République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DU GENIE DE CONSTRUCTION
DEPARTEMENT ELECTROMECANIQUE

Projet de fin d'étude pour l'obtention de Master académique.

Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Electromécanique
Spécialité : Maintenance Industrielle

Thème :

Etude et réalisation d'un régulateur MPPT pour les panneaux photovoltaïques.

Présenter Par :

M^elle^ : Kheloudja AZIZI.

Mr : Massinissa Chabni.

Encadrer Par :

M^me^ : Ouiza Arar.

Co-encadré par:

Mr : Khati Samir.

Soutenu le 27 juin 2024 devant le jury composé de :

Mr	Sait Smail	MCA	à l'UMMTO	Président.
Mme	Mouhelbi Fadila	MCB	à l'UMMTO	Examinatrice.
Mr	Arrar Ouiza	MCB	à l'UMMTO	Promotrice.

Promotion 2023/2024.

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre directrice M^{me} : Ouiza Arar, et Mr : Khati Samir notre Co-encadreur, pour leurs précieux conseils et leur aide durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous nos professeurs qui nous ont enseignés et qui par leurs compétences nous ont soutenu et guidé durant nos études.

Enfin, nous tenons également à remercier nos chers parents, qui ont toujours été avec nous et à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Que ce projet puisse être une humble contribution à la connaissance, à l'innovation et au progrès, et qu'il témoigne de notre engagement envers l'excellence académique et le dépassement de soi.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents, qui ont fait des sacrifices et cru en moi tout au long de mon parcours scolaire.

Qu'aucun hommage pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler, que dieu les protègent et leur procure longue vie et bonne santé.

A mes deux frères bien aimés ***KHALED*** *et* ***GHILES****, au quels sans eux ma vie n'aura pas de sens, pour leurs encouragements et leurs soutiens, je leur souhaite une vie plein de bonheur et de joie et que la réussite dans leurs chemins.*

Toute la famille ***CHABNI*** *et* ***SMACHE****.*

A mon cher binôme pour sa patience avec moi, aussi bien pour sa collaboration et son aide pendant toute la période d'étude.

Toutes personnes dont la présence ma fait plaisir dans ce jour, aux collègues de la promo 2024, a tout le cadre administratif, a tous les étudiants du département d'électromécanique

Toutes personnes qui ont contribuée dans la réalisation de ce travail de près ou de loin

A tous mes amis sans exception.

Massinissa.

Dédicace

Je dédie ce travail :

À mes très chers parents, pour leur amour inconditionnel et leurs sacrifices leur grand soutient tout au long de mes études. C'est à vous que je dois cette réussite et je suis fière de vous l'offrir.

À mes deux frères ***Ramdane*** *et* ***Meziane****, ma belle-sœur* ***Hayet*** *et ma nièce* ***Elyana*** *pour leurs présence et leurs conseils et leurs encouragements indéfectibles.*

À toute la Famille AZIZI.

À mon cher binôme pour sa patience avec moi, aussi bien pour sa collaboration et son aide pendant toute la période d'étude.

À mes amis mes proches et mes chers camarades de la promotion 2024 pour leur partage d'idées et leur soutien mutuel qui ont enrichi notre parcours universitaire et rendu cette aventure mémorable.

À tous ceux qui ont été une source d'inspiration, de soutien et d'encouragement tout au long de ce voyage académique.

KHELOUDJA.

Sommaire

Remerciement I
Dédicace II
Sommaire IV
Liste des Figures et Tableaux X
Liste des symboles et abréviations XV
Introduction Générale 1
Chapitre I : ***Généralités sur les systèmes Photovoltaïque.***
I.1 Introduction 2
I.2 Energie solaire 2
I.3 Types d'installations des systèmes photovoltaïques (PV) 2
3.a Système PV autonomes 2
3.b Système PV raccordé au réseau…. 3
3.c Système PV hybride 3
I.4 Panneaux solaire 4
I.5 Silicium 4
I.6 Types de silicium utilisé pour les panneaux photovoltaïques 5
6.a Silicium amorphe 5
6.b Silicium monocristallin…. 5
6.c Silicium polycristallin 5
I.7 Constitution d'un générateur photovoltaïque 6
7.a Association en série 6
7.b Association en parallèle 7
I.8 L'influence météorologique sur la production des panneaux photovoltaïques 8
8.a L'influence de la température 8
8.b L'influence de l'éclairement 8
I .9 Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque 8
I.10 Paramètres de la cellule photovoltaïque 9
10.a Tension de circuit ouvert 9
10.b Le courant de court-circuit I_{cc} 9
10.c Le Point de Puissance Maximal 9
10.d Le facteur forme 10
10.e Le rendement 10

Sommaire

I.11 Les batteries 11
11.a Différents types des batteries.....11
a.1 Batterie plomb ouvert 11
a.2 Batterie au Nickel 11
2.1 Batterie Nickel Cadmium Ni-Cd… 11
2.2 Batterie Nickel Métal Hydrure 11
a.3 Batteries solaire au lithium.....12
I.12 Le régulateur de charge.....12
I.13Principe de fonctionnement d'un régulateur PWM et MPPT 12
13.a Régulateur PWM (Pulse Width Modulation) 12
13.b Régulateur MPPT (Maximum Power Point Tracking).....13
I.14 Etapes de charge d'un contrôleur de charge 13
14.a Etape de charge à courant constant (Bulk).....13
14.b Etape de charge à tension constante (Absorption).....14
14.c Etape d'entretien (Float).....14
I.15 Conclusion.....14

Chapitre II : Description des logiciels et composants électronique

I.1 Introduction 15
I.2 Arduino 15
I.3 Différents type de la carte Arduino.....16
I.4 Logiciel Arduino 16
I.5 Logiciel ISIS Proteus 17
I.6 Généralité sur les hacheurs 18
6.a Hacheur Boost 18
6.b Hacheur Buck-Boost 19
6.c Principe de fonctionnement du convertisseur Buck.....19
I.7 Principaux composants d'un convertisseur Buck….....20
7.a Transistor de type MOSFET 20
7.b Les diodes 20
7.c L'inductance (Bobine) 21
7.d Condensateurs.....21
I.8 Ecran à cristaux liquides 22
I.9 Module I2C (Inter Integrated Circuit).....22
I.10 Capteur de courant 23

I.11 Conclusion....23

Chapitre III : *Simulation et réalisation du régulateur de charge.*

III.1 Introduction 24
III.2 Choix des composants électronique utilisés 24
2. a. Carte Arduino Nano 24
a.1. Les caractéristiques de la Nano 24
2.b Caractéristique de la Batterie choisi....25
2.c La source de tension (simulation du panneau)....26
2.d LCD I2C 20×4....27
2.e Capteur de courant a effet hall ACS712 / 5A 28
2.f Inductance 28
2.g Condensateur 29
2.h Un MOSFET....29
2.i Transistor Bipolaire 30
2.j Convertisseur abaisseur RC Mini 360 Buck 1.8 A 30
2.k Fusible Temporise miniature soudable 2A 250V....31
III.3 Partie simulation....32
3.a Choix du capteur de tension de panneau photovoltaïque 33
3.b Choix du capteur de tension de la batterie....34
3.c Les connexions du capteur ACS712....35
3.d Les connexions LCD57 35
3.e Connexions du convertisseur Buck 36
III.4 Schéma finale de la simulation 37
III.5 Description du programme ARDUINO 37
III.6 Résultat de simulation 37
III.7 Partie réalisation Pratique....39
III.8 Conclusion....43
Conclusion Générale 43
Annexe....45
Référence bibliographie....51
Résumé....54

Listes des figures

Figure I.1 : Installation photovoltaïque autonome 3
Figure I.2 : Installation photovoltaïque accordé au réseau. 3
Figure I.3: Installation Photovoltaïque Hybride 4
Figure I .4 : Panneau solaire Amphore 5
Figure I .5 : Panneaux solaire Polycristallin (a) et Monocristallin(b) 6
Figure I. 6 : Caractéristique résultante d'un groupement en série 7
Figure I.7: Caractéristique résultante d'un groupement en parallèle 7
Figure I.8 : Principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque 9
Figure I.9 : Caractéristique courant - tension-puissance d'un module PV. 10
Figure I.10: Etapes de charge d'un contrôleur de charge 14
Figure. II-1 : Carte Arduino 15
Figure. II-2 : Différents types de carte Arduino 16
Figure. II-3 : L'écran principal de l'IDE Arduino au démarrage 17
Figure. II.4 : Interface du logiciel Proteus 17
Figure. II-5 : Schéma équivalent d'un convertisseur Boost 18
Figure. II-6 : Schéma équivalent d'un convertisseur Buck-Boost 19
Figure. II.7: Schéma expliquant le fonctionnement du convertisseur Buck. 20
Figure. II-8 : Transistor MOSFET Canal N (a) - Canal P (b) 20
Figure. II-9 : symbole électronique d'une diode 21
Figure. II-10 : Symbole électronique d'une bobine 21
Figure. II-11: symbole électronique d'un condensateur 21
Figure. II-12 : Ecran à cristaux liquides (4×20), Module I2C 22
Figure III.1 : Carte Arduino Nano 25
Figure III.2 : Batterie rechargeable 9V uniross 26
Figure III.3 : Source de tension variable 27
Figure III.4 : écran LCD I2C 20×4 27
Figure III.6 : Bobine 33uH 27
Figure III.7 : Condensateur 470uF 29
Figure III.8 : IRF44N 29
Figure III.9 : Type BC557. 30
Figure III.10 : Type BC547. 30
Figure III.11 : Convertisseur RC Mini 360 Buck 1.8 A 31

Figure III.12 : FUSIBLE TEMPORISE MINIATURE SOUDABLE 2A 250V 32
Figure III.13: schéma de pont de deviseur de tension de PV.....33
Figure III.14: code Arduino pour convertir la tension du PV 33
Figure III.15: schéma de pont deviseur de tension de la batterie 33
Figure III.16: code Arduino pour convertir la tension de la batterie.....34
Figure III.17: schéma des connexions des pins des capteurs de courant 35
Figure III .18: code arduino pour le capteur ACS712 5A 35
Figure III.19: schéma des connexions des pins LCD I2C 36
Figure III.20: schéma des connexions du convertisseur buck 36
Figure III.21: finale de la simulation sur PROTEUS.....37
Figure III.22: exemple de simulation de notre schéma. (Mode bulk).....38
Figure III.23: un autre exemple de notre simulation (mode absorption).....39
Figure III.24:un autre exemple de notre simulation (batterie sous tension).....39
Figure III.25 : Photo finale de notre projet 39
Figure III.26:résultat de l'essai pratique (mode Bulk).....40
Figure III.27:résultat de l'essai pratique (mode Absorption) 41
Figure III.28:résultat de l'essai pratique (mode Float).....41
Figure III.29: vérification avec un multimètre la tension d'entrée de convertisseur 42
Figure III.30: vérification avec un multimètre la tension de sortie de convertisseur 42
Figure III.31:vérification avec un multimètre la tension de la batterie.....43

Liste des tableaux

Tableau III.1 : les branchements des pins du capteur courant..... 34
Tableau III.2 : Montre les branchements des pins de l'écran LCD I2C..... 35

Liste des symboles

I_{ph}: Photo - courant (A).

I_S: Courant de saturation de la diode en inverse (A).

V_{pv}: Tension aux bornes de la cellule.

I_{pv}: Courant généré par la cellule (A)

R_S: Résistance série de la cellule

R_p: Résistance parallèle

n: Facteur de la qualité de la cellule

K: Constante de Boltzmen ($1{,}38\times10^{-23}$ J / K)

q: Charge de l'électron ($1{,}6\times10^{-19}$ C)

T: Température de fonctionnement

K_I: Coefficient de la température

T_r: Température de référence de la cellule

G_r: Irradiation solaire de référence G_r =1000w/ m².

G=Irradartion sollaire de fonctionnement (W/m^2).

I_{cc}: Courant de court-circuit (A).

V_{co}: Tension de circuit ouvert.

V_{opt}: Tension optimale.

I_{opt}: Courant optimal (A)

n_s: Nombre de cellules en série

n_p: Nombre de cellules en parallèle

P_{max}: Puissance maximale (W)

η_{pv}: Rendement photovoltaïque

V_{bat}: Tension aux bornes de la batterie (V)

α: Rapport cyclique

E : Energie d'un photon

h : Constante de Planck

I : Fréquence de la lumière

P_m : Puissance maximale (W).

I_m: Courant maximale

I : Courant de la cellule PV

K_I:Coefficient de la température

Vbat: Tension aux bornes de la batterie (V)

V_R: Tension de régulation de la batterie (V)

K : Fréquence de la lumière

Vm : Tension maximale

Im: Courant maximale

Liste des abréviations

DC-DC: Directe curent 'Continue/Continue'.

MOSFET: Métal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor.

GPV : Générateur Photovoltaïque.

PV : Photovoltaïque.

PWM : Pulse Width Modulation.

MLI : Modulation à Largeur d'impulsion.

MPPT : Maximum power point tracking.

PPM : Point de puissance maximale.

LCD : Liquid Crystal display.

LED : Diode électroluminescente.

ICSP (In_Circuit Serial Programing

(CAO) Conception assistée par ordinateur

Introduction générale

Le soleil, le vent, la chaleur de la terre, l'eau ou encore la biomasse sont des sources d'énergies renouvelables. À la différence des combustibles fossiles, les énergies renouvelables sont des énergies qui peuvent être utilisées sans limites. Pour ce travail, nous ne nous concentrerons que sur le premier type d'énergie, qui est l'énergie solaire [8].

Cette énergie peut être issue de la transformation de la lumière solaire en électricité dans des matériaux semi-conducteurs tels que le silicium. Ces matériaux qui sont photosensibles ont la capacité de libérer leurs électrons lorsque l'énergie extérieure les touche ce qu'il s'agit de l'effet photovoltaïque.

Mais pour optimiser cette production il est essentiel d'utiliser des régulateurs de charge. Ces appareils jouent un rôle essentiel en régulant la quantité d'énergie que les batteries de stockage reçoivent, garantissant ainsi une charge efficace et prolongeant leur durée de vie.

Les systèmes de production d'énergie photovoltaïque utilisent généralement une technique ou un algorithme MPPT spécifique appelé « Maximum Power Point Tracking », qui consiste à suivre le point de puissance maximal [1].

Afin de mener à bien ce projet, nous avons divisé ce mémoire en trois chapitres distincts. Dans le premier chapitre, nous allons rappeler les principes de fonctionnement des cellules photovoltaïques, les différentes installations. Nous aborderons également les différents types des régulateurs de charge, les différents types des batteries ainsi leur étapes de charge avec ce contrôleur.

Dans le deuxième chapitre, nous aborderons les divers logiciels employés, les composants électroniques, ainsi que les différents types de convertisseurs, en examinant en détail le convertisseur Buck, qui est le point central de notre étude.

La simulation du schéma final de notre projet sur le logiciel ISIS-PROTEUS et le code de programmation sera présentée dans le troisième chapitre, ainsi que la mise en œuvre pratique et les résultats obtenus et nous terminerons avec une conclusion.

Chapitre I

Généralités sur les systèmes Photovoltaïques

I.1 Introduction :

Les cellules photovoltaïques sont des dispositifs électroniques qui convertissent la lumière solaire en électricité. Elles sont à la base de nombreuses technologies solaires, telles que les panneaux solaires utilisés pour la production d'électricité à partir de l'énergie solaire. Ces cellules sont constituées de matériaux semi-conducteurs qui présentent la propriété de générer un courant électrique lorsqu'ils sont exposés à la lumière.

Ce chapitre présente un état de l'art des systèmes photovoltaïques. Nous décrirons dans un premier temps le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque à savoir : le principe de conversion de l'énergie solaire (photon) en énergie électrique, les matériaux semi-conducteur constituant ces cellules et les différents types d'installations. Ensuite, nous présenterons les différents éléments constituants un système photovoltaïque tels que: les batteries, les accumulateurs et les régulateurs de charge. Enfin le régulateur MPPT qui fait l'objet de ce mémoire sera décrit d'une manière détaillée.

I .2 Energie solaire :

L'énergie solaire désigne une forme d'énergie dérivée du rayonnement solaire. Ce rayonnement est capté puis converti en diverses formes d'énergie utilisables. Cette énergie solaire peut être exploitée par le biais de différentes technologies, telles que les panneaux solaires photovoltaïques pour la production d'électricité, ou les capteurs solaires thermiques pour la production de chaleur [2].

I .3Types d'installations des systèmes photovoltaïques (PV) :

On distingue trois types de systèmes photovoltaïques : les systèmes autonomes, les systèmes connectés au réseau et les systèmes hybrides.

3. a Système PV autonomes :

Le système solaire photovoltaïque autonome est totalement autonome et nécessitera des batteries de stockage pendant la période d'indisponibilité de l'énergie solaire. [3].

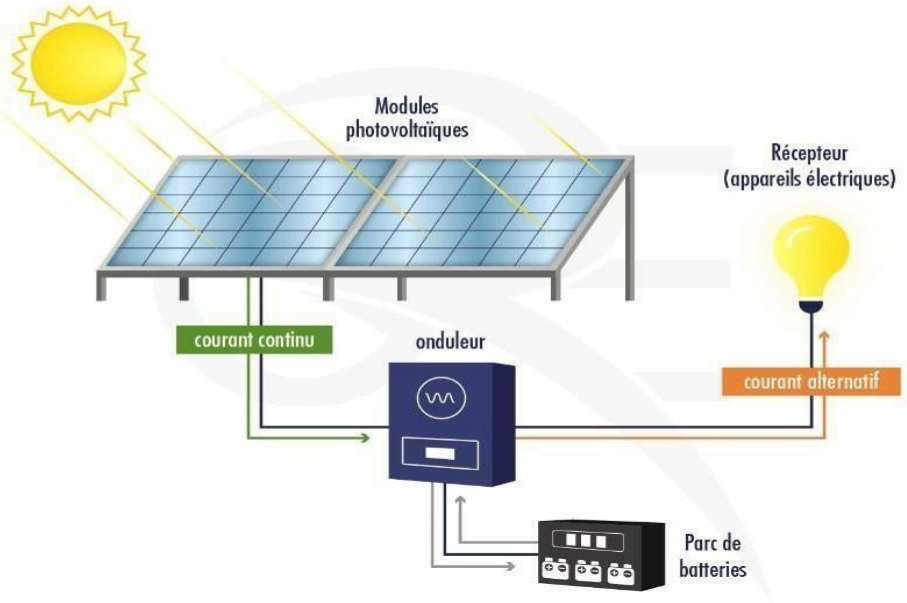

Figure I.1 : Installation photovoltaïque autonome [21].

