

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de la technologie



Mémoire de fin d'étude

*En vue de l'obtention d'un diplôme de **Master en Automatique***

Option : Automatique et Informatique Industriel

Thème :

Développement du circuit de commande d'un Régulateur de charge photovoltaïque à base de microcontrôleur

Réalisé par :

KERBEL Bilel

ALI MESSAOUD Mohamed

Sous la direction de :

M. MERROUCHE Walid

Chercheur au CDER

Encadreur

M. BLAIFI Sidali

MCB, Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana

Co-encadreur

Année universitaire : 2019 / 2020

DEDICACE

Je dédie ce travail à :

Ma chère mère KADOUMA Naima et mon grand-père KADOUMA Djilali et ma grande mère HACHEMI Zoulikha paix à leurs Ames.

Et à mon cher père Noureddine et mes frères Ayoub et Ishak

Et ma grande mère BENBRIK Malika et Toute ma grande famille.

Mes amis les plus proches : Imad , Abdelhak , Toufik , Mansour , Bilel , Mahmoud, Moussa, Ayoub, Djaafar, Belaid, Omar, Redwane, Rahim et tous mes amis .

*Nos promoteurs **M.MERROUCHE Walid** et **M.BLAIFI Sidali** qui nous ont encouragé et pour leurs confiance que je n'oublierai jamais. Mon binôme à qui je souhaite bonne chance dans la vie et un chemin plein de réussite.*

Tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire.

ALI MESSAOUD Mohamed.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail aux êtres qui me sont les plus chères je cite :

Les parents les plus chères au monde, Papa et Maman, que dieu les gardes et les protèges.

Ma grande mère Malika, mes oncles, leurs femmes et leurs fils.

Mon grand-père, ma grande mère et ma tante paix à leurs Ames.

*Nos promoteurs **M.MERROUCHE Walid** et **M.BLAIFI Sidali** qui nous ont encouragé et pour leurs confiance que je n'oublierai jamais.*

Mon binôme à qui je souhaite bonne chance dans la vie et un chemin plein de réussite.

Toutes mes amies, particulièrement : Toufik, Abed, Amar, Moussa, Youssef, Imad, Abdelhak et Hamza.

Toute la promotion 2019/2020 de l'université Djilali Bounaâma, Khemis Miliana.

Kerbel Bilel.

REMERCIEMENTS

Ce document présente les travaux effectués dans le cadre de notre projet de fin d'étude de Master au Département de Génie Électrique de la Faculté de Technologie de l'Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana.

Nous remercions en premier lieu notre Dieu le tout puissant qui nous a dotés de la Merveilleuse faculté de raisonnement, de nous'avoir donné le courage et la volonté de mener à terme le présent travail.

Ensuite, nous aimerions bien remercier très sincèrement monsieur MEROUCHE Walid et Monsieur BLAIFI Sidali nos promoteurs de ce travail, pour leurs conseils pertinents, et leurs orientations judicieuses et leur patience et diligence.

Nous tenons à remercier particulièrement les deux étudiants TOUAIT Ayoub (étudiant au INELEC :génie électrique et électronique, Boumerdes) et TAIB BELABASS Moussa pour leurs conseils qui ont été pertinents et toujours précieux,

nos remerciements vont aussi à l'ensemble des enseignants qui ont contribué durant notre Formation éducatif.

Résumé

Ces dernières années, les énergies renouvelables et plus particulièrement l'énergie photovoltaïque ont suscité un intérêt considérable.

Ce projet porte sur la conception et la réalisation d'un circuit de commande d'un régulateur de charge d'une batterie à base du microcontrôleur PIC18F45K22 dans une chaîne photovoltaïque. L'objectif principal de ce travail concerne l'amélioration du fonctionnement des systèmes PV et le meilleur control des batteries.

Le microcontrôleur commande un MOSFET situé dans un convertisseur BUCK DC-DC par un signal MLI pour le contrôle de charge et décharge de la batterie, en récupérant les données de cette dernière par des capteurs de mesure.

ملخص

حظيت الطاقات المتجددة و خاصة الطاقة الكهروضوئية في السنوات الاخيرة باهتمام كبير.

يتعلق هذا المشروع بتصميم وإنشاء دائرة تحكم لمنظم شحن البطارية على أساس المتحكم الدقيق او الميكروكونترولر PIC18F45K22 في سلسلة كهروضوئية. يتمثل الهدف الرئيسي لهذا العمل في تحسين تشغيل نظام الكهروضوئية وصيانة البطاريات الشمسية.

