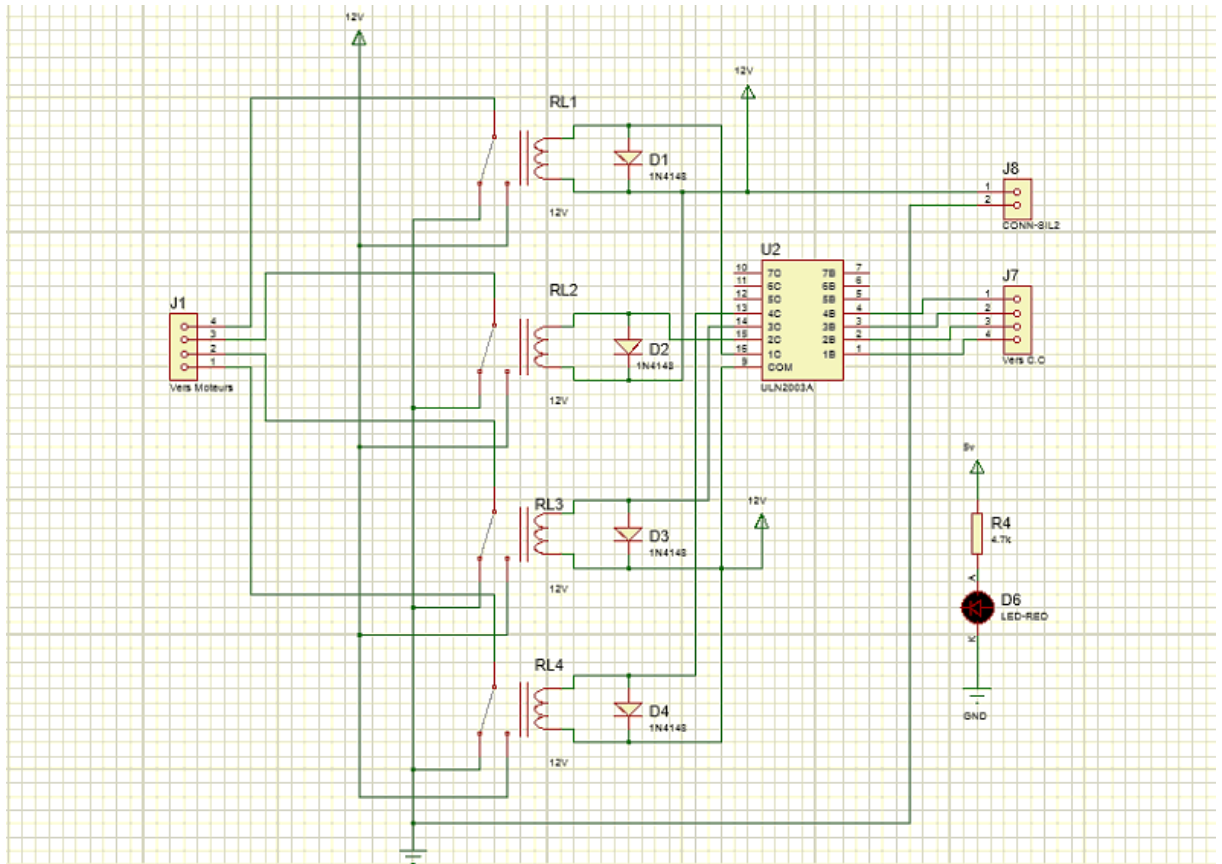


Figure8 : circuit de puissance sur ISIS