3. b Système PV raccordé au réseau :

Dans ce système l'énergie produite est consommée sur place et l'excès sera injecté dans le réseau qui alimente les maisons pendant la nuit et les jours non ensoleillé dans ce cas les accumulateurs ne sont pas nécessaires [4].

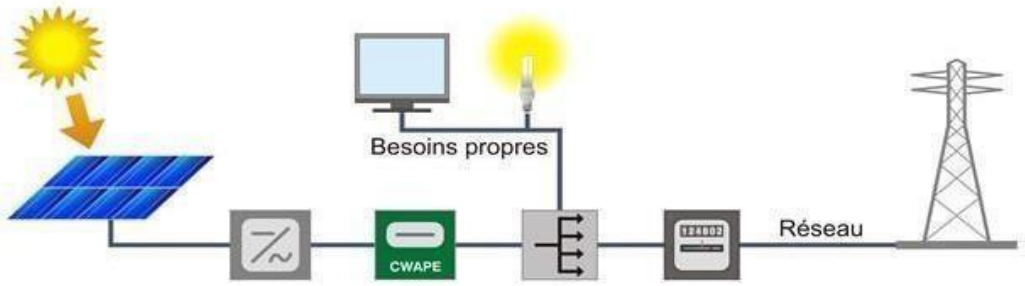

Figure I.2 : Installation photovoltaïque raccordé au réseau [22].

3. c Système PV hybride :

Les systèmes hybrides (figure I.3) combinent plusieurs sources d'énergie indépendantes des réseaux électriques traditionnels. Un générateur photovoltaïque est associé à une éolienne ou à un groupe électrogène à combustible, où les deux, avec des batteries pour stocker l'énergie. Ces systèmes sont idéaux pour les applications nécessitant une alimentation continue à une puissance élevée.

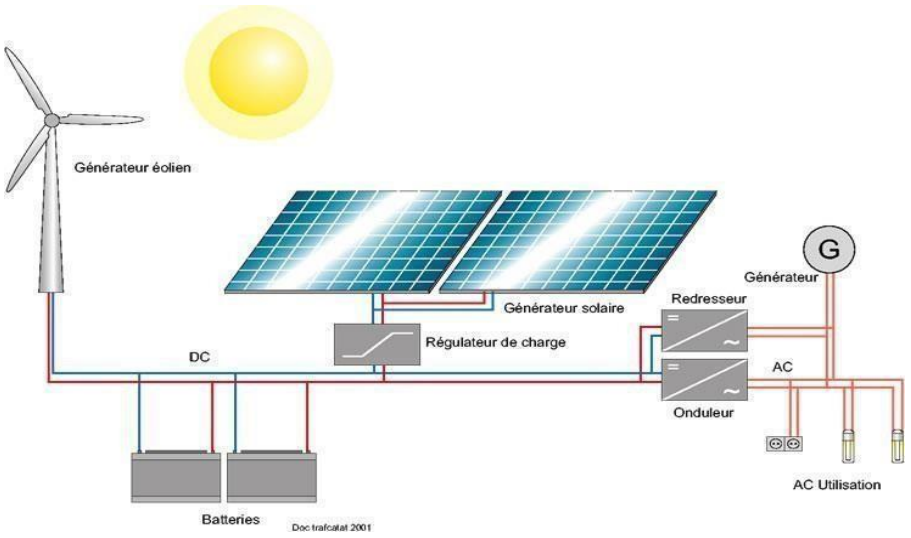

Figure I.3: Installation Photovoltaïque Hybride [24].

I.4 Panneaux solaire :

Un panneau solaire, également appelé module photovoltaïque, est un dispositif conçu pour transformer l'énergie lumineuse du soleil en électricité utilisable. Ses composants principaux sont les cellules solaires, qui contiennent deux couches de silicium. En introduisant des atomes de phosphore dans la couche supérieure et des atomes de bore dans la couche inférieure, on crée un déséquilibre de charges électriques qui génère un courant électrique lorsque la lumière solaire frappe ces cellules [5].

I.5 Silicium :

Le silicium est la matière première des panneaux photovoltaïques. Il est extrait principalement du dioxyde de silicium (SiO_2), qui est largement présent dans la nature sous forme de silice. La silice se trouve dans des matériaux tels que le sable, le quartz et divers minéraux. Ce dioxyde de silicium est ensuite soumis à un processus d'extraction et de purification pour obtenir du silicium de haute pureté utilisable dans l'industrie solaire. Ce processus de purification est essentiel pour éliminer les impuretés et garantir que le silicium atteint les niveaux de pureté nécessaires pour maximiser son efficacité dans la conversion de l'énergie solaire en électricité [6].

I.6 Types de silicium utilisé pour les panneaux photovoltaïques :

Trois types de silicium sont utilisés pour la production des panneaux photovoltaïque à savoir :

6.a Silicium amorphe :

Le silicium amorphe ou est la forme non cristalline du silicium, le silicium est déposé en couche minces sur des plaque en verre ou plastique a environ 1µm présenté sous forme de rouleaux, il peut être aisément découpé et installé sur différents types de toits sans risque de dommages structurels [6].

Figure I .4 : Panneau solaire Amphore [23].

6.b Silicium monocristallin :

Le silicium monocristallin(I.5.a) subit un traitement différent. La cristallisation est bien plus longue et lente, et d'autres produits chimiques sont utilisés dans ce processus. Le but est de créer un bloc de silicium solide constitué d'un seul cristal. Le silicium est traité par fusion et versé dans des moules et transformé en barre (lingots) et découpé en plaquettes (wafers) où l'on obtient finalement les cellules photovoltaïques.

Comme la cellule est composée d'un seul cristal, les électrons qui génèrent un flux d'électricité ont plus de place pour se déplacer dans un panneau photovoltaïque en silicium monocristallin [6].

6.c Silicium polycristallin :

Les panneaux solaires polycristallins(I.5.b) sont également appelés « multi cristaux » ou silicium à cristaux multiples. Les fabricants font fondre de nombreux fragments de silicium pour former des barreaux carrés qui sont ensuite découpés en fines tranche appelées wafers d'une épaisseur de 0,2mm ces wafers. Comme il y a beaucoup de cristaux dans chaque cellule,les électrons ont moins de liberté de mouvement. Par conséquent, les panneaux solaires polycristallins ont un rendement inférieur à celui des panneaux monocristallins [6].

Comme il y a beaucoup de cristaux dans chaque cellule, les électrons ont moins de liberté de mouvement. Par conséquent, les panneaux solaires polycristallins ont un rendement inférieur à celui des panneaux monocristallins [6].

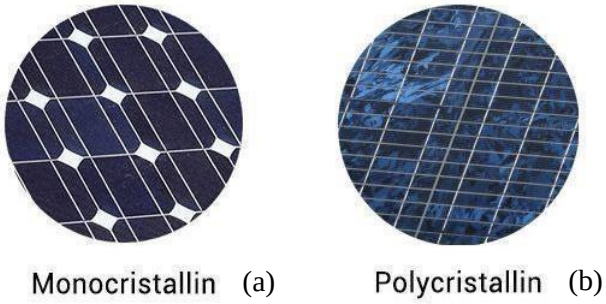

Figure I .5 : Panneaux solaire Polycristallin (b) et Monocristallin(a) [20].

I.7 Constitution d'un générateur photovoltaïque :

Les cellules solaires sont rarement utilisées seules. En pratique, elles sont assemblées en modules photovoltaïques pour former un panneau. Plusieurs de ces panneaux peuvent ensuite être combinés pour créer un système plus grand, appelé générateur photovoltaïque. Comme la puissance produite par une seule cellule est très faible, les regrouper en série ou en parallèle permet d'augmenter la tension ou le courant du système, améliorant ainsi l'efficacité et la production d'énergie du panneau solaire.

7.a Association en série :

Les cellules sont traversées par le même courant dans un groupement en série et la caractéristique résultante du groupement en série est obtenue en additionnant les tensions à courant donné
La figure (I.6) montre la caractéristique résultante **(I_{scc},V_{sco}**) obtenue en l'associant en série (indice s), n_s cellules identiques**(I_{cc},V_{co})** [7].

$$I_{scc} = I_{cc} \qquad (I.1)$$

$$V_{sco} = n_S V_{co} \qquad (I.2)$$

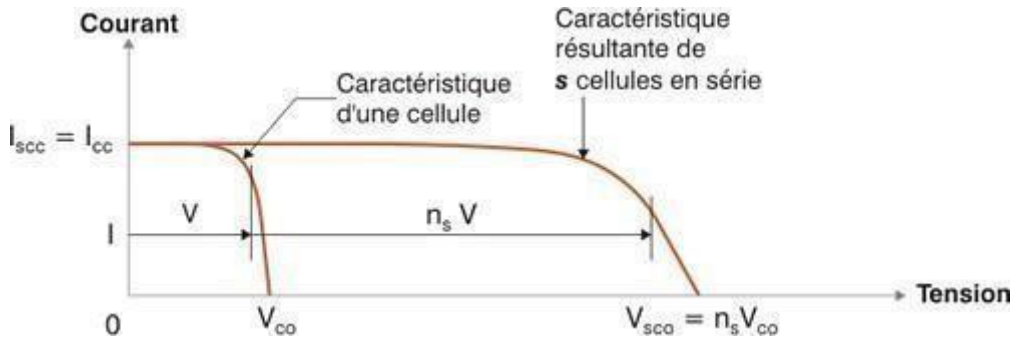

Figure I. 6 : Caractéristique résultante d'un groupement en série [19].

7.b Association en parallèle :

Dans un réseau de cellules connectées en parallèle, les cellules sont exposées à la même tension et la caractéristique résultante du réseau est obtenue en additionnant les courants à la tension donnée. La figure (I.7) montre la caractéristique résultante (I_{pcc},V_{pco}) obtenue en associant en parallèle (indice p) n_p cellules identiques (I_{cc} ,V_{co}) [7].

$$I_{pcc} = n_p I_{cc} \tag{I.3}$$

$$V_{pco} = V_{co} \tag{I.4}$$

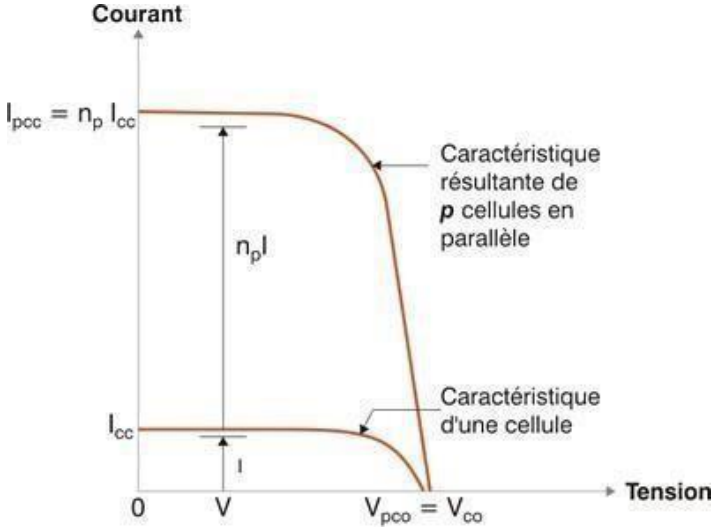

Figure I. 7 : Caractéristique résultante d'un groupement en parallèle [19].

I.8 L'influence météorologique sur la production des panneaux photovoltaïques :

La production des panneaux photovoltaïques dépend de beaucoup de facteurs, dont les principaux sont :

8.a L'influence de la température :

La température joue un rôle crucial dans l'impact de l'unité photovoltaïque, ce qui se traduit par une réduction de la tension produite. Ainsi, l'unité photovoltaïque offre un rendement optimal si la température est adéquate.

8.b L'influence de l'éclairement :

Le comportement de l'unité photovoltaïque est également influencé par les rayons du soleil, car ils varient d'une saison à l'autre et les rayons les plus intenses de la journée ne sont pas les mêmes que ceux du soir.

I .9.Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques exploitent l'effet photoélectrique pour produire du courant continu par absorption du rayonnement solaire. Cet effet permet aux cellules de convertir directement l'énergie lumineuse des photons en électricité par le biais d'un matériau semi-conducteur transportant les charges électriques.

Une cellule photovoltaïque est composée de deux types de matériaux semi-conducteurs, l'une présentant un excès d'électrons et l'autre un déficit d'électrons. Ces deux parties sont respectivement dites « dopées » de type n et de type p. Le dopage des cristaux de silicium consiste à leur ajouter d'autres atomes pour améliorer la conductivité du matériau.

Un atome de silicium compte 4 électrons périphériques. L'une des couches de la cellule est dopée avec des atomes de phosphore, qui eux comptent 5 électrons (soit 1 de plus que le silicium). On parle de dopage de type n comme négatif, car les électrons (de charge négative) sont excédentaires. L'autre couche est dopée avec des atomes de bore qui ont 3 électrons (1 de moins que le silicium). On parle de dopage de type p comme positif en raison du déficit d'électrons ainsi créé. Lorsque la première est mise en contact avec la seconde, les électrons en excès dans le matériau n diffusent dans le matériau p. En traversant la cellule photovoltaïque, les photons arrachent des électrons aux atomes de silicium des deux couches n et p. Les électrons libérés se déplacent alors dans toutes les directions. Après avoir quitté la couche p, les électrons empruntent ensuite un circuit pour retourner à la couche n. Ce déplacement d'électrons n'est autre que de l'électricité. Voir la figure (I.8) :

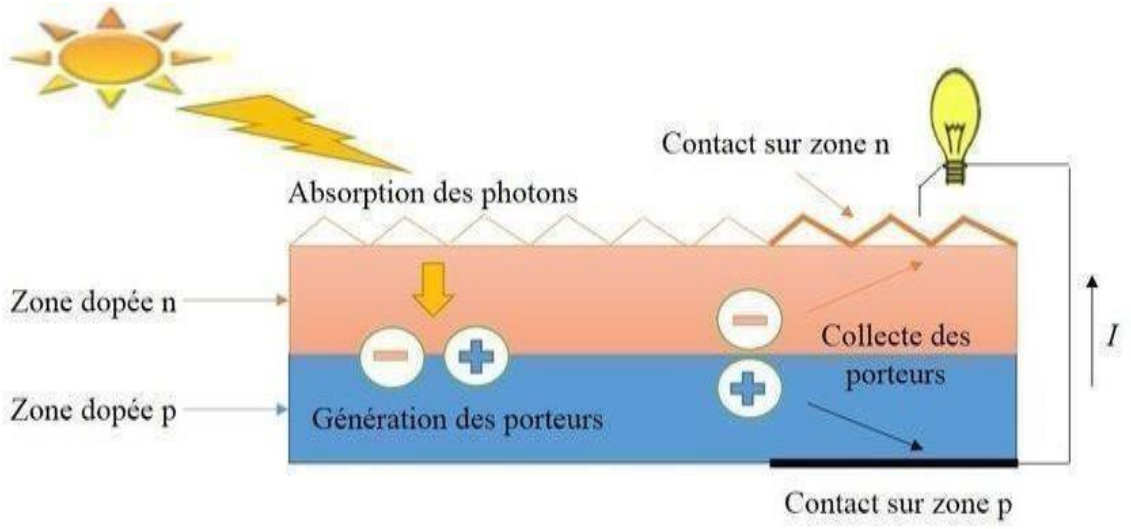

Figure I .8 : Principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque [18].

I.10 Paramètres de la cellule photovoltaïque :

Sous un éclairement donné, toute cellule photovoltaïque est caractérisée par une courbe courant-tension et par une courbe tension-puissance, trois grandeurs physiques définissent ces caractéristiques.

10.a Tension de circuit ouvert

La tension à vide V_{co} : (tension en circuit ouvert), C'est la tension mesurée aux bornes de la cellule et pour laquelle le courant débité par la cellule solaire est nul (I=0).

10.b Le courant de court-circuit I_{cc} :

Le courant de court-circuit Icc apparaît en un point de la caractéristique I-V où la tension est nulle. En ce point la puissance de la cellule solaire sera nulle [13].

10.c Le Point de Puissance Maximal :

Le courant Impp et la tension Vmpp correspondent respectivement au courant et à la tension pour lesquels la cellule solaire délivre sa puissance maximale Pmax [9].

$$Pmax = Impp \times Vmpp \qquad (I.5)$$

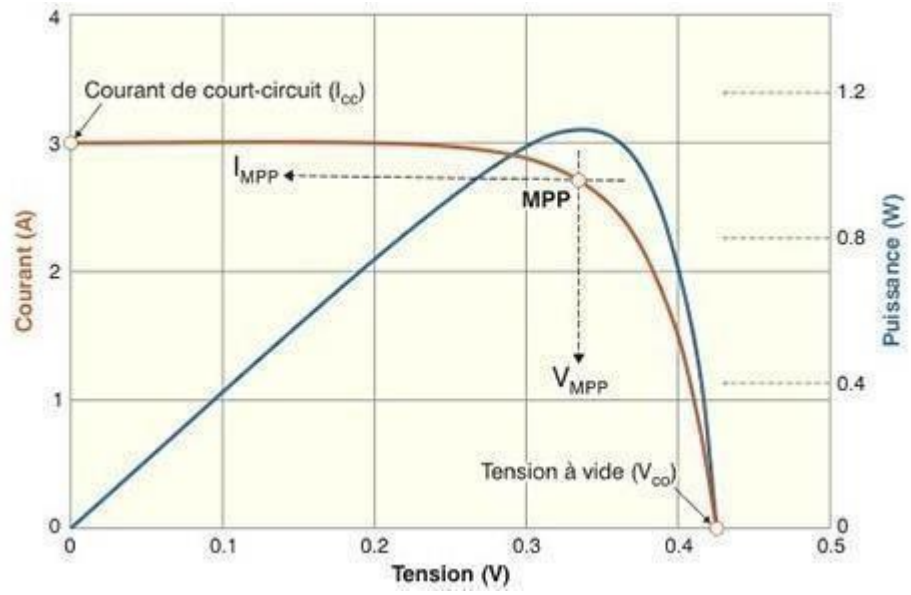

Figure I 9 : Caractéristique courant - tension-puissance d'un module PV[19].