يتحكم الميكروكونترولر في الموسفت MOSFET الموجود في محول خافض للتوتر BUCK DC-DC عن طريق الإشارة الرقمية "تعديل عرض النبض" PWM للتحكم في شحن وتفريغ بطارية التخزين باستعمال البيانات التي ترسلها مستشعرات القياس.

abstract

In recent years, renewable energies and more specifically photovoltaic energy have aroused considerable interest.

This project concerns the design and construction of a control circuit for a PV battery charge controller based on the PIC18F45K22 microcontroller in a photovoltaic system. The main objective of this work concerns the improvement of the operation of standalone PV systems and the accurate control of solar batteries.

The microcontroller controls a MOSFET located in a BUCK DC-DC converter by a PWM signal to regulate the battery and discharge by recovering the data from the measurement sensors.

Sommaire

Sommaire	6
Liste des Figures	10
Liste des Tableaux	11
Liste d'abréviations	12
Introduction générale	14
Chapitre I : Energie solaire photovoltaïque et batterie de stockage	18
I.1. Energie solaire photovoltaïque	19
I.1.1. Introduction :	19
I.1.2. Energie solaire :	20
I.1.3. Techniques utilisant l'énergie solaire :	20
I.1.3.1. Solaire passif :	20
I.1.3.2. Solaire thermique :	20
I.1.3.4. Solaire thermodynamique :	20
I.1.3.5. Solaire Photovoltaïque :	20
I.1.4. Energie solaire photovoltaïque :	22
I.1.5. Différents types d'installation solaire photovoltaïque :	22
I.1.5.1. Installation électrique photovoltaïque autonome :[3]	23
I.1.5.2. Installation électrique photovoltaïque raccordée au réseau :	23
I.1.5.3. Installation électrique photovoltaïque hybride :	23
I.1.6. Centrale solaire photovoltaïque Autonome :	24
I.1.6.1. Autonomie :	24
I.1.7. Panneau solaire photovoltaïque :	25
I.1.8. Capteur solaire photovoltaïque :	25
I.1.9. Cellules photovoltaïques :	26
I.1.10. Types de cellules photovoltaïques [5] :	26
I.1.10.1. Silicium amorphe :	26
I.1.10.2. Silicium monocristallin :	26
I.1.10.3. Silicium polycristallin :	26
I.1.11. Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque (Jonction PN) :	26
I.1.12. Performances d'un générateur PV :	27
I.1.13. Caractéristique d'un panneau photovoltaïque :	27
I.1.13.1. Caractéristique Courant-Tension :	28
I.1.13.2. Influence de l'éclairement :	28
I.1.13.3. Influence du Température :	29
I.1.13.4. Association de cellules photovoltaïque série :	29

I.1.13.5. Association de cellules photovoltaïque parallèle :.....	30
I.1.14 Fonctionnement d'un Générateur photovoltaïque a sa puissance maximale :	30
I.2 Batteries et système de stockage.....	31
I.2.1 Stockage d'énergie :.....	31
I.2.2 Définition d'une batterie solaire :	32
I.2.3 Principe de fonctionnement d'une batterie solaire :[8]	32
I.2.4 Batterie dans un système photovoltaïque :	33
I.2.5 Types de batteries[9] :	33
I.2.5.1 Batterie au plomb :	33
I.2.5.2 Batterie Lithium :	34
I.2.5.3 Batterie AGM :	34
I.2.5.4 Batteries Gel :.....	35
I.2.6. Caractéristique d'une batterie solaire :	35
I.2.6.1. Poids et volume :.....	35
I.2.6.2. Tension :	35
I.2.6.3. Capacité :	36
I.2.6.4. Durée de vie :	36
I.2.7. Conditions de fonctionnement des batteries dans les systèmes photovoltaïques [4]:	36
I.2.7.1. Conditions environnementales :.....	36
I.2.7.2. Stockage, transport et maintenance :	36
I.2.8. Comment choisir une batterie pour une installation solaire photovoltaïque ?	37
I.2.9. Avantages d'un système solaire photovoltaïque Autonome:	37
I.2.9.1. Avantages écologiques :	37
I.2.9.2. Avantages économique :.....	37
I.2.9.3. Avantages techniques :	37
I.2.10. Inconvénients d'un système solaire photovoltaïque :	38
I.2.10. Conclusion :	38
Chapitre II : Batterie et régulation.....	40
II.1. Batterie Acide au plomb :	41
II.1.1 Introduction :	41
II.1.2 Définition d'une batterie acide plomb :.....	41
II.1.2.1 Composition moyenne d'une batterie acide au plomb :	42
II.1.2.2 Caractéristiques technique d'une batterie acide au plomb :.....	42
II.1.2.3 Utilisation des batteries acide au plomb :	42
II.1.2.4 Principe de fonctionnement d'une batterie solaire :	43
II.1.3 Causes de dégradation d'une batterie acide au plomb [11]:	44
II.1.3.1. Sulfatation :.....	44