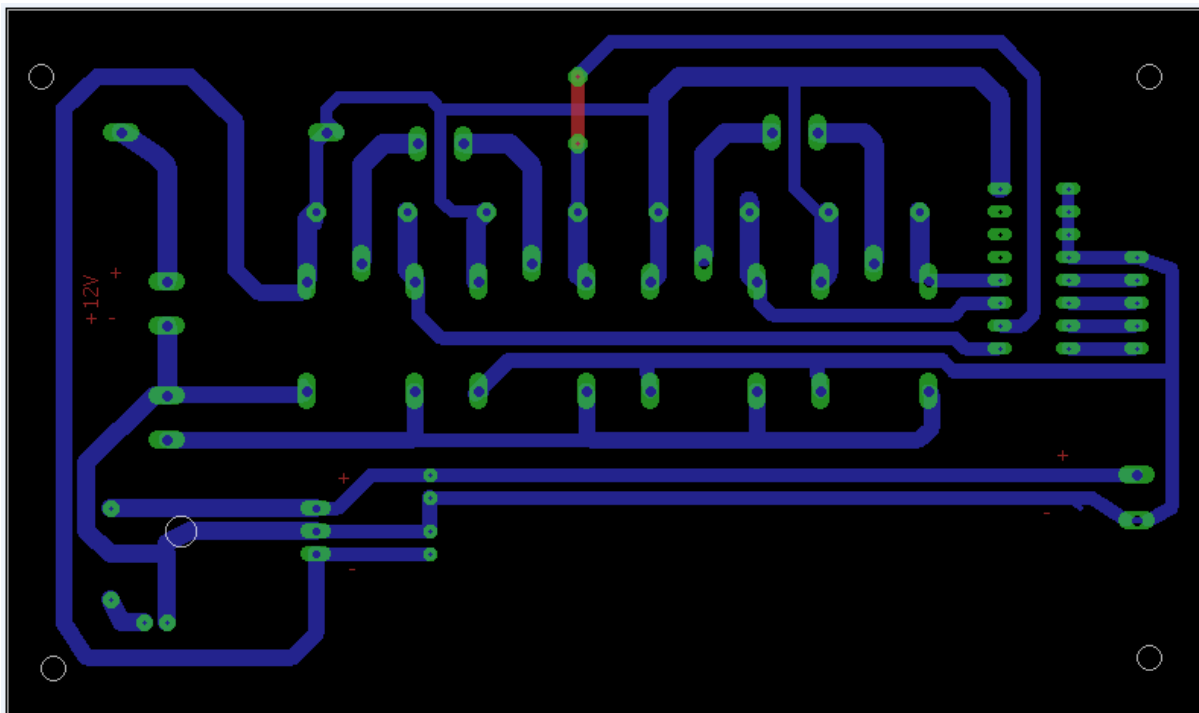
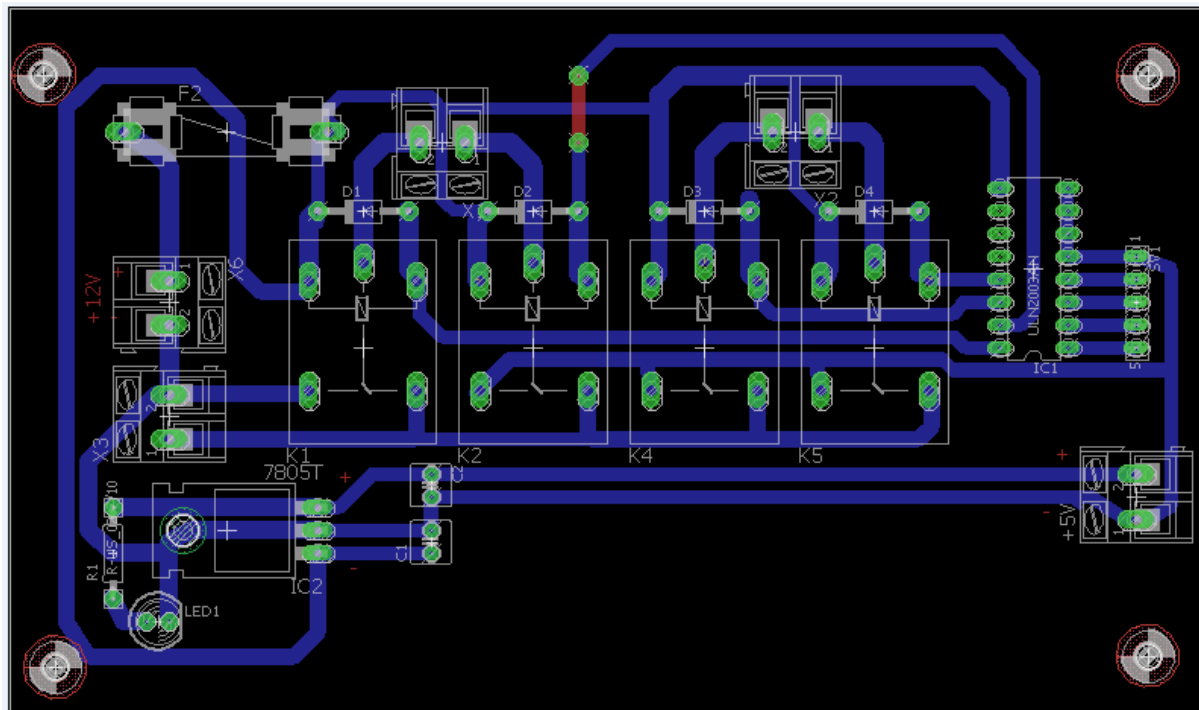