10.d Le facteur forme :

C'est le facteur de remplissage ou Fill Factor (FF). Ce coefficient représente le rapport entre la puissance maximale que peut délivrer la cellule notée Pmax et la puissance formée par le produit (Isc × Voc), Il est défini par la relation suivante [10].

$$FF = \frac{Pmax}{Icc \times Voc} \qquad (I.6)$$

10.e Le rendement :

Est défini comme le rapport entre la puissance maximale générée par la cellule photovoltaïqueet la puissance du rayonnement solaire incident sur cette cellule. Si nous notons S la surface dela cellule en mètres carrés (m²) et E l'éclairement ou l'irradiation en watts par mètre carré (W/m²), le rendement énergétique peut être exprimé par l'équation suivante [10] :

$$n = \frac{Pmax}{S \times E} \qquad (I.7)$$

$$P_{max} = FF \times I_{cc} \times V_{oc} \qquad (I.8)$$

$$\eta = \frac{FF \times Icc \times Voc}{S \times E} \qquad (I.9)$$

I.11 Les batteries:

La batterie est un ensemble d'accumulateurs électrochimiques capables de convertir l'énergie électrique en énergie chimique et réciproquement. On appelle respectivement ces opérations, charge et décharge.

11. a Différents types de batteries :

Il existe différents types d'accumulateurs, les plus cités dans la littérature sont :

a.1 La batterie plomb ouvert :

La batterie "plomb ouvert" était traditionnellement la principale solution utilisée pour le stockage de l'électricité solaire jusqu'à présent. Ce type de batterie fonctionne en utilisant une solution d'acide sulfurique liquide, similaire au fonctionnement des batteries de voiture mais de taille plus importante. Il est impératif de la stocker dans un endroit frais ou climatisé pour assurer sa longévité, car la chaleur peut considérablement réduire sa durée de vie.
Il est recommandé de placer cette batterie dans un endroit bien ventilé, car elle émet de l'hydrogène lorsqu'elle est chargée. Installer cette batterie à l'extérieur est fortement déconseillé, car elle peut geler pendant les périodes de froid. La batterie "plomb ouvert" nécessite une maintenance régulière pour prolonger sa durée de vie [11].

a.2 Batterie au Nickel :

On distingue deux types :

2.1 Batterie Nickel Cadmium Ni-Cd:

Les batteries au Nickel-Cadmium (Ni-Cd) sont composées d'électrodes de nickel et de cadmium. Le Nickel-Cadmium est une chimie de batterie rechargeable puissante, mais de technologie ancienne. Les performances de ce type de batterie sont plutôt acceptable, et la charge rapide. Cependant, il est sujet à ce qu'on appelle un « effet mémoire » et cela contribue à réduire de manière effective sa durée de vie. De plus, les batteries au Nickel-Cadmium sont dépassées en termes d'autonomie [8].

2.2 Batterie au Nickel Métal Hydrure :

Les batteries Nickel-Métal Hydrure sont venues remplacer le Nickel-cadmium. Cette batterie rechargeable est libre de métaux toxiques ce qui en fait un modèle plus sûr. Outre cela, le NiMH est plus léger et produit 40% d'énergie en plus par rapport au Nickel-cadmium. Par ailleurs, elles ne souffrent pas d'effet mémoire comme le NiCd. En revanche, elles prennent plus de temps à se charger. Cette batterie est une bonne alternative à la technologie alcaline. [8].

a.3 Les batteries solaires au lithium :

Les accumulateurs au lithium (lithium-ion et lithium-polymère) se caractérisent par des densités énergétiques supérieures à 100 Wh/kg et par des puissances volumiques supérieures à 300 W/kg [8]. La tension par élément peut dépasser 4 V. Leur inconvénient réside dans la nécessitéde mise en œuvre de moyens de protection complexes. Ces batteries utilisées dans diverses applications telles que les voitures et les smartphones, symbolisant ainsi l'innovation contemporaine et future. Un exemple marquant de cette évolution est la nouvelle batterie lithium Power Wall de Tesla.

I .12.Le régulateur de charge :

Le régulateur de charge/décharge est associé à un générateur photovoltaïque, il a pour rôle, de contrôler la charge de la batterie et de limiter sa décharge. Sa fonction est primordiale, car elle a un impact direct sur la durée de vie de la batterie.

I.13.Principe de fonctionnement d'un régulateur PWM et MPPT :

Il existe deux type de régulateur de charge solaire on distingue le régulateur PWM et MPPT :

13.a Régulateur PWM (Pulse Width Modulation) :

Il s'agit de la première génération de régulateurs MLI, dont le régulateur solaire PWM tire d'ailleurs le nom (pulse width modulation signifiant en français « modulation de largeur d'impulsion »).

Cet appareil est couplé directement à la batterie. Son principe est le suivant : il récupère le courant produit par le champ solaire et le transmet à la batterie sous la forme d'impulsions de fréquences et de longueurs variables, ce qui permet de réguler le courant de charge avec précision, en fonction de l'état de charge.

Le contrôleur de charge PWM est doté d'un interrupteur fonctionnant par modulation de largeur d'impulsion ainsi que d'un système anti-retour. L'interrupteur est ouvert en permanence jusqu'à ce que la batterie de stockage atteigne la tension de charge d'absorption. Ensuite, lorsque la batterie est chargée et que sa tension atteint le seuil de régulation fixé, l'interrupteurMLI s'ouvre et se ferme à une fréquence fixe (plusieurs centaines de fois par seconde) afin de maintenir l'injection d'un courant moyen, pour un niveau de charge optimal [32].

13.b Régulateur MPPT (Maximum Power Point Tracking) :

Le régulateur MPPT est le plus perfectionné des régulateurs solaires. Il est recommandé, notamment, pour les installations photovoltaïques composées d'un parc de batteries.

Ce modèle est basé sur la technologie Maximum Power Point Tracker (ou « traqueur de point de puissance maximale »). Il intègre un convertisseur DC-DC (dispositif qui convertit le niveau de tension d'un courant continu) afin de maximiser la puissance de sortie d'un panneau solaire. Il faut noter que ce convertisseur est employé comme abaisseur de tension : par conséquent, la tension en point de puissance maximale du champ solaire doit toujours être supérieure à la tension batterie.

Pour comprendre l'intérêt d'un régulateur MPPT, il faut savoir que la tension et le courant d'un panneau photovoltaïque changent continuellement tout au long de la journée, en fonction du degré d'ensoleillement. L'appareil balaie la tension du panneau afin de trouver le « point idéal », C'est-à-dire la combinaison optimale de tension et de courant, et générer ainsi la plus grande puissance. Cet ajustement permanent lui permet de conduire davantage de courant jusqu'à la batterie et donc d'être plus efficace qu'un régulateur PWM, notamment en période de faible ensoleillement : on estime qu'il génère jusqu'à 30 % de production d'électricité supplémentaire, pour les modèles MPPT les plus haut de gamme.

Contrairement au régulateur PWM qui est directement couplé avec la batterie, ici, le couplage est indirect, puisque régulateur MPPT et batterie sont reliés *via* un adaptateur d'impédance servant à optimiser le transfert de la puissance électrique.

Le régulateur MPPT fonctionne avec tout type de panneau solaire, dès lors que les seuils de tolérance de tension (V) et de courant nominal (A) du régulateur sont respectés [32].

I .14 Etapes de charge d'un contrôleur de charge :

Cette technologie de charge moderne permet à une batterie d'être chargée rapidement sans risque en trois phases, voir la figure I.10

14.a Etape de charge à courant constant (Bulk) :

Dans cette étape, la batterie accepte tout le courant fourni par le panneau solaire. Au cours de la phase bulk du cycle de charge, la tension augmente progressivement jusqu'au niveau d'absorption pendant que les batteries consomment le courant maximum. Lorsque le niveau de tension absorption est atteint, la phase d'absorption commence [9].

14.b Etape de charge à tension constante (Absorption) :

Pendant cette phase, la tension est maintenue constante pendant une durée, tandis que le courant diminue progressivement à mesure que les batteries se chargent. Cela évite une surchauffe excessive et un dégazage excessif de la batterie. Pendant que la batterie se charge complètement, le courant diminue à des niveaux sécuritaires [9].

14.c Etape d'entretien (Float) :

Lorsque la batterie est entièrement chargée, elle passe au niveau de Float entraînera une charge de maintenance très faible tout en diminuant le chauffage et les émissions de gaz d'une batterie entièrement chargée. En cas de recharge totale de la batterie, il n'y a plus de réactions chimiques et tout le courant de charge est converti en chaleur et en gazage. L'objectif du flotteur est de préserver la batterie des surcharges à long terme. Une fois la phase d'absorption terminée, la tension est réduite au niveau optimal [9].

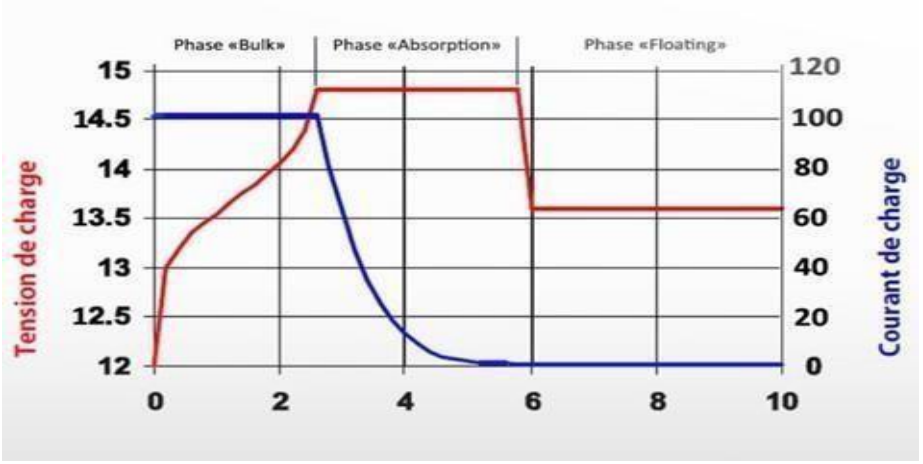

Figure I.10: Etapes de charge d'un contrôleur de charge [9].

I.15 Conclusion :

Ce chapitre vise à explorer et étudier les systèmes photovoltaïques (PV), en mettant en lumière leurs principes de fonctionnement, les différents types de systèmes PV disponibles, ainsi que les éléments essentiels et indispensables tels que les modules PV, les batteries et les régulateurs de charge solaire. Notre recherche se concentre particulièrement sur la conception et la réalisation d'un régulateur de charge solaire MPPT en présentant les techniques de commande d'un MPPT qui est nécessaires pour qu'un système PV fonctionne à sa puissance maximale même pour des variations météorologique ou de la charge, les détails seront dévoilés dans le deuxième et troisième chapitre.

Chapitre II

Description des logiciels et composants électronique

Chapitre II Description des logiciels et composants électronique.

II.1 Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'étude des différents composants électroniques et les différents logiciels utilisés pour la conception d'un régulateur de charge de type MPPT. Comme ce régulateur est un hacheur de type Buck nous examinerons divers types de hacheurs nous concentrerons notre étude sur le principe de fonctionnement d'un hacheur Buck et des différents composants le constituant.

II.2 Arduino :

L'Arduino est un circuit imprimé composé de plusieurs composants électroniques complémentaires qui facilite la programmation et l'interfaçage avec d'autre circuit, basé sur un microcontrôleur 8bits Atmega328 de la famille du fabriquant ATMEL AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C. Chaque module Arduino contient 14 entrées /sorties numériques ,6 entrées analogiques avec un convertisseur Analogique/Numérique de 10 bits de résolution, un connecteur ICSP (In_Circuit Serial Programing) qui permet la programmation du microcontrôleur sur le circuit sans avoir à l'enlever, un régulateur de tension de 5V ainsi qu'un oscillateur à quartz de 16 MHz (figure. II-1) [12].

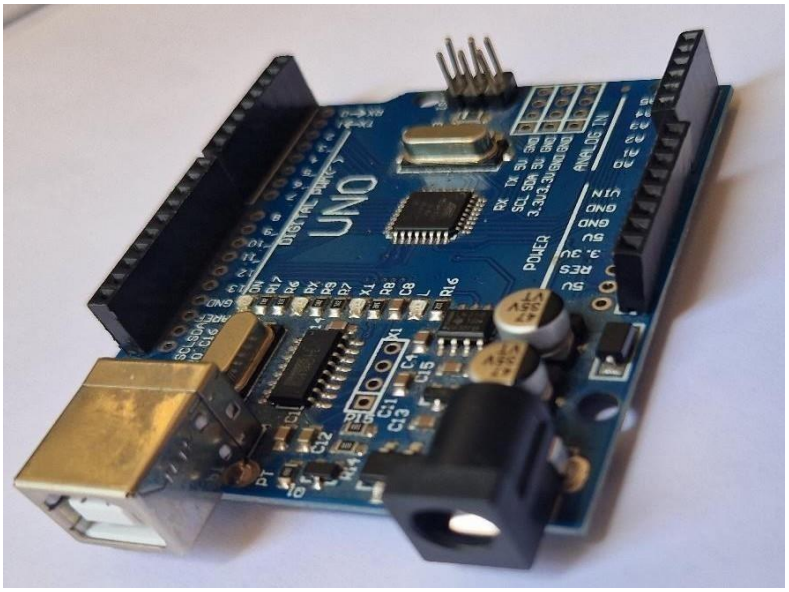

Figure .II.1 : Carte Arduino.

II.3 Différents type de la carte Arduino :

Étant un projet plutôt qu'un modèle de carte électronique spécifique, Arduino se décline en diverses tailles, couleurs et formes, Chaque type d'Arduino vise un objectif spécifique et se distingue par des caractéristiques variées telles que le nombre de broches, le modèle de microcontrôleur, ou encore les dimensions de la carte. De plus, le coût de chaque modèle varie (figure. II-2**)**.

Figure. II-2 : Différents types de carte Arduino [25].

II.4 Logiciel Arduino :

Le logiciel Arduino et le langage de programmation Arduino sont publiés sous licence open source, permettant aux développeurs expérimentés de les compléter. Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java, libre et multiplateforme, (fonctionnant sur tous les systèmes d'exploitation). Le langage utilisé est basé sur le C et le C++, enrichi de fonctions et de bibliothèques spécifiques à Arduino pour la gestion des entréeset des sorties. Ce langage permet aux utilisateurs d'écrire un ensemble d'instructions, ou code source, qui sont converties en langage machine par un compilateur. Le programme est ensuite transféré via une liaison série. L'exécution du programme se déroule de manière séquentielle. L'IDE de l'Arduino est montré par la figure.II.3.

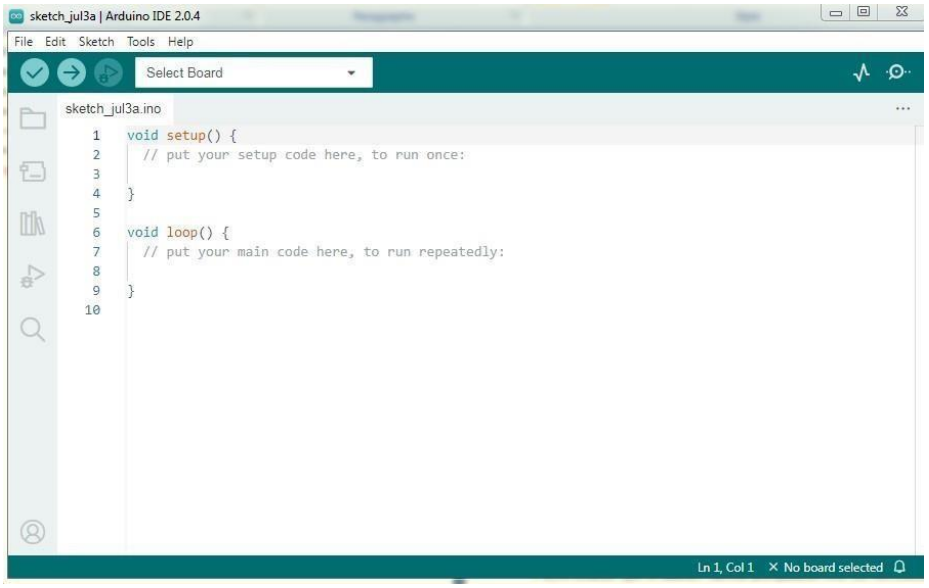

Figure. II .3 : L'interface principale de l'IDE Arduino au démarrage.

II.5 Logiciel ISIS Proteus :

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique développé par la société Labcenter Electronics. C'est un outil de conception assistée par ordinateur (CAO) et de simulation de circuits électroniques (figure.II-4). Il permet aux utilisateurs de concevoir, de simuler et de tester des circuits électroniques et pour éditer des schémas électriques ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception.

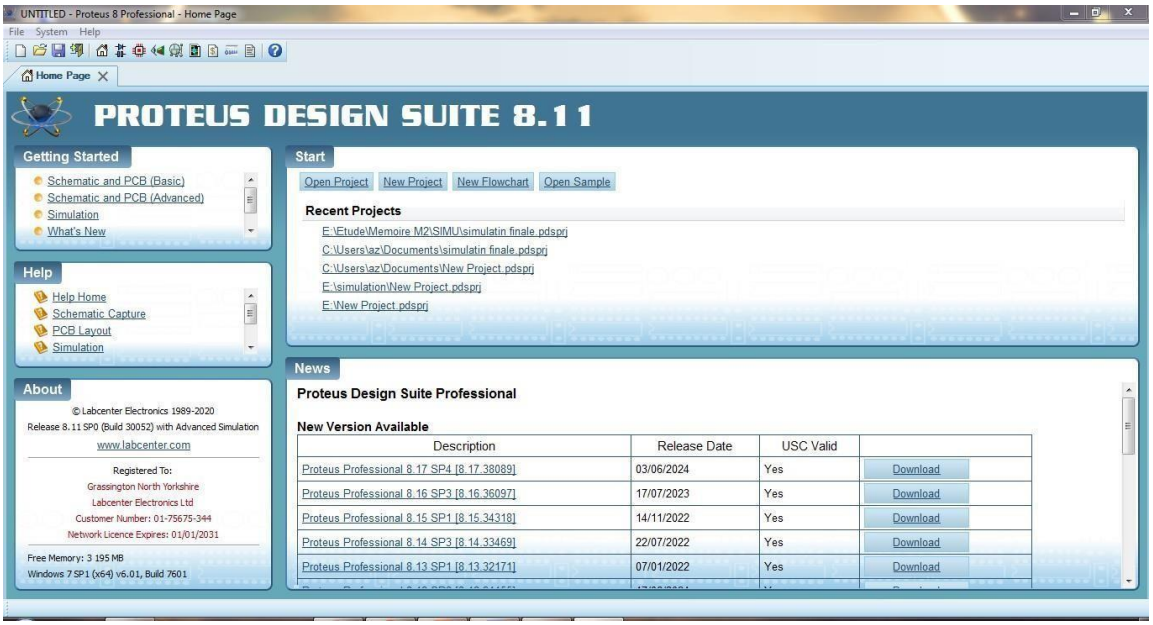

Figure. II.4 : Interface du logiciel Proteus.