II.1.3.2. Désulfatation :	44
II.1.3.3. Décharge complète :	44
II.1.3.4. Effet de la température sur la batterie :	44
II.1.3.5. Oxydation des électrodes :	44
II.1.3.6. Oxydation des bornes :	44
II.1.3.7. Corrosion :	45
II.1.3.8. Courts circuits :	45
II.1.4. Algorithme de charge d'une batterie Acide-plomb en trois étapes :	45
II.1.4.1. Bulk charge :	46
II.1.4.2. Absorption charge :	46
II.1.4.3. Phase d'entretien ou de floating :	47
II.1.5. Etat de charge d'une batterie (state of charge) :	47
II.1.6. Méthode de détermination de l'état de charge de la batterie[13] :	48
II.1.6.1. Méthode directe :	48
II.1.6.2. Mesure de la densité de l'électrolyte :	48
II.1.6.3. Mesure à la base de la tension du circuit ouvert :	48
II.1.6.4. Utilisation du filtre de Kalman :	48
II.1.6.5. Mesure de l'impédance interne :	49
II.1.7. Etat de santé d'une batterie (state of health) :	49
II.2. Régulateur de charge	50
II.2.1 Rôle d'un régulateur de charge :	51
II.2.2 Paramètres d'un contrôleur de charge[14] :	51
II.2.3 Stratégie de contrôle d'un régulateur de charge[14] :	52
II.2.4. Modes de régulation[15] :	53
II.2.4.1. Mode de charge tout ou rien :	53
II.2.4.2. Mode de charge à courant constant :	54
II.2.4.3. Mode de charge à Tension constant :	54
[16]II.2.5. Technologies de régulation[16]:	55
II.2.5.1. Régulateur de charge de type Série :	55
II.2.5.2. Régulateur de charge de type parallèle (shunt) :	55
II.2.5.3. Régulateur de charge de type MLI (PWM) :	56
II.2.6. Régulateur MPPT :	57
II.2.7. Différence entre Commande MPPT et PWM :	58
II.2.8. Choix de l'algorithme de Charge :	58
II.2.9. Principe de régulation utilisée dans notre Système photovoltaïque : [18]	59
II.2.9.1. Etapes :	59
II.2.9.2. Voltage et courant :	60

II.2.10. Compensation de la température (thermique) :.....	60
II.2.11. Principe de conception du régulateur de charge :	60
II.2.12. Conclusion :.....	61
Chapitre III : Conception et réalisation d'un régulateur de charge d'une batterie Acide au Plomb.....	63
III.1. Réalisation d'un régulateur de charge des batteries acide-au-plomb	64
III.1.1 Introduction :	64
III.1.2. Choix et description des matériels utilisés dans notre carte de commande :.....	65
III.1.2.1. Microcontrôleur [19]:.....	65
III.1.2.2. Régulateur de tension AMS1117 (5V) :.....	69
III.1.2.3. Afficheur LCD 16*2 :	70
III.1.2.4. Led (light-emitting diode):	70
III.1.2.5. Capteur de Température (DS18b20) :	71
III.1.2.6. Capteur de Tension (pont diviseur de tension) :	71
III.1.2.7. Capteur de courant (ACS 712):	72
III.1.2.8. Photocoupleur (circuit d'isolation)[21] :.....	72
III.1.2.9. Driver IR2110 :.....	73
III.1.2.10. MOSFET de puissance:.....	73
III.1.2.11. Load Controller :.....	74
III.1.3.Signal PWM (Pulse Width Modulation) [12]:.....	75
III.1.3.1. Principe de réalisation :	75
III.1.3.2. Rapport cyclique :	75
III.1.4. Réalisation du circuit de commande sur Isis :.....	76
III.1.5. Programmation du régulateur de charge :	80
III.1.6. Réalisation pratique de la carte de commande :	87
III.1.7. Conclusion :	89
Conclusion générale.....	91
Références bibliographiques.....	93
Liste des annexes.....	95

Liste des Figures

Chapitre I :