Figure9 : circuit de puissance (PCB)

Annexe (05)

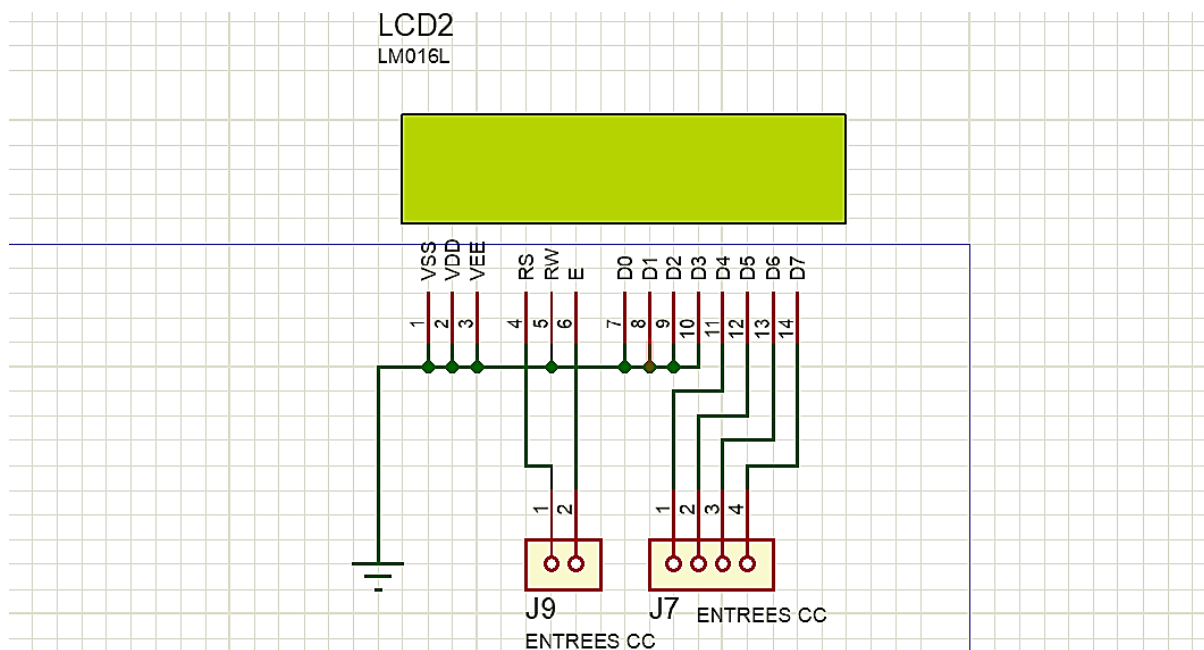


Figure10 : circuit du LCD sur ISIS.