II.6 Généralité sur les hacheurs :

Le hacheur est un convertisseur statique continu-continu utilisant essentiellement des interrupteurs électroniques unidirectionnels (utilisant des composants à semi-conducteurs comme des transistors ou des MOSFET) permettant de contrôler rapidement l'ouverture ou la fermeture d'un circuit électrique de puissance afin de modifie le niveau de tension d'une source de courant continu en une autre valeur de tension continue. Ces interrupteurs, permettent de découper la tension d'entrée pour produire une tension de sortie ajustée en utilisant des éléments de stockage d'énergie tels que des inducteurs et des condensateurs [13].

Il existe différents types de hacheurs, classifiés principalement selon leur fonctionnement et la configuration de leur circuit :

6.a Hacheur Boost :

Le convertisseur Boost, également connu sous le nom de hacheur shunt, est un convertisseur statique qui élève efficacement la tension d'entrée à une tension de sortie supérieure. Ce dispositif intègre un inducteur placé en série avec un interrupteur et une diode. Lorsque l'interrupteur est fermé, l'inducteur stocke de l'énergie à son ouverture, l'énergie accumulée est ajoutée à la tension d'entrée, augmentant ainsi la tension globale fournie à la charge. En plusde ces composants, le circuit comprend une inductance pour le lissage du courant et un condensateur pour le filtrage de la tension, garantissant ainsi une alimentation stable et ajustable en sortie. Le schéma équivalent d'un hacheur Boost est schématisé par la figure.II-5 [13].

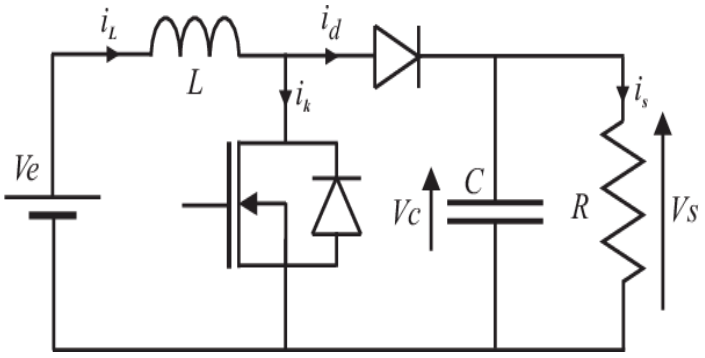

Figure. II-5 : Schéma équivalent d'un convertisseur Boost[28].

6.b Convertisseur Buck-Boost :

Le convertisseur Buck-Boost, également connu sous le nom de convertisseur abaisseur-élévateur. Il présente donc une sorte d'un transformateur hybride, est un type de hacheur continu-continu qui peut abaisser ou élever la tension d'entrée pour fournir une tension d'entrée/sortie ajustée selon les besoins spécifiques de l'application. Cette polyvalence le rend particulièrement utile dans les situations où la tension de la source d'alimentation peut varier, tout en nécessitant une tension de sortie stable et contrôlée (voir figure.II-6) [14].

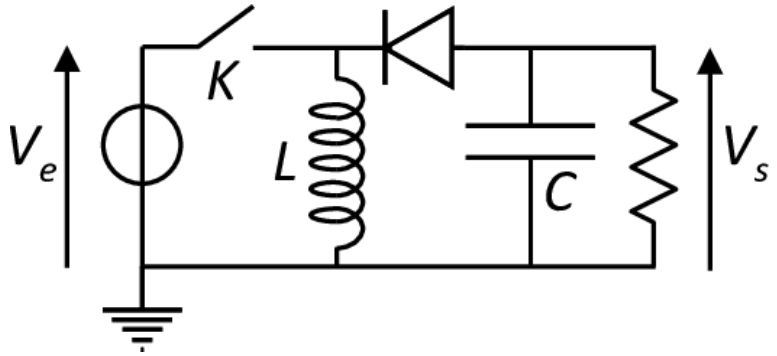

Figure. II-6 : Schéma équivalent d'un convertisseur Buck-Boost[29].

6.c Principe de fonctionnement du convertisseur Buck :

Le commutateur S est généralement un MOSFET. Le contrôleur qui apparaît dans la figure. (II. 7**)** contrôles la tension appliquée à la grille via un driver de grille appropriée qui, pour faire simple, ouvre et ferme l'interrupteur.

Plus la durée d'activation de l'interrupteur est prolongée, plus la tension de sortie augmentera par rapport à la tension d'entrée.

Le réseau de sortie (inducteur L) peut être considéré comme un filtre passe-bas destiné à réduire les harmoniques de commutation tout en stockant l'énergie lorsque l'interrupteur est éteint.

Une diode de redressement D est utilisée dans le cas où l'interrupteur serait ouvert et où l'énergie est stockée dans l'inducteur.

Enfin, la tension de sortie est détectée par le contrôleur via un réseau de retour RFB1 et RFB2 comme le montre la figure. (II-7) et comparée à une référence interne. Cela permet au contrôleur de fonctionner avec une commande en boucle fermée.

La figure. (II-7) représentent le schéma d'un convertisseur Buck et son principe de fonctionnement [26].

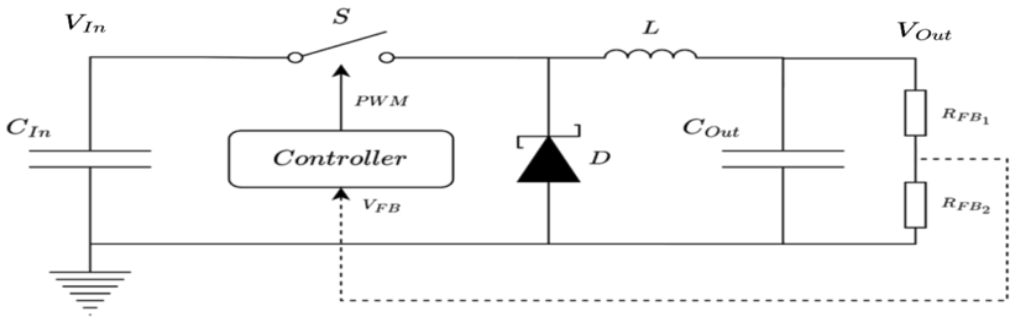

Figure. II.7 : Schéma expliquant le fonctionnement du convertisseur Buck [26].

II.7 Principaux composants d'un convertisseur Buck :

Un convertisseur Buck se compose de plusieurs composants électroniques dont les plus essentiels sont :

7.a Transistor de type MOSFET :

Le Transistor à Effet de Champ à Métal Oxyde Semi-conducteur MOSFET acronyme anglais de « Metal Oxyde Semi-conducteur Field Effect Transistor » à sa grille isolée du canal par une couche de dioxyde de silicium (SiO2). Pour pouvoir contrôler le courant qui le traverse. Ce transistor ce compose de trois couche principale, la première est la source (S) d'où le courant entre dans le transistor, la deuxième est le drain (D) d'où le courant sort, la troisième est la grille (G) contrôle le flux de courant entre la source et le drain. On distingue deux types de MOSFET : MOSFET à canal N et MOSFET à canal P comme le montre (la figure.II-8) [15].

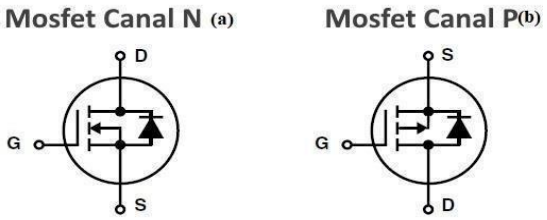

Figure. II-8 : Transistor MOSFET Canal N (a) - Canal P (b) [27].

7.b Les diodes :

Les diodes sont des composants utilisés en électronique de puissance, soit dans les circuits appelés redresseurs (diode redresseuse), soit dans les circuits de régulation pour les blocs d'alimentations (diode Zener). Les diodes ont une polarité déterminée par une anode (Positif) et une cathode (négatif). Elle agit comme une valve qui permet au courant de circuler dans une seule direction en bloquant le flux dans l'autre direction voir figure(II.9) [16].

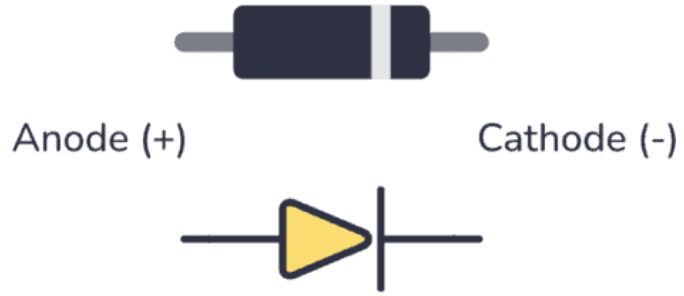

Figure. II .9 : symbole électronique d'une diode **[**29].

7.c L'inductance (Bobine) :

Une bobine est un élément électronique composé d'un fil conducteur enroulé. Les bobines servent à générer une impulsion à haute tension (moteur électrique), ou à filtrer (amplificateurs audio ou enceintes) lorsqu'elles sont associées à d'autres composants [30].

Figure. II.11 : Une bobine [30].

7.d Condensateurs :

Un condensateur est un élément électronique composé de deux électrodes conductrices, séparées par un isolant polarisable (ou diélectrique). Le condensateur possède la capacité de stocker des charges électriques opposées sur ses deux armatures, ce qui lui permet de stocker de l'énergie. [30] Figure. II-12.

Figure. II.12 : Condensateur [30].

II.8 Ecran à cristaux liquides :

LCD est l'abréviation du terme anglais (Liquid Crystal Display) qui signifie en français (Ecran à cristaux liquides). Un écran à cristaux liquides est un écran utilisant un mode d'affichage numérique où les cristaux liquides sont soumis à un courant électrique transmettant ainsi des informations utiles d'un système à fin d'être exploiter par l'utilisateur Les écrans à cristaux liquides utilisent la polarisation de la lumière par des filtres polarisants et la biréfringence de certains cristaux liquides en phase nématique, dont on peut faire varier l'orientation en fonction du champ électrique (Voir figure. II .13) [17].

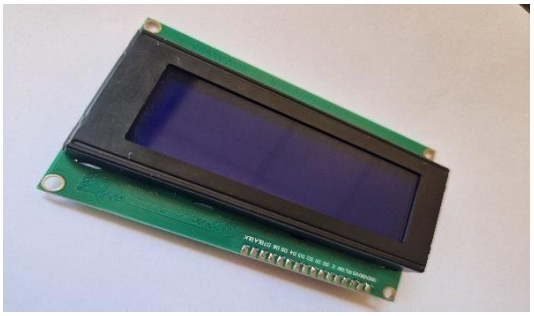

Figure. II.13 : Ecran LCD.

II.9 Module I2C (Inter Integrated Circuit):

En utilisant le protocole de communication I2C, le module I2C est un circuit imprimé qui facilite la connexion entre un écran LCD et un microcontrôleur. En fonction de l'écran LCD utilisé, il est connecté à l'écran LCD à l'aide d'un connecteur à 16 broches ou 20 broches [31].

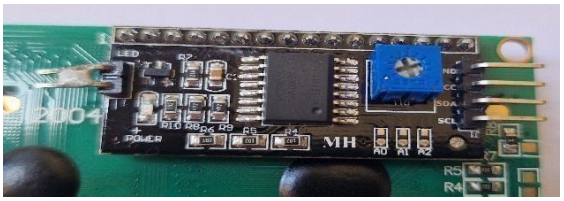

Figure. II.14 : Module I2C

II.10 Capteur de courant :

Il existe différents types de capteurs de courant qui permettent de mesurer l'intensité électrique le long d'un fil électrique en détectant le champ magnétique créé par le passage du courant électrique.

II.11 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les étapes les plus importantes de conception et de dimensionnement de notre régulateur de charge (les différents composants, logiciels). Nous avons présenté par la suite les types de convertisseur DC-DC et détaillé le rôle de chaque composant dans le convertisseur Buck utilisé dans le cadre de notre projet. Ceci va nous permettre d'entamer la phase de la réalisation pratique de notre projet pour valider et tester le bon fonctionnement du système complet.

Chapitre III

Simulation et réalisation du régulateur de charge.

III.1 Introduction :

D'après le dimensionnement des différents constituants du convertisseur Buck dans le chapitre précédent, Nous allons faire une simulation de différentes étapes de régulateur de charge MPPT en utilisant une carte Arduino type Nano et le logiciel de simulation ISIS-PROTEUS, et nous terminerons avec une réalisation pratique des circuits électronique correspondants.

III.2 Choix des composants électroniques utilisés :

Dans ce chapitre on va montrer les choix des composants électroniques utilisé et leur caractéristique :

2. a Carte Arduino Nano:

Il existe plusieurs et différents carte Arduino comme c'est déjà mentionner dans le chapitre précédent et pour notre réalisation on a utilisé la carte Arduino Nano car cette carte est souvent privilégiée pour sa taille compacte, son prix abordable et sa facilité d'utilisation dans les projets où l'espace et le budget sont des facteurs importants (voir la figure III.1).

a.1 Les caractéristiques de la Nano:

- Alimentation:
  - via port USB ou
  - 5 Vcc régulée sur broche 27 ou
  - 6 à 20 Vcc non régulée sur broche 30
- Microprocesseur: ATMega328
- Mémoire flash: 32 kB
- Mémoire SRAM: 2 kB
- Mémoire EEPROM: 1 kB
- Interface:
  - 14 broches d'E/S dont 6 PWM
  - 8 entrées analogiques 10 bits
  - bus série, I2C et SPI
- Intensité par E/S: 40 mA
- Cadencement: 16 MHz

- Gestion des interruptions
- Fiche USB: mini-USB
- Boîtier DIL30
- Dimensions: 45 x 18 x 18 mm

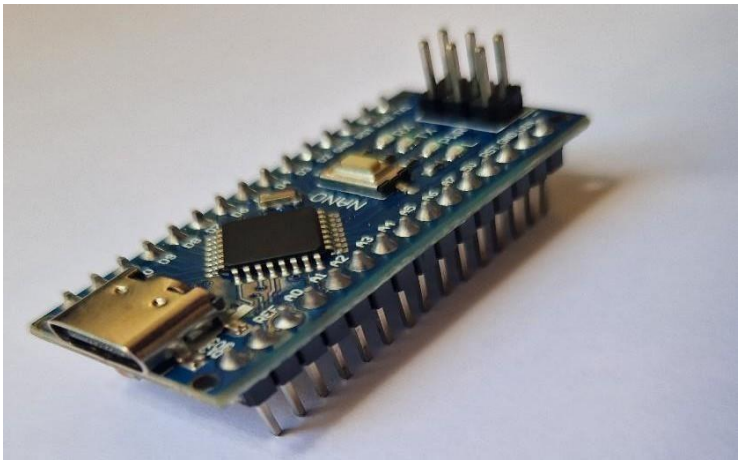

Figure III.1 : Carte Arduino Nano.

2. b Caractéristique de la batterie choisie:

Batterie UNIROSS 9V rechargeable (voir figure III.2).

-Classification: Nickel Métal Hydrure NiMH

-Tension nominale : 8,4 V

-Capacité nominale : 200 mAh

-Capacité minimale : 190 mAh

-Charge standard : 19 mA × 16 h

-Dimensions Hauteur : 48,5 mm, Largeur : 26,2 mm, Profondeur : 17 mm

- Utilisations courantes : détecteurs de fumée, jouets et jeux numériques, jouets radiocommandés, outils, torches, lampes de poche, appareils numériques dont radios, horloges, alimentation de secours, etc.

Figure III.2 : Batterie 9V uniross.

2. c. La source de tension (simulation du panneau) :

Alimentation polyvalente et puissante de tensions continues et alternatives pour écoles, laboratoires et ateliers.

Caractéristiques techniques

- Gamme de tension continue 0,05..18 V
- Ondulation < 5 mV
- Limite de courant réglable 0...5 A
- LED pour fonctionnement à courant continu.
- Résistance aux courts-circuits et protection contre les tensions aléatoires.
- Gamme de tension alternative 2/4/6/8/10/12/15V / 5 A
- Douilles disposées en demi-cercle avec cavalier enfichable imperdable.
- Toutes sorties libres de terre et de masse.
- Capacité de pleine charge (5A), même sous charge de CC simultanée.
- Protection contre les court-circuits par disjoncteur 10 A.
- Toutes sorties sur douilles 4 mm de sécurité.
- Puissance absorbée 295 VA
- Tension d'alimentation 230 V

- Interrupteur principal et témoin d'alimentation.
- Boîtier empilable en plastique antichoc avec poignée et pied escamotable.
- Dimensions (mm) 230 x 236 x 168

Figure III.3 : Source de tension variable.

2. d LCD I2C 20×4 :

Nous avons choisi l'écran LCD avec le module I2C pour afficher les résultats de notre réalisation ainsi que de minimiser les nombres de broches a utilisé dans la carte Nano

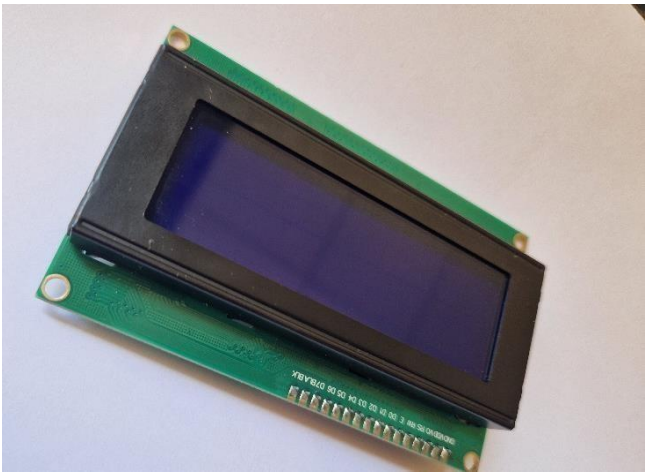

Figure III.4 : Ecran LCD I2C 20×4.

2. e Capteur de courant a effet hall ACS712 / 5A :

Nous avons utilisé le capteur de courant ACS712ELC-5A montré sur la Figure (III.5), qui mesure le courant allant de - 5A à + 5A.