Figure I-1 : Distance terre-soleil.....	19
Figure I-2 : Un système solaire thermique	12
Figure I-3: Un système solaire passif.....	21
Figure I-4 : Un système solaire thermodynamique.....	21
Figure I-5 : Un système solaire photovoltaïque.....	21
Figure I-6 : Une installation d'un panneau solaire photovoltaïque	22
Figure I-7 : Installation électrique photovoltaïque autonome.....	23
Figure I-8 : Installation électrique photovoltaïque raccordée au réseau.....	23
Figure I-9 : Système solaire photovoltaïque autonome.....	24
Figure I-10: schéma de principe d'un système PV autonome avec stockage	25
Figure I-11 : Un capteur solaire photovoltaïque	25
Figure I-12 : Cellule photovoltaïque.....	26
Figure I-13 : Principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque	27
Figure I-14 : Courbe caractéristique courant-tension d'un module photovoltaïque	28
Figure I-15 : Courbes I(V) d'un panneau solaire à divers Eclairément	28
Figure I-16 : Courbes I(V) d'un panneau à diverses températures	29
Figure I-17 : Association de panneaux en série.....	29
Figure I-18 : Association de cellules photovoltaïque parallèle.....	30
Figure I-19 : exemple d'une batterie solaire	32
Figure I-20 : schéma centrale solaire photovoltaïque autonome	32
Figure I-21 : schéma synoptique d'un système photovoltaïque	33
Figure I-22 : Batterie au plomb	33
Figure I-23 : Batterie Lithium	34
Figure I-24 : Batterie AGM.....	34
Figure I-25 : Batterie Gel	35

Chapitre II :

Figure II-1 : Batterie Acide au plomb.....	41
Figure II-2 : principe de Charge et décharge d'une batterie acide au plomb	43
Figure II-3 : Evaluation de la tension et du courant au cours de charge	46
Figure II-4 : Etat de charge de la batterie.....	47
Figure II-5 : Schéma fonctionnel d'un régulateur de charge.....	50
Figure II-6 : Principes de fonctionnements du régulateur de charge	52
Figure II-7 : les caractéristiques courant-tension d'une batterie	53
Figure II-8 : Mode de charge tout ou rien	53
Figure II-9 : les caractéristiques d'une batterie a courant constant	54
Figure II-10 : les caractéristiques d'une batterie a tension constante	54
Figure II-11 : Principe de fonctionnement d'un régulateur de charge de type série	55
Figure II-12 : Principe de fonctionnement d'un régulateur de charge de type shunt.....	56
Figure II-13 : Principe de fonctionnement d'un régulateur PWM	56
Figure II-14 : principe de fonctionnement d'un régulateur MPPT.....	57
Figure II-15 : Principe de régulation à courant- tension constants dans un Système photovoltaïque....	59
Figure II-16 : Schéma synoptique du fonctionnement du régulateur à réaliser.....	61

Chapitre III :

Figure III-1 : Diagramme de block du régulateur	64
Figure III-2 : Configuration du pic 18F45K22	66
Figure III-3 : Brochage du PIC 18F45K22.....	67
Figure III-4 : La fenêtre principale de travail sur MICROC	68
Figure III-5 : La fenêtre principale de travail sur ISIS.....	69
Figure III-6 : Régulateur de tension 5V AMS1117	69
Figure III-7 : Brochage du LCD 16*2	70
Figure III-8 : light-emitting diodes	70
Figure III-9 : Brochage du capteur de température DS18B20.....	71
Figure III-10 : pond de diviseur de tension	71
Figure III-11 : Capteur de courant ACS712 30A	72
Figure III-12 : principe de fonctionnement d'un photocoupleur.....	72
Figure III-13 : Driver IR2110.....	73
Figure III-14 : MOSFET de puissance.....	73
Figure III-15 : Relais électronique.....	74
Figure III-16 : Transistor bipolaire	74
Figure III-17 : Signal de commande MLI (PWM).....	75
Figure III-18 : Circuit minimale du PIC18F45K22	76
Figure III-19 : Circuit de mesures et de commande par les boutons	76
Figure III-20 : Circuit d'affichage avec la commande MLI (PWM).....	77
Figure III-21 : Circuit d'alimentation 5V et contrôle du Load.....	78
Figure III-22 : Schéma finale de la carte de commande du régulateur	79
Figure III-23 : Un aperçu sur la programmation sous MIKROC.....	80
Figure III-24 : Algorithme de fonctionnement de la carte de régulation	81
Figure III-25 : Demande la capacité de la batterie.....	82
Figure III-26 : Sauvegarde de la capacité dans EEPROM	82
Figure III-27 : Ecran d'affichage N°1	83
Figure III-28 : Ecran d'affichage N°2	83
Figure III-29 : Batterie au la phase Bulk.....	83
Figure III-30 : Batterie au la phase d'absorption.....	84
Figure III-31 : Batterie au la phase d'entretien (float).....	84
Figure III-32 : phase de décharge profonde	85
Figure III-33 : Batterie en état de charge et décharge.....	85
Figure III-34 : Batterie en état de charge seulement	86
Figure III-35 : Signal MLI avec rapport cyclique de 43%	86
Figure III-36 : Signal MLI avec rapport cyclique de 99%	86
Figure III-37 : Contrôle de l'état de charge et de décharge d'une batterie acide-au-plomb	Error!
Bookmark not defined.	
Figure III-38 : La carte électronique du régulateur de charge	87
Figure III-39 : Représentation en 3D de la carte électronique du régulateur de charge.....	88
Figure III-40 : Fichier GERBER	88