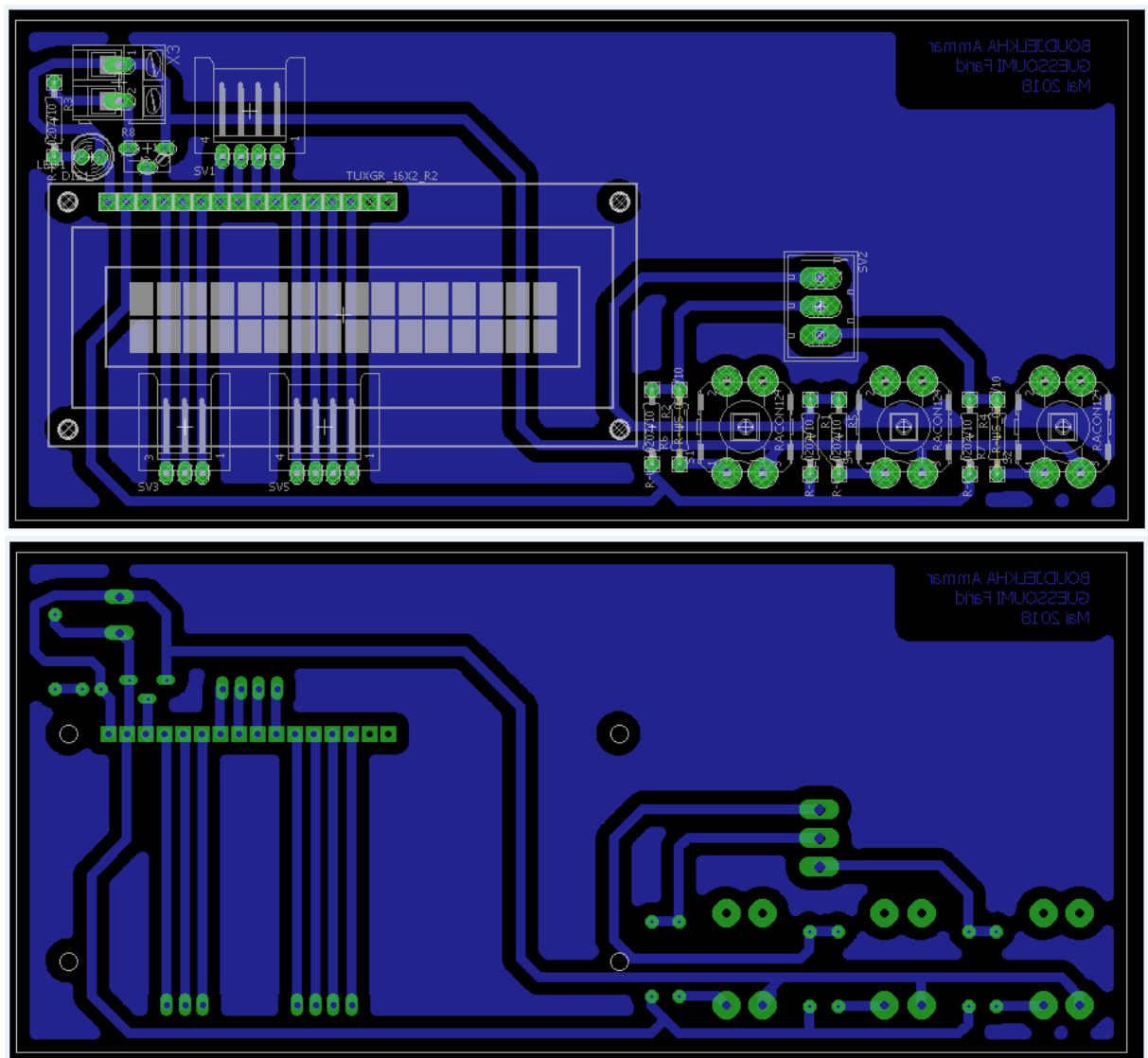


Figure11 : circuit du LCD (PCB).

Annexe (06)

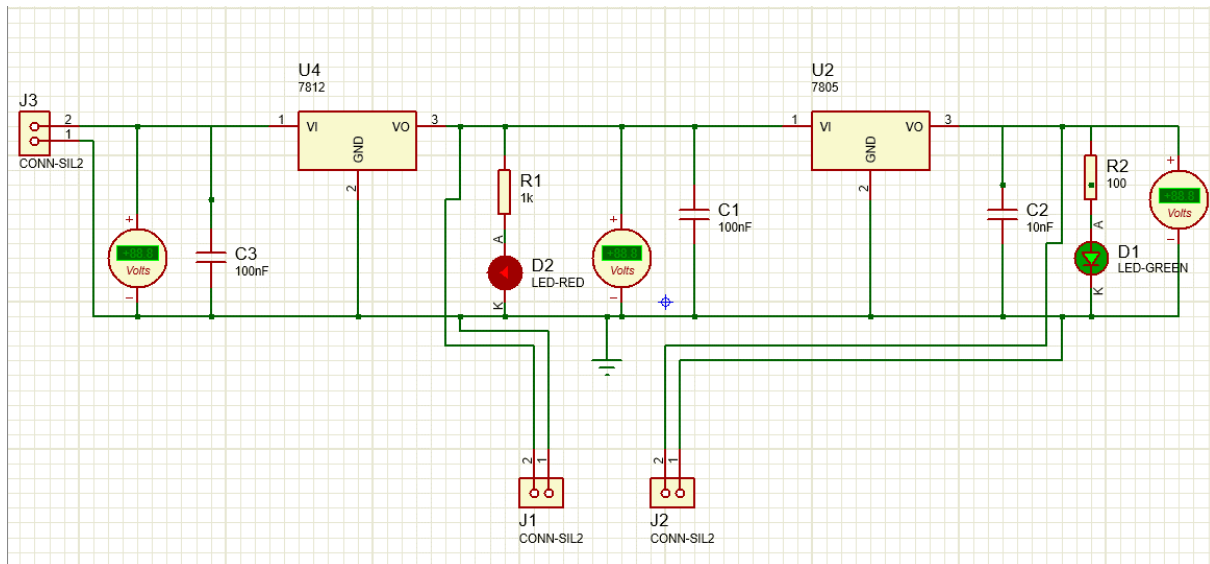


Figure12 : Circuit d'alimentation sur ISIS.