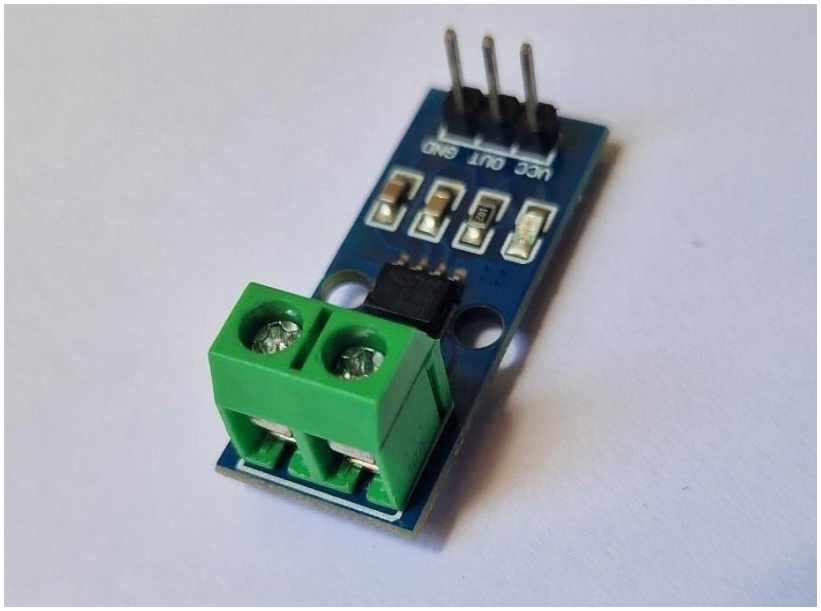

Figure III.5 : Capteur ACS712.

2. f Inductance :

On a choisi une inductance de puissance toroïdale de plomb TC5026-330 M 33Uh 5026 3A. Voir la figure III-6:

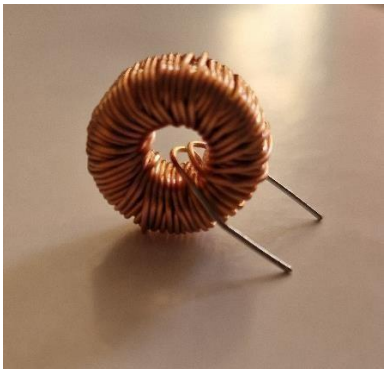

Figure III.6 : Bobine 33uH

2. g Condensateur :

Dans ce circuit on a utilisé deux condensateurs un avec une charge de 35V et 470uF, l'autre avec une charge de 25V et 470uF voir la figure suivante :

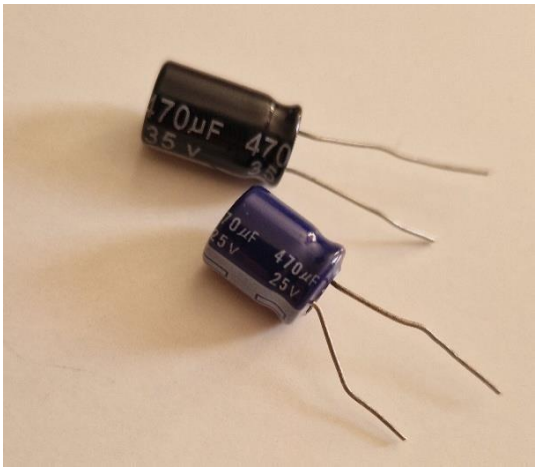

Figure III.7 : Condensateur 470uF.

2. h Un MOSFET :

On a choisi un MOSFET connu sous le nom IRFZ44 de type Canal N :

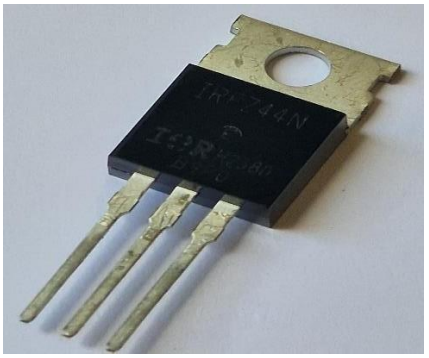

Figure III.8 : IRFZ44N.

2. i Transistor Bipolaire :

Il permet notamment le redressement, la modulation ou l'amplification des signaux électriques.

On a utilisé deux transistors Bipolaires :

Afin de bien moduler les signaux envoyés par la carte Nano dans notre circuit nous avons choisi deux transistors bipolaires supplémentaires de type bc557 et bc547 comme montrer ci-dessous

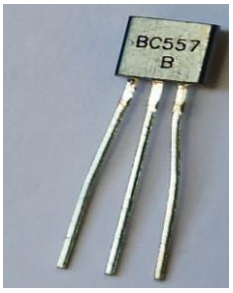

Figure III.9: Transistor de type BC557.

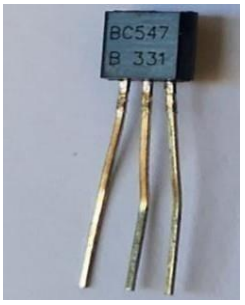

Figure III.10 : transistor de type BC547.

2. j Convertisseur abaisseur RC Mini 360 Buck 1.8 A :

Ce convertisseur Buck cc-cc consiste à alimenter la carte Arduino Nano à une tension fixe5V.

Les caractéristiques de ce convertisseur sont les suivantes :

-Propriétés du Module: module abaisseur Non isolé (BUCK).

-Rectification: rectification Synchrone.

-Tension d'entrée: cc 4.75V-23V.

-Tension de sortie: cc 1.0V-17V (réglable, sortie <entrée).

-Courant de sortie: courant nominal 1.8A (3A MAX)

-Efficacité de Conversion: 96% (la plus élevée).

-Fréquence de commutation: 340KHz.

-Ondulation de sortie: 30mV (à vide).

-Régulation de charge: ± 0.5%font.

-Régulation de tension: ± 2.5%.

-Température de fonctionnement: industriel (-40 ~ + 85).

-Pas de protection contre le court-circuit.

-Ne peut pas être inversé faut respecter la polarité

-dimensionnement 22mm * 17mm * 4mm (L * W * H).

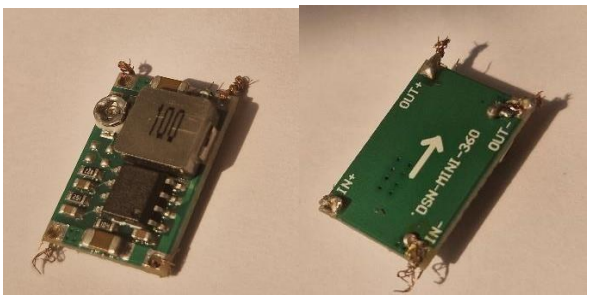

Figure III.11 : Convertisseur RC Mini 360 Buck 1.8 A.

2. k. fusible temporise miniature soudable 2A 250V:

Pour protéger notre circuit contre les surcharges électriques nous avons choisis ce fusible avec ses caractéristiques:

- Courant Max (2A), tension (250 V), dimensions (3x10mm), température de fonctionnement (-55°C à +125°C).

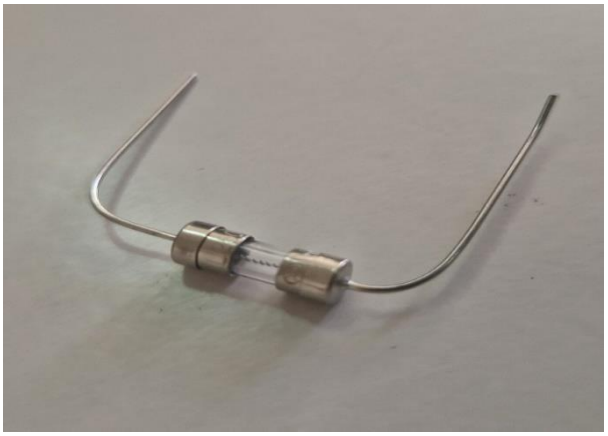

Figure III.12 : Fusible temporise miniature soudable 2A 250V

III.3 Partie simulation:

Avant de passer à la réalisation de notre projet on a opté pour une simulation du schéma électrique sur le logiciel ISIS PROTEUS, pour pouvoir vérifier le bon fonctionnement de notre régulateur de charge et éviter le risques d'abimer les composants électroniques car ils sont chers, les figures suivantes montrent les différentes parties de la simulation en détail.

3.a Choix du capteur de tension de panneau photovoltaïque:

Le microcontrôleur ATmega328 dispose d'un convertisseur analogique-numérique, ce qui lui permet de mesurer la tension. Cependant, la tension à la sortie du panneau solaire varie de 0 à 18 volts, ce qui dépasse le seuil du microcontrôleur ATmega328 de 5 volts. Une tension supérieure à cette dernière peut l'endommager. Un capteur de tension doit être utilisé pour détecter la tension maximale du panneau solaire, et le réduire comme tension de seuil du microcontrôleur (Figure III.13) [3].

$$V_{OUT} = \frac{R1}{R1+R2} \times V_{PV} \qquad \text{(III.10)}$$

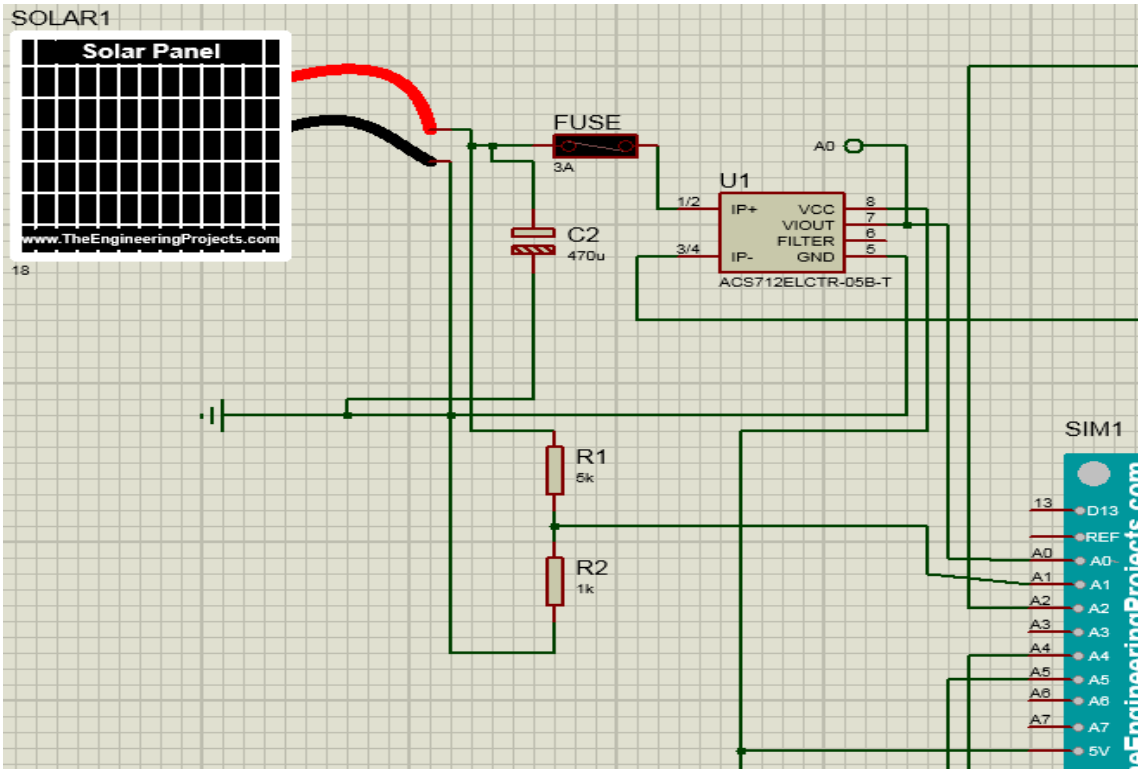

Figure III.13: Schéma de pont de deviseur de tension de PV

La figure III.14 montre le code Arduino utilisé pour calculer et suivre la tension délivré par le panneau photovoltaïque d'une manière continu.

```
float get_solar_voltage(int n_samples)
{
  float voltage = 0;
  for (int i = 0; i < n_samples; i++)
  {
    voltage += (analogRead(solar_voltage_in) * (5.0 / 1023.0) * 6);
  }
  voltage = voltage / n_samples;
  if (voltage < 0) {
    voltage = 0;
  }
  return (voltage);
}
```

Figure III.14: Code Arduino pour convertir la tension du PV

Tel que : Vpv = 18V et Vout ≤ 5V

3.b Choix du capteur de tension de la batterie :

Afin de protéger la batterie d'une surcharge ou d'une décharge profonde, la valeur exacte de sa tension doit toujours être connue. Pour cela, un capteur de tension est utilisé pour détecter la tension de la batterie. Un circuit diviseur de tension est alors met en œuvre de la même manière qu'avec les panneaux PV. La figure III.15 montre le diviseur de tension utilisé côté batterie [3].

$$V_{OUT} = \frac{R3}{R3 \times R4} \times V_{BAT} \qquad \text{(III.11)}$$

Tel que : V_{BAT}= 9V et Vout ≤ 5V

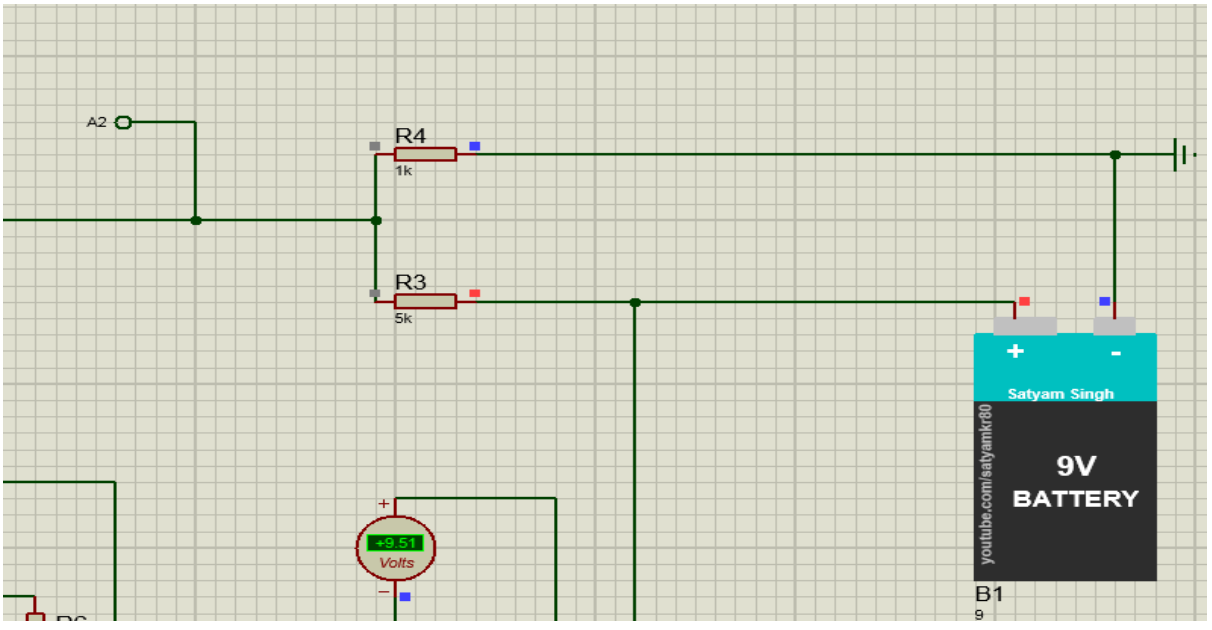

Figure III.15: Schéma de pont deviseur de tension de la batterie.

La figure III.16 montre le code Arduino utilisé pour calculer et suivre la tension de la batterie d'une manière continue.

```
float get_battery_voltage(int n_samples)
{
  float voltage = 0;
  for (int i = 0; i < n_samples; i++)
  {
    voltage += (analogRead(battery_voltage_in) * (5.0 / 1023.0) * 5.6);
  }
  voltage = voltage / n_samples;
  if (voltage < 0) {
    voltage = 0;
  }
  return (voltage);
}
```

Figure III.16: Code Arduino pour convertir la tension de la batterie

3.c Les connexions du capteur ACS712:

La figure (**III.17**) et le tableau ci-dessous montre les branchements des pins du capteur courant.

Tableau III.2. : Branchement des pins du capteur courant.

Pins d'entrée du capteur acs712	Pins de sortie
IP+	Borne +panneau
IP-	Entrée du Buck
VCC	5V
GND	GND
VOUT	A0

La figure II.17 montre le branchement du notre capteur en détail dans le logiciel Proteus.

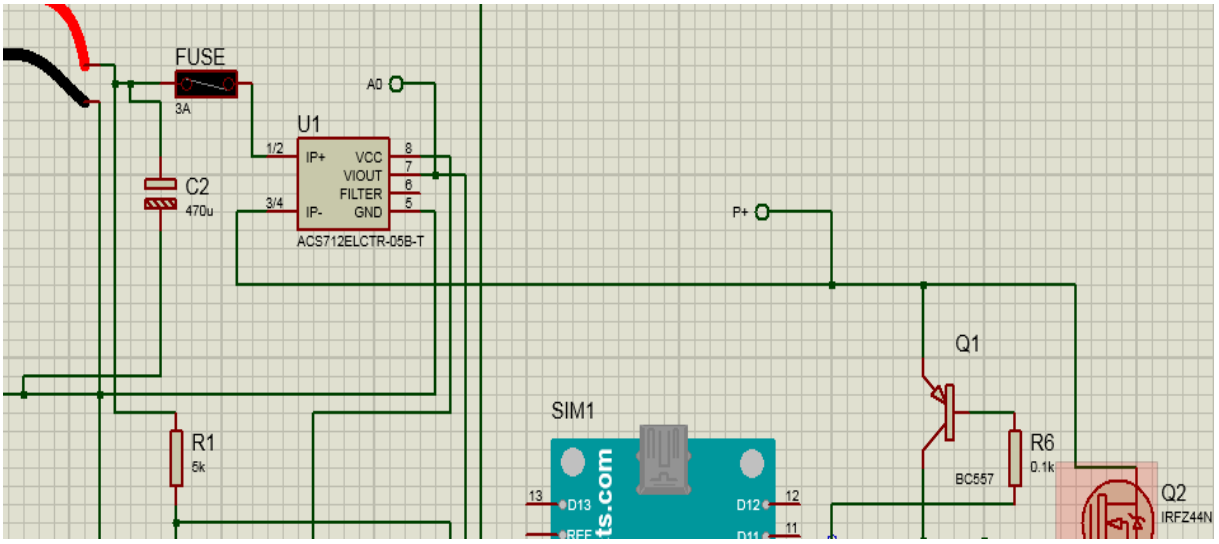

Figure III.17: schéma des connexions des pins des capteurs de courant

```
float get_solar_current(int n_samples)
{
  float Sensor_voltage;
  float current = 0;
  for (int i = 0; i < n_samples; i++)
  {
    Sensor_voltage = analogRead(solar_current_in) * (5.0 / 1023.0);
    current = current + (Sensor_voltage - 2.5) / current_factor;
  }
  current = current / n_samples;
  if (current < 0) {
    current = 0;
  }
  return (current);
}
```

Figure III .18: code Arduino pour le capteur ACS712 5A.