Liste des Tableaux

Chapitre II :

Tableau II- 1 : Différence entre régulateur de charge MPPT et PWM	58
---	----

Chapitre III :

Tableau III- 1 : Identification d'un microcontrôleur PIC.....	65
---	----

Liste d'abréviations

<i>AC/DC</i>	<i>Alternative/ Continue</i>
<i>AGM</i>	<i>Absorbed Glass mat</i>
<i>AMS1117</i>	<i>Advanced monolithiques systèmes</i>
<i>CV</i>	<i>Constant Voltage (Tension Constante)</i>
<i>CCP</i>	<i>Capture compare Pulse-width modulation</i>
<i>DC/DC</i>	<i>Continue/Continue</i>
<i>EPROM</i>	<i>Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
<i>EPV</i>	<i>Energies photovoltaïque</i>
<i>GPV</i>	<i>Générateur Photovoltaïque</i>
<i>LED</i>	<i>Light-emitting diode</i>
<i>MOSFET</i>	<i>Métal Oxide Silicon Field Effect Transistor</i>
<i>MPPT</i>	<i>Maximum Power Point Tracker</i>
<i>PPM</i>	<i>Point de puissance maximale</i>
<i>PV</i>	<i>Panneau Photovoltaïque</i>
<i>PWM</i>	<i>Pulse Width Modulation</i>
<i>PECVD</i>	<i>Dépôt chimique en phase vapeur amélioré par plasma</i>
<i>PIC</i>	<i>Peripheral interface controller</i>
<i>PCB</i>	<i>Printed Circuit Board</i>
<i>SOC</i>	<i>State of Charge</i>
<i>VR</i>	<i>Voltage régulation</i>

Introduction générale

Ces dernières décades, notre planète a établi un accroissement du tau d'émission des gaz à effet de serre qui a été le résultat de l'avancement appréciable de la technologie et de l'industrie. Ceci a eu comme conséquence nuisible, un bouleversement climatique et des catastrophes naturelles notables. Donc il est nécessaire de trouver une autre solution pour prendre le relais. Pour cela, beaucoup de recherches scientifiques ont été réalisées afin de trouver une source d'énergie renouvelable, illimitée, économique et peu polluante.

On classe plusieurs types de sources d'énergies renouvelables: l'énergie de la biomasse l'énergie, hydroélectrique, l'énergie éolienne, l'énergie géothermique, et l'énergie photovoltaïque.

L'énergie photovoltaïque eut un renouvellement d'intérêt dans les années 1950 lors des premiers lancements aérospatial de satellites (Vanguard I, 1958). Les récession des années 1970 (flambée des prix du pétrole, 1973) puis les accidents des centrales nucléaires tels ceux de Three Mile Island (USA, 1979) ou de Tchernobyl (URSS, 1986) renforcèrent l'affection vers les énergies renouvelables, en particulier l'énergie photovoltaïque qui s'impose comme une des sources d'énergies renouvelables les plus prometteuses.

À titre d'exemple pour accorder un ordre de grandeur des énergies mises en jeu, notre sud algérien reçoit à une ordinaire d'ensoleillement de dix heures par jour une énergie électrique de 8 kWh/m². Ceci représente approximativement l'équivalent d'une énergie thermique de un litre d'essence par m². Ainsi, nous pouvons imaginer que même si nous disposons d'un capteur ayant un rendement de 10 %, nous pouvons rattraper une énergie importante en dépit de son coût qui est relativement important.

L'énergie solaire n'étant pas disponible la nuit, il est obligé d'équiper les systèmes photovoltaïques autonomes par des batteries d'accumulateurs qui assure le stockage D'énergie et de la ravoir en temps voulu. L'assiduité des batteries avoir besoin l'utilisation d'une unité dédiée à la gestion de l'énergie. Pour les systèmes connecté au réseau de distribution électrique, le stockage de l'énergie n'est pas indispensable.

Pour affirmer la meilleure autonomie du système photovoltaïque avec une batterie, la régulation de la charge et de la décharge de celle-ci est alors fondamental. Pour cela, il faut encarter dans le système un régulateur solaire, dont le rôle est de garder la batterie saine. Ces raisons, jour après jour, motivent les chercheurs scientifiques à développer, à améliorer et à optimiser l'exploitation des systèmes photovoltaïques.