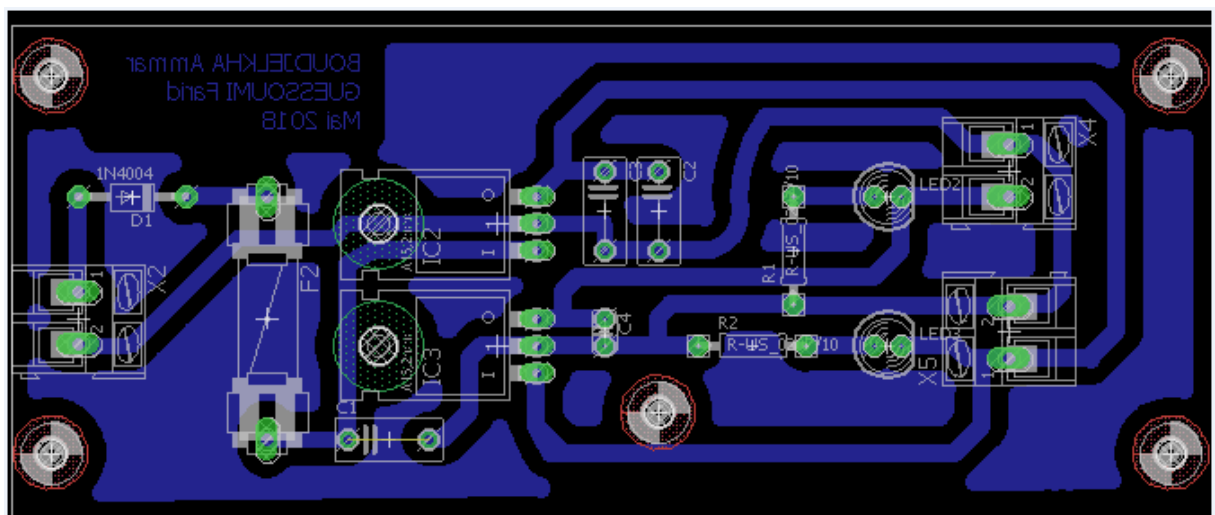
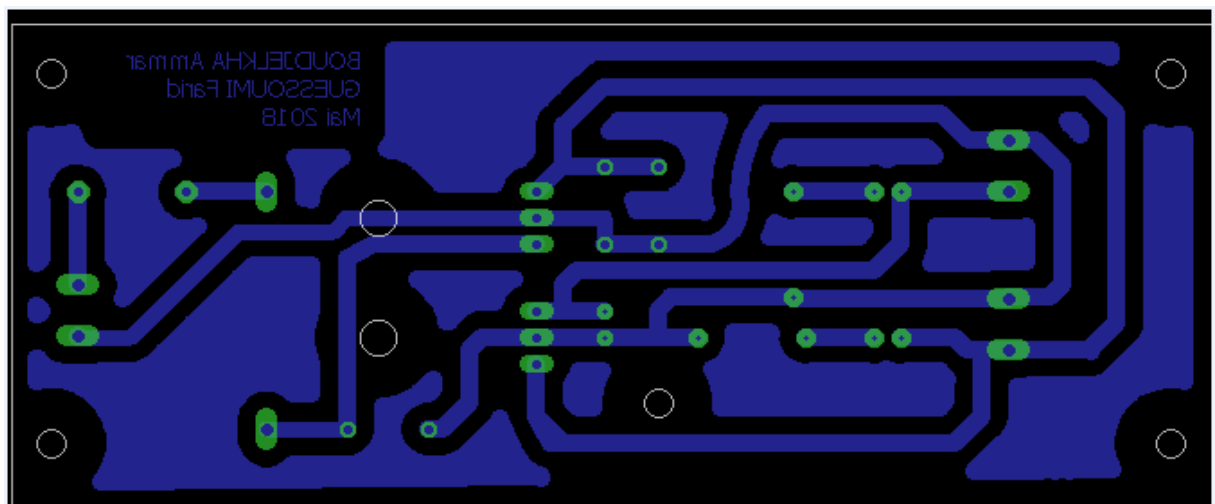


Figure13 : Circuit d'alimentation(PCB).