3.d Les connexions LCD:

Le tableau ci-dessous montre les branchements des pins de l'écran LCD I2C.

Tableau III.2. : Branchement des pins de l'écran LCD.

Pins LCD I2C	Pins de sortie
VCC(VSS)	5V
GND(VDD)	GND
SCL	A5
SDA	A4

La figure suivante montre les connexions de LCD en détail dans le logiciel Proteus.

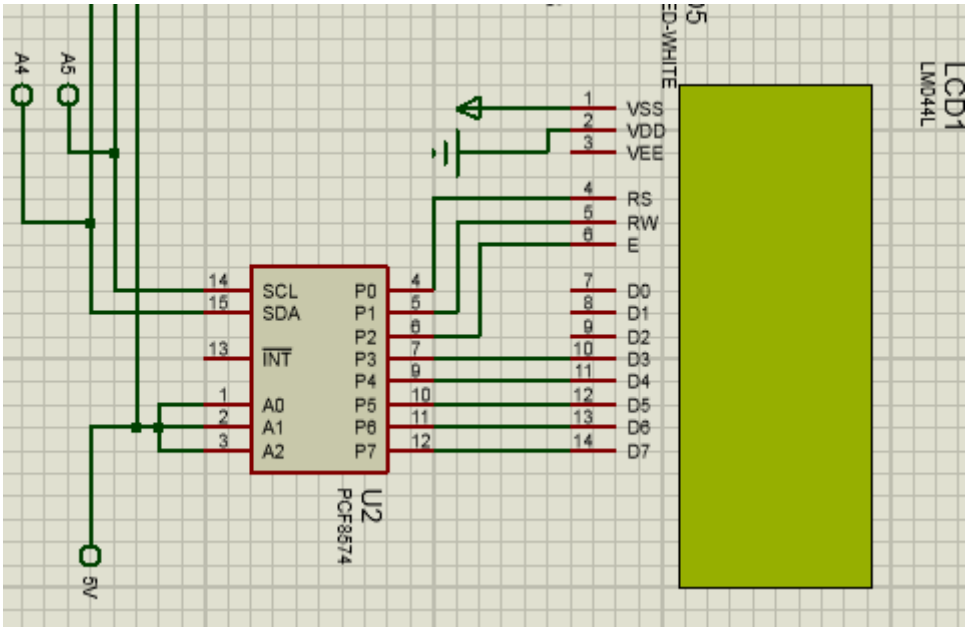

Figure III.19: schéma des connexions des pins LCD I2C.

3.e Connexions du convertisseur Buck :

La figure III.20 nous montre le branchement des différents composants constituant notre convertisseur BUCK avec l'Arduino, tels que les transistors, MOSFET, bobine, diode, capacité et les résistances,...etc.

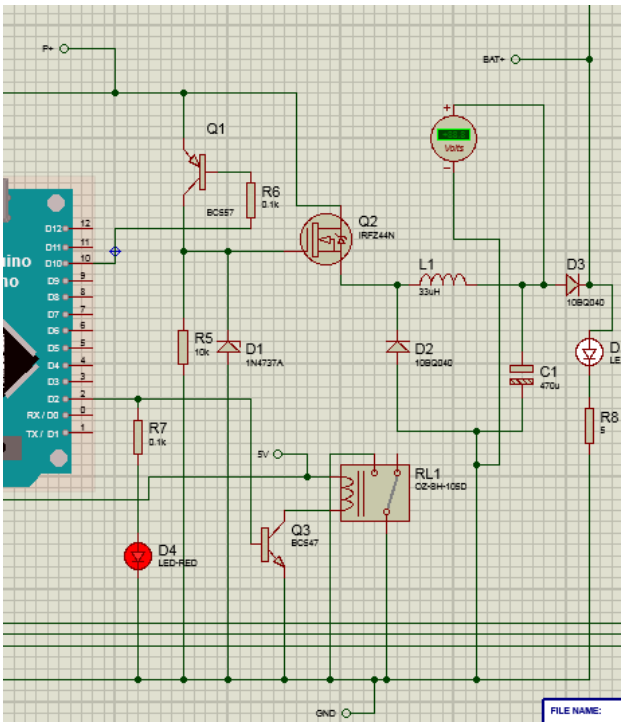

Figure III.20: Schéma des connexions du convertisseur Buck.

III.4 Schéma finale de la simulation:

La figure suivante présente le schéma finale de la simulation du régulateur de charge MPPT pour les générateurs PV.

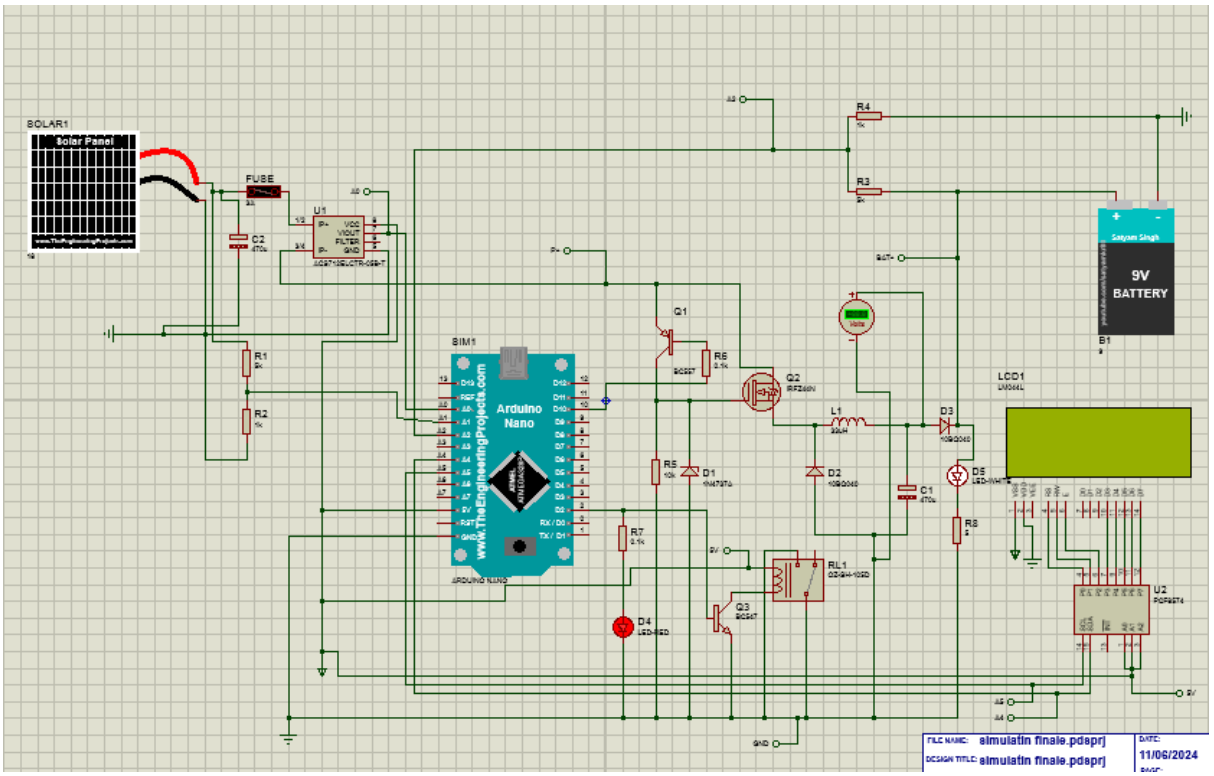

Figure III.21: Finale de la simulation sur PROTEUS

III.5 Description du programme ARDUINO:

Le programme associé à notre carte Arduino est décrit dans l'annexe et il est écrit en langage C à l'aide d'un outil de développement "Arduino IDE".

III.6 Résultat de simulation:

Les résultats obtenus sont montrés par les figures (III.22), (III.23), (III.24). On observe sur le LCD, qu'une tension d'entrée de 18 Volts a été réduite avec un rapport cyclique α d'environ 50%. Cela justifié la validité du l'algorithme utilisé.

La figure III.22 nous montre les résultats de la simulation de notre MPPT en mode bulk sur le logiciel Proteus. Comme on peut voir LCD la batterie se charge avec un courant de charge de 0,48 ampères quirespecte le seuil maximum imposé dans notre algorithme.

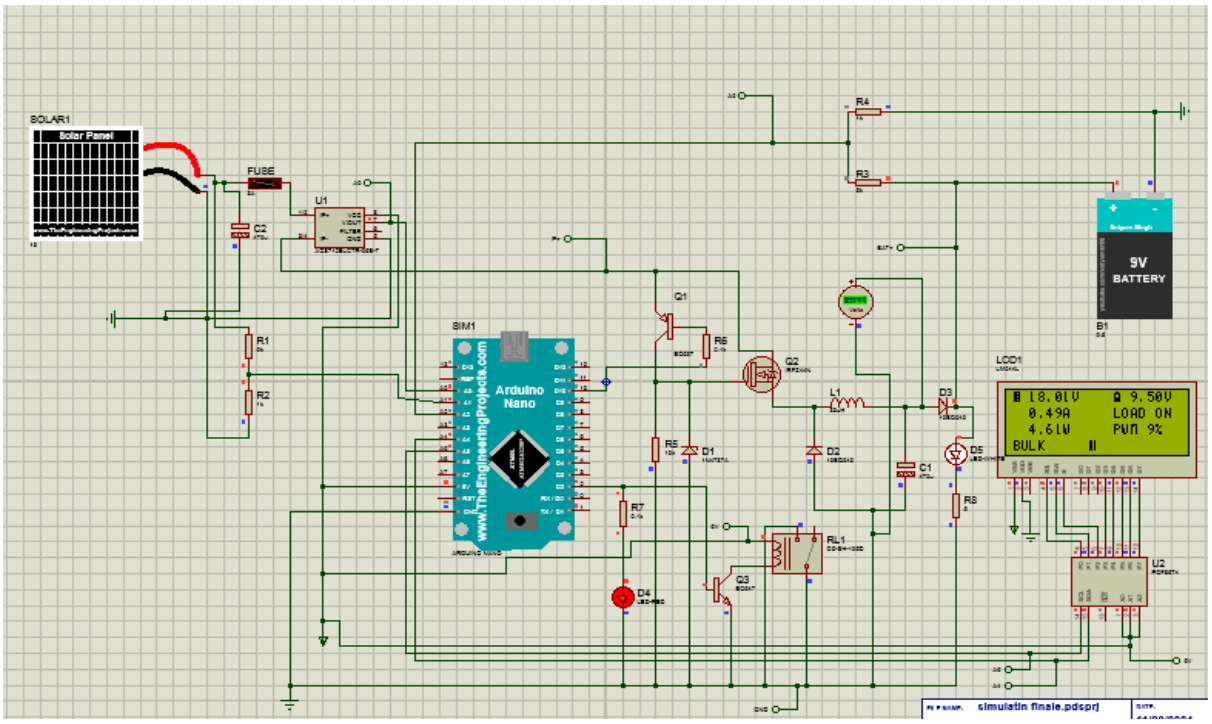

Figure III.22: Simulation du schéma en mode bulk.

La figure suivante montre les résultats de simulation en mode absorption, dans cette étape la charge de la batterie est presque au maximum entre 80 et 100 %, le voltage reste constant a une valeur maximale supporté et le courant va diminuer progressivement comme nous avons déjà expliqué.

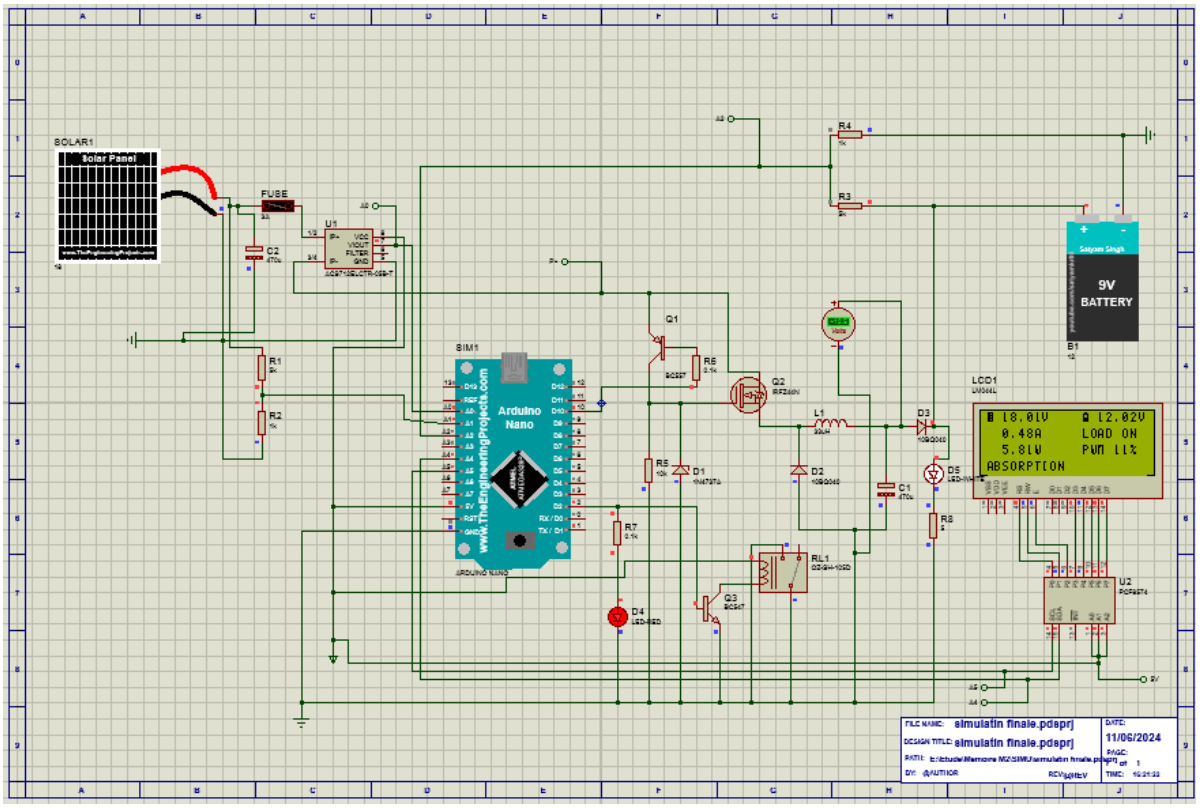

Figure III.23: Simulation de la batterie en mode absorption.

Quand la batterie est sous tension ou bien décharger comme la montre la figure II.24, L'état de charge va passer en mode bulk pour que la batterie se charge rapidement. Ainsi que l'algorithme va arrêter la décharge de la batterie pour la protéger contre tes décharges excessive comme la montre LCD (load off) ainsi que la led témoin qui sait qui s'éteignit.

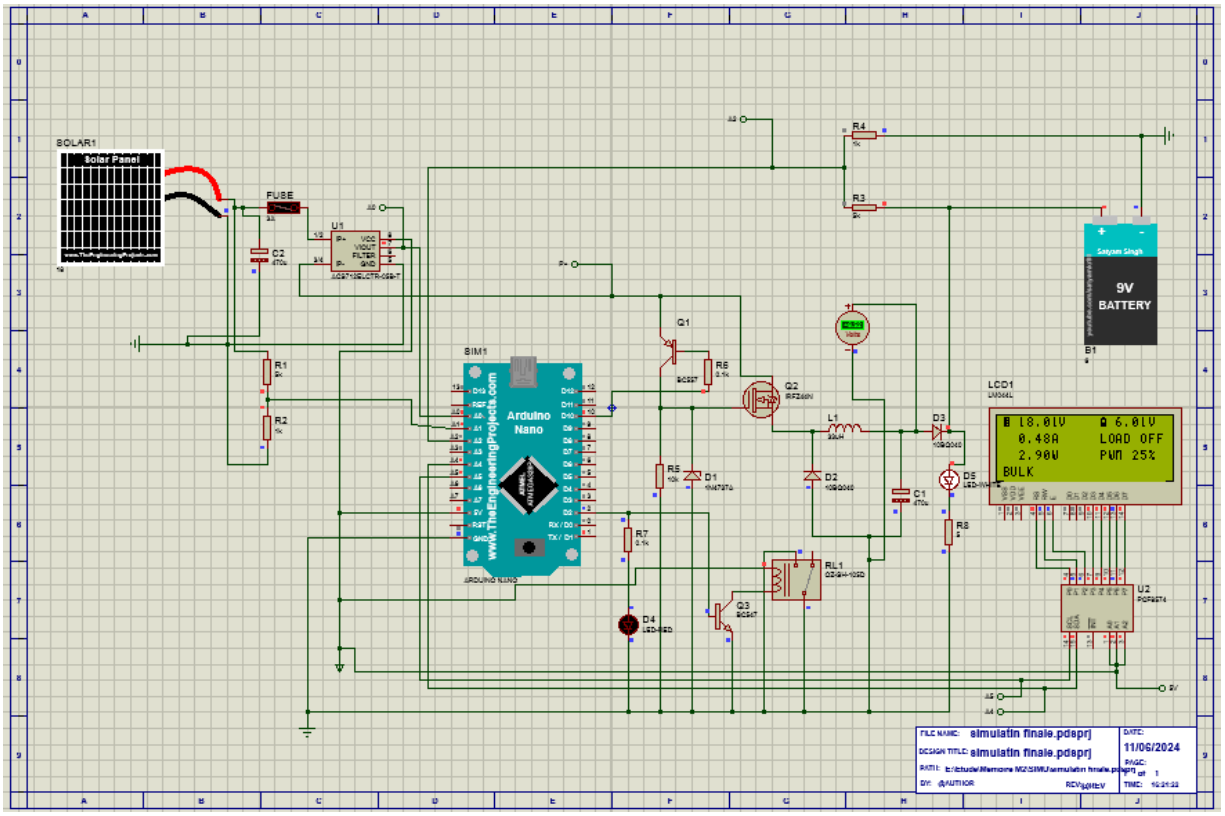

Figure III.24: Simulation avec batterie sous tension.

III.7 Partie Pratique :

Pendant la réalisation pratique nous avons utilisé un générateur de tension variable pour simuler le panneau à cause d'indisponibilité de ces derniers. La figure III.25 représente notre projet sur une plaque d'essai.