La source renouvelable (générateur) sélectionné pour notre analyse est un champ photovoltaïque (PV) avec un système de stockage, le stockage est assuré par des batteries. Ce système est appelé système PV-Batteries. Le type de stockage généralement adopté dans ce système est la batterie au plomb. L'épanouissement dont cette technologie fait preuve et son faible coût en sont les raisons principales. L'utilisation de ces batteries au barème saisonnière est inenvisageable. Elles ne peuvent rester longtemps sans utilisation, sans conséquences néfastes sur leurs durées de vie.

Le but poursuivi dans le cadre de cette mémoire est une contribution à la réalisation d'un régulateur solaire qui permet le contrôle continu de l'état de charge d'une batterie au plomb acide afin d'augmenter sa vie. Cela est équivalent à une exploitation à moindre coût de l'énergie solaire en garantissant une plus grande crédibilité des panneaux et des batteries.

Le système à étudier est constitué d'un module photovoltaïque qui peut franchir une puissance continue de crête de 85W est un étage de puissance composé d'un convertisseur DC-DC commandé par un signal *PWM* généré par le microcontrôleur « PIC18F45K22 » .

A partir de cette description, nous avons divisé notre mémoire en 03 chapitres. Le premier chapitre donne des renseignements sur l'énergie solaire et ses caractéristiques, l'énergie photovoltaïque ainsi que les différents types de systèmes photovoltaïques existants. Les avantages et les inconvénients du photovoltaïque en première partie. La deuxième partie implémente des généralités sur les batteries de stockage, ses types et l'emplacement de ces batteries dans un système photovoltaïque autonome et on finira notre chapitre par les avantages et les inconvénients des batteries de stockage.

le deuxième chapitre présente les batteries acide au plomb, leur principe de fonctionnement et l'algorithme de charge de ces batteries. En deuxième partie du chapitre nous avons parlé de régulateur de charge, son rôle, les modes et technologie de régulation, régulateur MPPT et le principe de conception du régulateur de charge.

Pour le troisième chapitre, nous avons fait l'analyse et la simulation de notre circuit de commande sous logiciel ISIS PROTEUS et le code implémenter dans MIKROC, En donnent la description des différents choix de composants utilisée dans la réalisation de notre carte électronique final.

Finalement, nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale qui abrégé notre étude dans sa partie théorique et sa partie de simulation.

Chapitre I : Energie solaire photovoltaïque et batterie de stockage

I.1. Energie solaire photovoltaïque

I.1.1. Introduction :

Le rayonnement solaire connu par l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil. Il est constitué de toute la gamme des rayonnements solaires, de l'ultraviolet distant comme les rayons gamma aux ondes radio en passant par la lumière visible. Une faible partie du rayonnement solaire arrive jusqu'à la surface de la Terre, des ondes radio décimétriques aux rayons ultraviolets les plus mous, le reste étant réfléchi ou absorbé par l'atmosphère et l'ionosphère. Lorsqu'il achève la surface de la Terre, en fonction de l'albédo de la surface frappée, une partie plus ou moins importante du rayonnement est réfléchi. L'autre partie de ce rayonnement solaire est absorbée par les êtres vivants qui y vivent la surface de la Terre (convertie en chaleur) ou par en particulier les végétaux (photosynthèse). Cette source d'énergie, appelée énergie solaire.

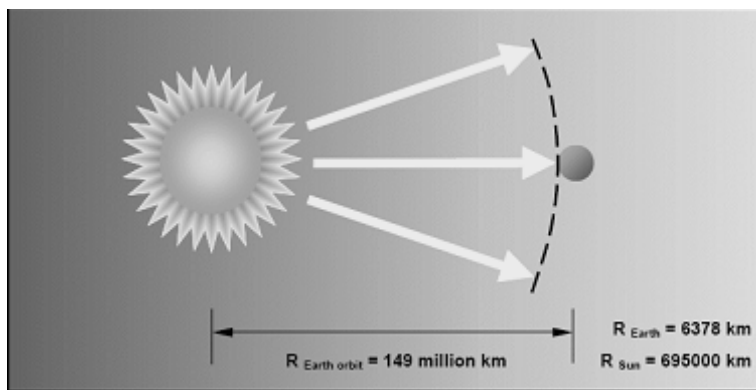


Figure-1 : Distance terre-soleil

Il existe plusieurs sources d'énergie renouvelables disponibles sur la planète dont les principales sont : l'énergie solaire, l'énergie éolienne, la biomasse, l'énergie hydraulique et la géothermie. Elles peuvent être converties en électricité, en chaleur ou bien selon les besoins. La cogénération d'électricité et de chaleur est possible dans le cas de la biomasse, de la géothermie et de l'énergie solaire.

Dans le cadre de notre étude, nous sommes concentrés sur la production d'électricité à partir de l'énergie photovoltaïque Autonome. Nous détaillerons dans ce qui suit les éléments ayant trait à cette ressource et sa transformation en énergie électrique. Alors c'est quoi l'énergie solaire ? Et comment on va transformer cette énergie en électricité ? Et quelle sont les instruments utilisée dans un système photovoltaïque Autonome et comment fonctionnent ?