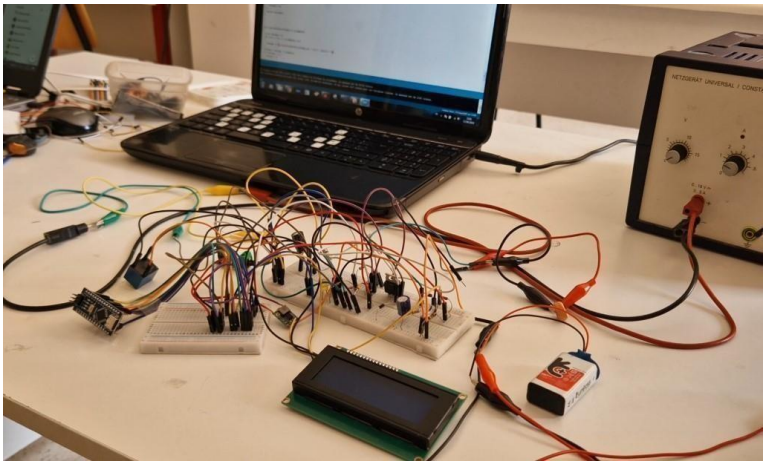

Figure III 25: Réalisation finale de notre projet

Après le branchement de la batterie à charger et de générateur de tension avec notre circuit nous avons obtenues les résultats suivants que nous avons pris en photos, voir les figures (III.26, III.27, III.28):

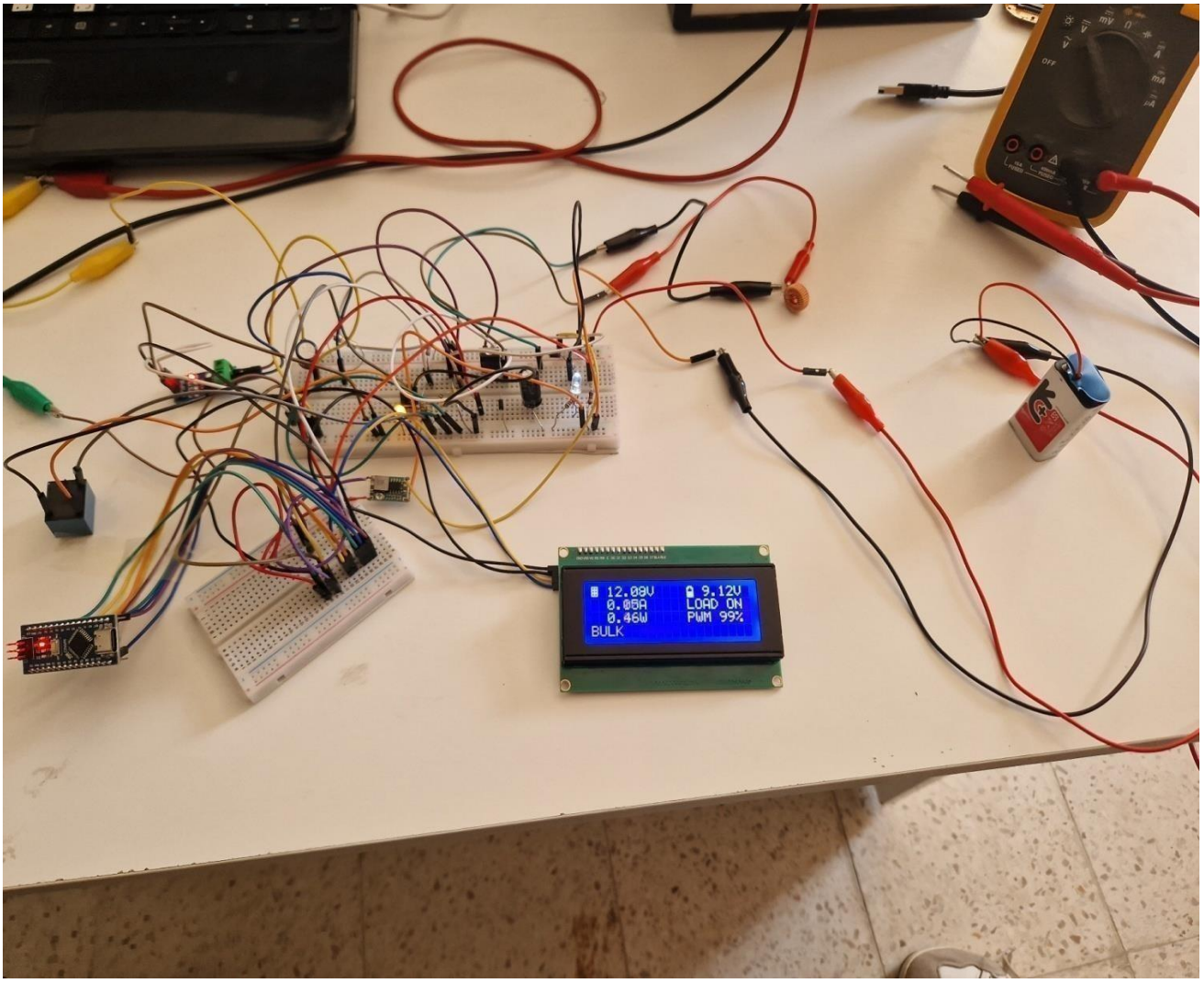

Figure III.26: Résultat de l'essai pratique (mode Bulk).

La figure III.27 montre que notre batterie en mode absorption avec un voltage élevé et un courantmoyen

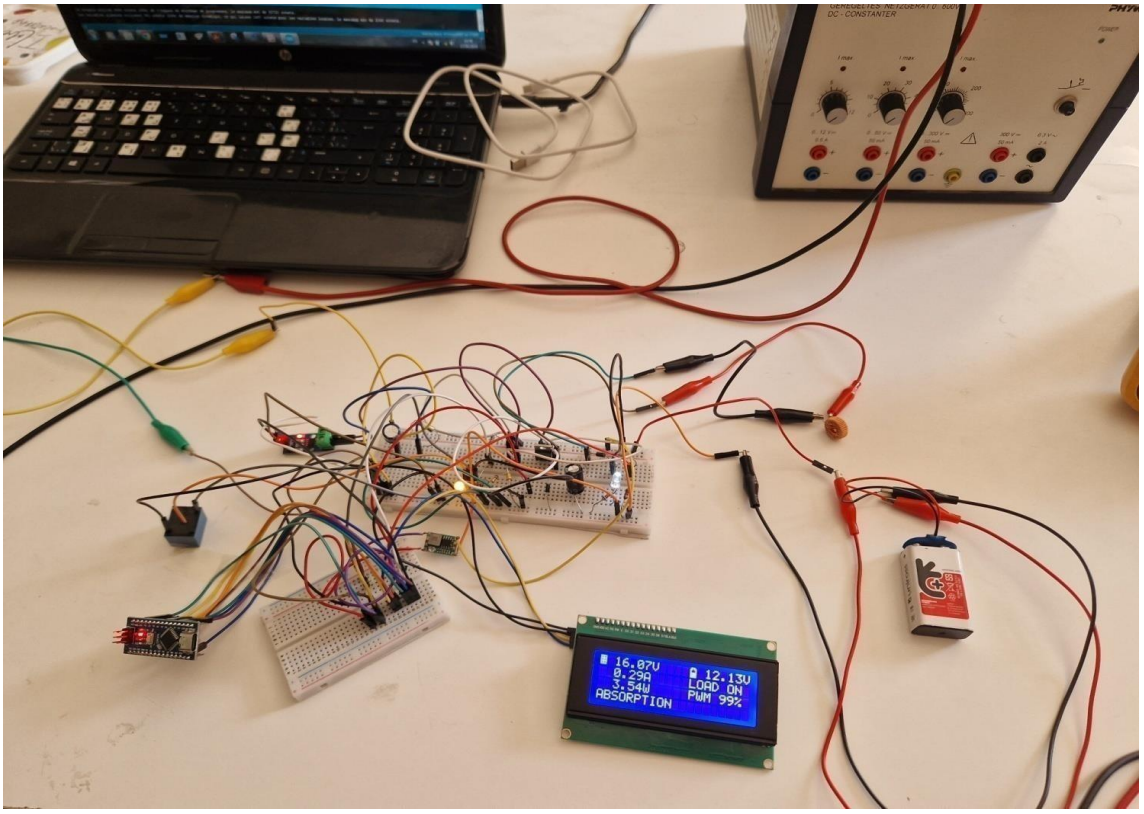

Figure III.27: Résultat de l'essai pratique (mode Absorption).

La figure III.28 montre que notre batterie est chargée et elle passe en mode float avecun voltage modéré qui va diminuer lorsque le courant arrive à zéro et un courant de charge faible

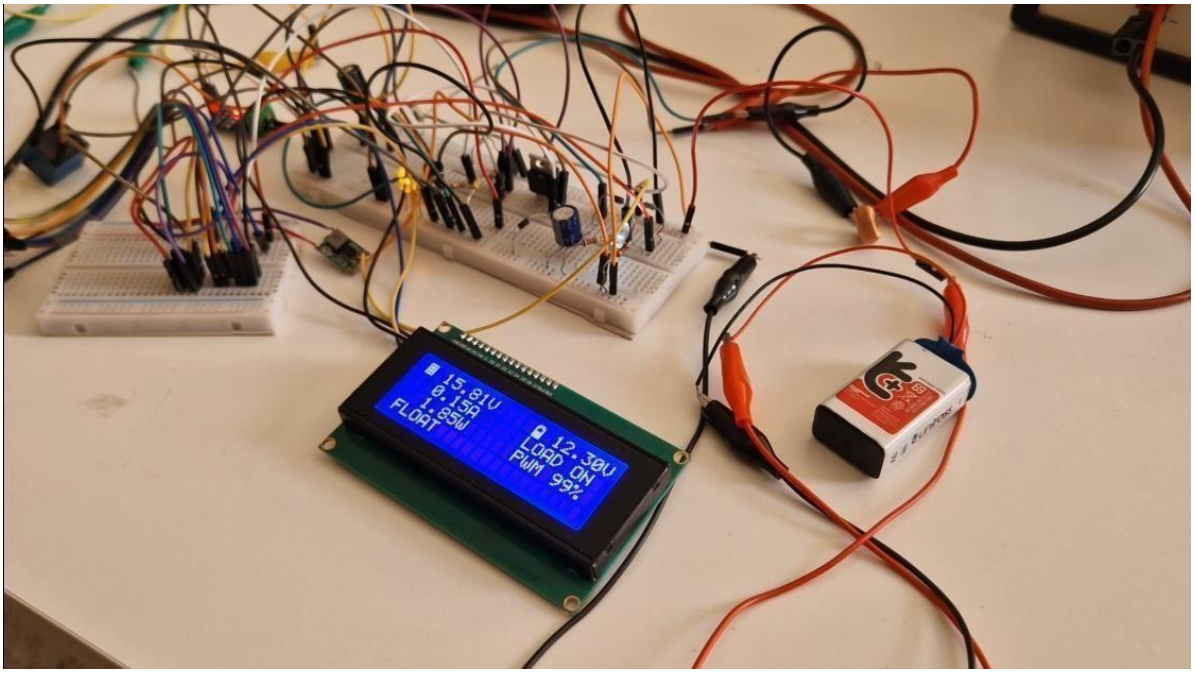

Figure III.28: Résultat de l'essai pratique (mode Float).

Pour vérifier la justesse de notre régulateur nous avons pensé à faire des mesures aléatoires avec unmultimètre comme montre la figure suivante.

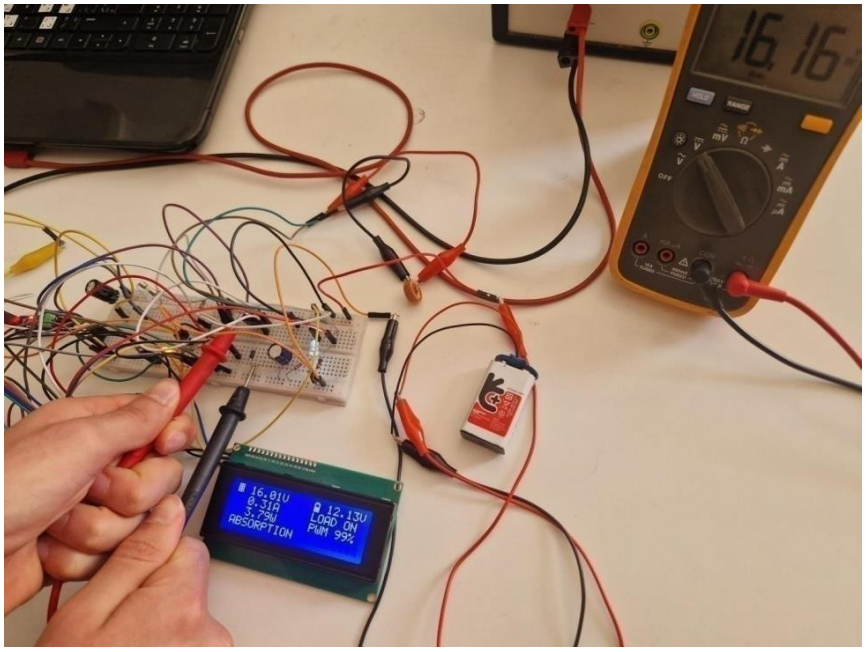

Figure III.29: Vérification avec un multimètre la tension d'entrée de convertisseur.

La figure III.30 montre les mesures à la sortie du convertisseur Buck avec un multimètre

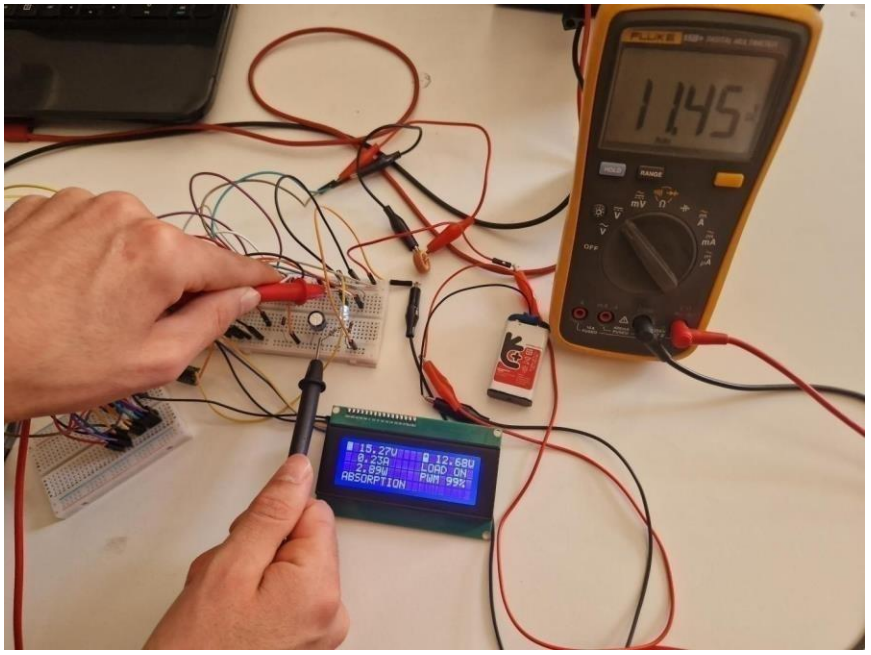

Figure III.30: Vérification avec un multimètre la tension de sortie de convertisseur.

Dans la figure III.31 on constate que le voltage de la batterie est diminuer vers 10.48V dans laphase d'absorption et le courant de charge est faible c'est à dire la batterie presque plein et elle va passer en phase float (charge maximale).

Mais il faut noter que la batterie se charge et elle se décharge simultanément donc phase float et absorption vont se varier respectivement.

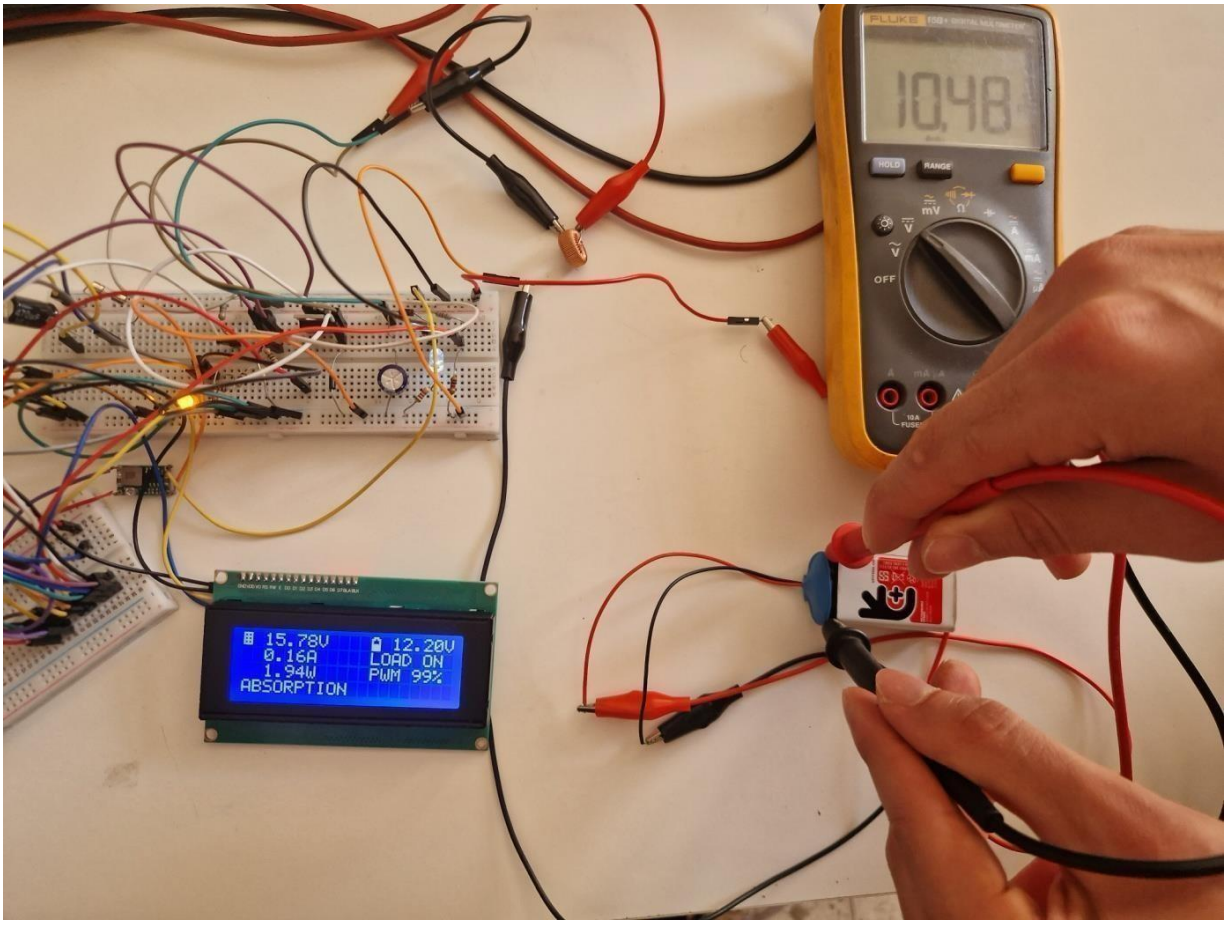

Figure III.31:Vérification avec un multimètre la tension de la batterie

Nous avons testé notre régulateur en prenant des mesures aléatoire de la tension aux bornes de la batterie ou on constate que notre système montre une bonne stabilité et respecte bien les seuils de charge /décharge imposé par le programme de contrôle. On peut dire que nous avonsatteint l'objectif assigné et les résultats obtenus sont satisfaisants.

III.8 Conclusion :

Enfin, nous avons présenté notre système de charge (régulateur de charge MPPT), ainsi que les outils utilisés, le schéma électronique, le code de programme Arduino (AlgorithmeMPPT) et enfin la partie réalisation et quelque résultats de la simulation et la réalisation finale.

Conclusion générale

L'objectif principal de notre mémoire de fin d'études est l'étude, la conception et simulation avec une réalisation pratique d'un régulateur de charge avec un algorithme MPPT a l'aide d'une carte ARDUINO pour les systèmes photovoltaïques dont le but est de réguler l'état de charge d'une batterie(préférablement batteries Acide-Plomb).

On a commencé par une vue globale sur les systèmes photovoltaïques, l'effet photovoltaïques les principes de fonctionnement des cellules photovoltaïques avec une comparaison entre les différents types des cellules. Dans cet étape nous nous sommes intéressés à l'influence des différentes paramètres (éclairement, température) sur la caractéristique « courant-tension », ainsi nous avons mentionné quelques types de batterie, leur caractéristiques et la méthode de charge communément utilisés, à fin d'arriver au choix de l'algorithme de charge MPPT qui permet une meilleure exploitation de l'énergie photovoltaïque. Par la suite, nous avons exposé quelques définitions sur les composants électroniques a utilisé dans notre régulateur de charge et on a étudié les principes de fonctionnement du convertisseur abaisseur (Buck) .Ensuite, ona simulé sur les logiciels PROTEUS puis nous avons abordé la partie pratique ou on a configuréla carte Arduino nano en se basant sur les informations acquises lors de notre étude.

Enfin, on a fait une réalisation avec un LCD pour recevoir des informations sur l'état de charge. Les différents résultats obtenues montrent que le régulateur conçue est adapté à contrôler l'état de charge des batteries et les protéger contre des charges et décharges excessives et leur durée de vie ainsi l'autonomie des générateurs photovoltaïques.

Annexe

Programme en Arduino C du chargeur

```
//Libraries
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); //LCD i2c adress sometimes 0x3f or 0x27
//Icons
uint8_t Battery[8] = {0x0E, 0x1B, 0x11, 0x11, 0x1F, 0x1F, 0x1F, 0x1F};
uint8_t Panel[8] = {0x1F, 0x15, 0x1F, 0x15, 0x1F, 0x15, 0x1F, 0x00};
uint8_t Pwm[8]  = {0x1D, 0x15, 0x15, 0x15, 0x15, 0x15, 0x15, 0x17};
uint8_t Flash[8]  = {0x01, 0x02, 0x04, 0x1F, 0x1F, 0x02, 0x04, 0x08};
//Constants
#define bulk_voltage_max 11
#define bulk_voltage_min 10.5
#define absorption_voltage 11.5
#define float_voltage_max 10.2
#define battery_min_voltage 6.8
#define solar_min_voltage 9
#define charging_current 0.5
#define absorption_max_current 0.5
#define absorption_min_current 0.12
#define float_voltage_min 10.7
#define float_voltage 10
#define float_max_current 0.01
#define LCD_refresh_rate 1000
byte BULK = 0;       //Give values to each mode
byte ABSORPTION = 1;
byte FLOAT = 2;
byte mode = 0;       //We start with mode 0 BULK
//Inputs
#define solar_voltage_in A1
#define solar_current_in A0
#define battery_voltage_in A2
//Outputs
#define PWM_out 10
#define load_enable 2

//Variables
float bat_voltage = 0;
int pwm_value = 0;
```

```
float solar_current = 0;
float current_factor = 0.185;       //Value defined by manufacturer ACS712 5A
float solar_voltage = 0;
float solar_power = 0;
String load_status = "OFF";
int pwm_percentage = 0;
unsigned int before_millis = 0;
unsigned int now_millis = 0;
String mode_str = "BULK";
void setup() {
  pinMode(solar_voltage_in, INPUT); //Set pins as inputs
  pinMode(solar_current_in, INPUT);
  pinMode(battery_voltage_in, INPUT);
  pinMode(PWM_out, OUTPUT);          //Set pins as OUTPUTS
  digitalWrite(PWM_out, LOW);        //Set PWM to LOW so MSOFET is off
  pinMode(load_enable, OUTPUT);
  digitalWrite(load_enable, LOW);     //Start with the relay turned off
  TCCR1B = TCCR1B & B11111000 | B00000001; //timer 1 PWM frequency of 31372.55 Hz
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();               //Init the LCD
  lcd.backlight();          //Activate backlight
  lcd.createChar(0, Battery);
  lcd.createChar(1, Panel);
  lcd.createChar(2, Pwm);
  lcd.createChar(3, Flash);
  before_millis = millis;     //Used for LCD refresh rate
}

void loop() {
  solar_voltage = get_solar_voltage(15);
  bat_voltage = get_battery_voltage(15);
  solar_current = get_solar_current(15);
  solar_power = bat_voltage * solar_current;
  pwm_percentage = map(pwm_value, 0, 255, 0, 100);
  now_millis = millis();
  if (now_millis - before_millis > LCD_refresh_rate)
  {
    before_millis = now_millis;
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);            //Column 0 row 0
    lcd.write(1);                   //Panel icon
    lcd.print(" ");                 //Empty space
    lcd.print(solar_voltage, 2);      //Soalr voltage
    lcd.print("V");                  //Volts
    lcd.print("    ");              //Empty spaces
```

```
  lcd.write(0);                 //Battery icon
  lcd.print(" ");               //Empty space
  lcd.print(bat_voltage, 2);       //Battery voltsge
  lcd.print("V");                //Volts
  lcd.setCursor(0, 1);            //Column 0 row 1
  lcd.print("  ");               //Empty spaces
  lcd.print(solar_current, 2);      //Solar current
  lcd.print("A");                //Ampers
  lcd.print("    LOAD ");         //Print LOAD
  lcd.print(load_status);         //LOAD status

  lcd.setCursor(0, 2);            //Column 0 row 2
  lcd.print("  ");               //Empty spaces
  lcd.print(solar_power, 2);  //Solar power
  lcd.print("W");                //Watts
  lcd.print("    PWM ");         //Print PWM
  lcd.print(pwm_percentage);//PWM value
  lcd.print("%");                //Percentage
  lcd.setCursor(0, 3);            //Column 0 row 3
  lcd.print(mode_str);            //Print the mode
}
if (bat_voltage < battery_min_voltage) {
  digitalWrite(load_enable, LOW);       //We DISABLE the load if battery is undervoltage
  load_status  = "OFF";
}
else {
  digitalWrite(load_enable, HIGH);      //We ENABLE the load if battery charged
  load_status  = "ON";
}
//////////////////////////FLOAT//////////////////////////
////////////////////////////////////////////////////////
if (mode == FLOAT) {
  if (bat_voltage < float_voltage_min) {
    mode = BULK;
    mode_str = "BULK";
  }

  else {
    if (solar_current > float_max_current) { //If we exceed max current value, we change mode
      mode = BULK;
      mode_str = "BULK";
    }//End if >

    else {
      if (bat_voltage > float_voltage) {
```

```
        pwm_value--;
        pwm_value = constrain(pwm_value, 0, 254);
       }
       else {
        pwm_value++;
        pwm_value = constrain(pwm_value, 0, 254);
       }
     }//End else > float_max_current

     analogWrite(PWM_out, pwm_value);
   }
  }//END of mode == FLOAT
  //Bulk/Absorption
  else {
   if (bat_voltage < bulk_voltage_min) {
     mode = BULK;
     mode_str = "BULK";
   }
   else if (bat_voltage > bulk_voltage_max) {
     mode_str = "ABSORPTION";
     mode = ABSORPTION;
   }
   ////////////////////////////BULK/////////////////////////////
   ////////////////////////////////////////////////////////////
   if (mode == BULK) {
     if (solar_current > charging_current) {
       pwm_value--;
       pwm_value = constrain(pwm_value, 0, 254);
     }

     else {
       pwm_value++;
       pwm_value = constrain(pwm_value, 0, 254);
     }
     analogWrite(PWM_out, pwm_value);
   }//End of mode == BULK

   ////////////////////////ABSORPTION////////////////////////
   ////////////////////////////////////////////////////////////
   if (mode == ABSORPTION) {
     if (solar_current > absorption_max_current) { //If we exceed max current value, we reduce duty
cycle
       pwm_value--;
       pwm_value = constrain(pwm_value, 0, 254);
     }//End if > absorption_max_current
```

```
    else {
      if (bat_voltage > absorption_voltage) {
        pwm_value++;
        pwm_value = constrain(pwm_value, 0, 254);
      }
      else {
        pwm_value--;
        pwm_value = constrain(pwm_value, 0, 254);
      }

      if (solar_current < absorption_min_current) {
        mode = FLOAT;
        mode_str = "FLOAT";
      }
    }//End else > absorption_max_current

    analogWrite(PWM_out, pwm_value);
   }// End of mode == absorption_max_current

  }//END of else mode == FLOAT

  //Serial.println(bat_voltage);
}//End void loop

//////////////////////////FUNCTIONS//////////////////////////
//////////////////////////////////////////////////////////////
float get_solar_voltage(int n_samples)
{
  float voltage = 0;
  for (int i = 0; i < n_samples; i++)
  {
    voltage += (analogRead(solar_voltage_in) * (5.0 / 1023.0) *6) ;
  }
  voltage = voltage / n_samples;
  if (voltage < 0) {
    voltage = 0;
  }
  return (voltage);
}
float get_battery_voltage(int n_samples)
{
  float voltage = 0;
  for (int i = 0; i < n_samples; i++)
  {
```

```
    voltage += (analogRead(battery_voltage_in) * (5.0 / 1023.0) * 6);
  }
  voltage = voltage / n_samples;
  if (voltage < 0) {
    voltage = 0;
  }
  return (voltage);
}
float get_solar_current(int n_samples)
{
  float Sensor_voltage;
  float current = 0;
  for (int i = 0; i < n_samples; i++)
  {
    Sensor_voltage = analogRead(solar_current_in) * (5.0 / 1023.0);
    current = current + (Sensor_voltage - 2.5) / current_factor;
  }
  current = current / n_samples;
  if (current < 0) {
    current = 0;
  }
  return (current);
}[33]
```

Références Bibliographique et Webographie

[1] Ameri Zahra ,Chaib Imane ,Belhachemi Ahmed « modélisation et simulation d'un système photovoltaïque adapté par la commande MPPT » institut des sciences et technologiesdépartement de technologie en vue de l'obtention du diplôme de Master en Énergie renouvelable Spécialité Énergie renouvelable en Électrotechnique 2020.

[2] HADJ BELKACEMI Mohammed Modélisation et Etude Expérimentation d'un Capteur Solaire non Vitré et Perforé Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen pour l'obtention du master Energétique et Matériaux 2011.

[3] Yousra AMMOUR, Madiha KENOUCHE. « Conception et réalisation d'un régulateur de charge par panneaux photovoltaïque » Université Mohammed Seddik Ben Yahia – Jijel. Pourl'obtention du diplôme de Master en Electronique spécialité Electronique des Systèmes Embarqués.

[4] DJAIOU Salem, AICHOUCH Oussama. « Utilisation des énergies photovoltaïque » Université Saâd Dahleb -Blida1 Département Des Énergies Renouvelables Pour l'obtentiondu diplôme de Master en énergies renouvelable spécialité : Conversion photovoltaïque 2021 2022.

[5] M .BELHADJ ; Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonome Mémoire de Magister ; Centre Universitaire De Bechar ; 2008.

[6] A. Labouret, M. Villoz, '' Energie solaire photovoltaïque '', 3ème édition, DUNOD, Paris, 2006.

[7] MAMOUNI Rania, ZEMMITE Seddik «Etude et réalisation d'un chargeur solaire par Arduino», UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGL. Génie Electrique spécialité 'électrotechnique industrielle'.

[8] MAMMAR Derar, BOURAS Mohamed. « Simulation et réalisation d'un contrôleur de charge solaire basé sur Arduino » Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib. Pour l'obtention du diplôme de master en électronique spécialité 'Instrumentation.

[9] BRAHIMI Rania, BOUCHENIRE Yasmina. « Etude et réalisation d'un régulateur de charge solaire » Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj. Pour l'obtention de diplôme du master en Electronique spécialité Electronique Industriel.

Références Bibliographique et Webographie

[10]Yousra AMMOUR, Madiha KENOUCHE. « Conception et réalisation d'un régulateur de charge par panneaux photovoltaïque » Université Mohammed Seddik Ben Yahia – Jijel. Pour l'obtention du diplôme de Master en Electronique spécialité Electronique des SystèmesEmbarqués.

[11]NDIAYE Papa Amadou et KAWTHER Achari Production d'énergie électrique à partir d'un système photovoltaïque Université 8 Mai 1945 – Guelma pour l'obtention du diplôme deMASTER Spécialité : Electromécanique 2018/2019.

[12]KROUBI Tarik « Mémoire fin d'étude conception et réalisation d'un system de mesurerde flambement et de formation base d'une Arduino Uno » Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou Pour l'obtention du diplôme du master Electronique spécialité Télécommunications et Réseaux 2013/ 2014.

[13]HANOUN Brahim « étude et réalisation d'un hacheur boost destiné à l'implémentation des commandes à base de DSP » .UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI DE OUM EL BOUAGHI POUR L'obtention de diplôme de master 2014.

[14]M. ABOUCHABANA Nabil, **«** Etude d'une nouvelle topologie Buck-Boost appliquée à un MPPT » ECOLE NATIONALE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE, MEMOIRE DE MAGISTER EN ELECTRONIQUE Option Photovoltaïque 2008/2009.

[15]Benmeriouma Amina Mimeche Asma « Etude de l'impact des paramètres structuraux sur les caractéristiques électriques d'un MOSFET-SOI » Université Mohamed Seddik Benyahia–Jijel Faculté des Sciences et de la Technologie Département d'électronique Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master en Electronique Option microélectronique 2019.

[16]DIDAOUI MOKRANE, ALIK FERHAT « Réalisation d'un onduleur triphasé à base de transistors IGBT» Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou Faculté de génie électrique et de l'informatique département d'électrotechnique, pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en électrotechnique spécialité machine électrique2009.

Références Bibliographique et Webographie

[17]GUENFOUD Lamia, MOUZARINE Cylia « Conception et réalisation d'un système du contrôle à distance de la qualité de l'air » Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou Faculté de génie électrique et de l'informatique Pour l'obtention du diplôme du master Electronique spécialité Instrumentation 2017/ 2018.

[18]https://www.researchgate.net/figure/Principe-de-fonctionnement-dune-cellule-PV_fig1_323384804. 03/07/2024

[19]https://energieplus-lesite.be/theories/photovoltaique6/caracteristiques-electriques-des-cellules-et-des-modules-photovoltaiques/.03/07/2024

[20]https://www.otovo.fr/blog/le-solaire-et-vous/module-photovoltaique/.03/07/2024

[21] https://www.gre-enr.fr/site-isole-photovoltaique-hors-reseau. 03/07/2024

[22]https://energieplus-lesite.be/concevoir/photovoltaique/definir-le-raccordement-au-reseau-de-distribution/.03/07/2024

[23]https://www.infoenergiesrenouvelables.fr/panneaux-solaires-amorphes/.03/07/2024

[24] https://www.ades-tech.com/services/systemes-hybrides/.03/07/2024

[25]https://www.memoireonline.com/10/20/11898/m_Station-meteorologique-sur-arduino3.html.03/07/2024

[26]https://resources.altium.com/fr/p/buck-converter-component-sizing.03/07/2024

[27] https://passionelectronique.fr/transistor-mosfet/.03/07/2024

[28] [W11] https://www.researchgate.net/figure/Schema-du-convertisseur-Boost_fig25_278641928.03/07/2024

[29] https://www.build-electronic-circuits.com/what-is-a-diode/.03/07/2024

[30] https://jeretiens.net/bobine-et-condensateur-comportements-aux-limites/.03/07/2024

[31] https://youpilab.com/components/product/module-i2c-mcp23017.03/07/2024

[32]https://www.choisir.com/energie/articles/195574/tout-savoir-sur-le-regulateur-solaire.03/07/2024

[33] https://electronoobs.com/eng_arduino_tut133_code1.php.03/07/2024

Résumé :

Le but de ce travail de recherche est la conception et la réalisation d'un régulateur de charge pour les panneaux photovoltaïque à base d'Arduino avec Algorithme MPPT. Ce régulateur MPPT consiste à utiliser la puissance maximale des Générateurs Photovoltaïques même lorsqu'on a la variation de l'énergie absorbée durant la journée à cause des diverses influences météorologiques ainsi stocker cette énergie dans les accumulateurs à fin de l'utiliser dans le besoin.

Mot clé : Algorithme MPPT, Panneaux Photovoltaïques, régulateur

Abstract:

The aim of this research is to design and implement a charge controller for photovoltaic panels based on Arduino with an MPPT algorithm. This MPPT controller aims to maximize the poweroutput of photovoltaic generators even in the presence of variations in absorbed energy throughout the day due to various meteorological influences, and to store this energy in batteriesfor use as needed.

Keywords: MPPT algorithm, Photovoltaic panels, charge controller.

ملخص

الهدف من هذا العمل البحثي هو تصميم وإنتاج منظم شحن للألواح الكهروضوئية يعتمد على الاردوينو مع خوارزمية MPPT. يتكون منظم MPPT هذا من استخدام الطاقة القصوى للمولدات الكهروضوئية حتى عندما يكون هناك اختلاف في الطاقة الممتصة خلال النهار بسبب تأثيرات الطقس المختلفة، وبالتالي تخزين هذه الطاقة في المجمعات لاستخدامها عند الحاجة.

كلمات المفاتيح الألواح الكهروضوئيةِ منظم وشاحن، خوارزمية MPPT.