Dans ce chapitre nous allons regarder les notions de base d'un système solaire et les composants, caractéristiques et le fonctionnement d'un système photovoltaïque Autonome en parlent de panneaux et batteries.

I.1.2. Energie solaire :

L'énergie solaire est la fraction de l'énergie électromagnétique provenant du Soleil, traversant l'atmosphère qui en absorbe une partie, et parvenant à la surface de la Terre. Sur Terre, l'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau, du vent et de la photosynthèse réalisée par le règne végétal, dont dépend le règne animal via les chaînes alimentaires. Le Soleil est à l'origine de la plupart des énergies sur Terre, à l'exception de l'énergie nucléaire et de la géothermie profonde.[1]

I.1.3. Techniques utilisant l'énergie solaire :

En une heure, le soleil va fournir à la Terre plus d'énergie que celle-ci n'en consomme en une année. Pour tirer profit des ressources solaires, il faut tout d'abord pouvoir collecter cette énergie. On retrouve deux grandes utilisations : le thermique et l'électricité.

Les techniques pour capter directement une partie de cette énergie peuvent être classées entre solaire passif, solaire photovoltaïque et solaire thermique.

I.1.3.1. Solaire passif :

L'énergie solaire passive est une énergie abondante et non polluante qui suppose la conception de bâtiments et la mise en place des composants de construction appropriés (écoconstruction ou architecture bioclimatique) afin d'utiliser l'énergie solaire pour l'éclairage naturel, le chauffage des locaux et/ou la climatisation des locaux. En plus de réduire la consommation d'énergie, un avantage primordial que procure l'énergie solaire passive est le confort ressenti par les occupants.

I.1.3.2. Solaire thermique :

L'énergie solaire thermique est une forme d'énergie solaire. Elle désigne l'utilisation de l'énergie thermique du rayonnement solaire dans le but d'échauffer un fluide (liquide ou gaz). L'énergie reçue par le fluide peut être ensuite utilisée directement (eau chaude sanitaire, chauffage, etc.) ou indirectement (production de vapeur d'eau pour entraîner des alternateurs et ainsi obtenir de l'énergie électrique, production de froid, etc).

I.1.3.4. Solaire thermodynamique :

Le solaire thermodynamique est une technique solaire qui consiste à concentrer l'énergie solaire (via des héliostats, miroirs, etc.) pour produire :

- de l'électricité, sur le même principe qu'une centrale électrique classique (production de vapeur à haute pression qui est ensuite turbinée) ;
- un travail mécanique, en transformant un liquide en gaz ou en échauffant directement une partie du moteur, comme dans le moteur Stirling.

I.1.3.5. Solaire Photovoltaïque :

Le terme photovoltaïque peut désigner le phénomène physique d'effet photovoltaïque ou la technique associée. L'énergie solaire photovoltaïque est l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire par une cellule photovoltaïque. Plusieurs cellules sont reliées entre elles dans un module photovoltaïque, puis les modules sont regroupés pour former des panneaux solaires, installés chez un particulier ou dans une centrale solaire photovoltaïque. Après transformation en courant alternatif grâce à un onduleur, l'installation solaire peut satisfaire un besoin local (en association avec un moyen

de stockage) ou être injectée dans un réseau de distribution électrique (le stockage n'étant alors pas nécessaire).

Le système solaire « passif »

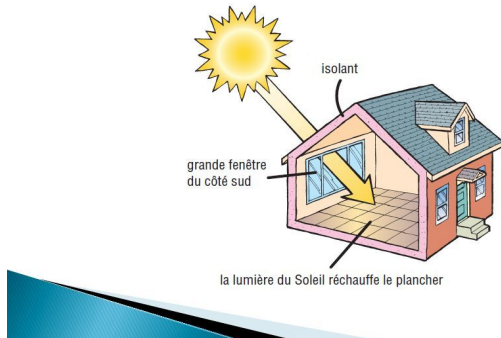


Figure I-2 : Un système solaire thermique

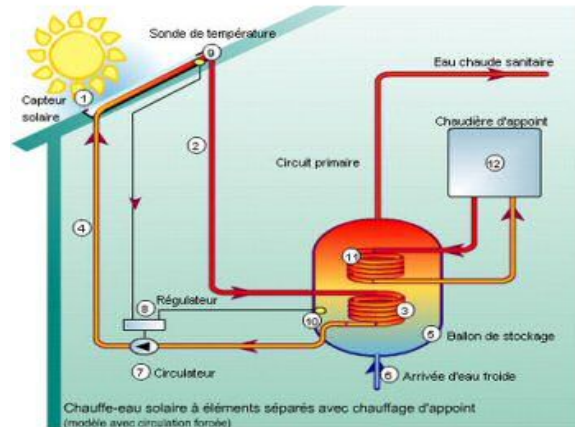


Figure I- 3 : Un système solaire passif

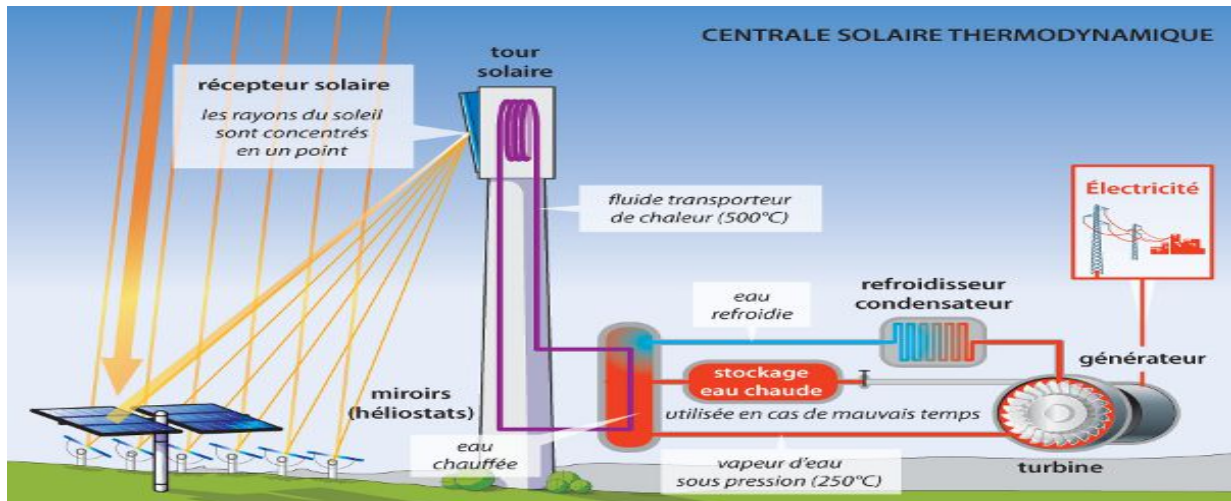


Figure I- 4 : Un système solaire thermodynamique

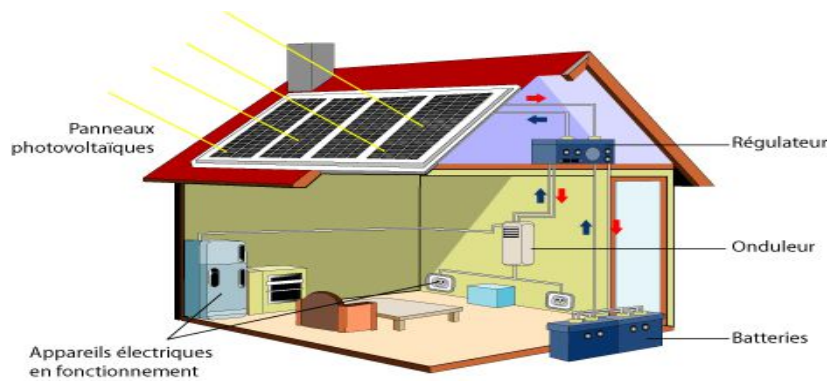


Figure I- 5 : Un système solaire photovoltaïque

I.1.4. Energie solaire photovoltaïque :

L'électricité photovoltaïque est une technologie remarquable qui transforme le rayonnement lumineux en électricité. L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par le physicien français Alexandre-Edmond Becquerel. Cette filière s'est ensuite développée par la nécessité d'approvisionner en électricité solaire les satellites.

L'énergie solaire photovoltaïque (ou énergie photovoltaïque ou EPV) est une énergie électrique produite à partir du rayonnement solaire grâce à des panneaux ou des centrales solaires photovoltaïques. Elle est dite renouvelable, car sa source (le Soleil) est considérée comme inépuisable à l'échelle du temps humain. En fin de vie, le panneau photovoltaïque aura produit 20 à 40 fois l'énergie nécessaire à sa fabrication et à son recyclage.

La cellule photovoltaïque est le composant électronique de base du système. Elle utilise l'effet photoélectrique pour convertir en électricité les ondes électromagnétiques (rayonnement) émises par le Soleil. Plusieurs cellules reliées entre elles forment un module solaire photovoltaïque et ces modules regroupés entre eux forment une installation solaire. L'électricité est soit consommée ou stockée sur place, soit transportée par le réseau de distribution et de transport électrique.[2]

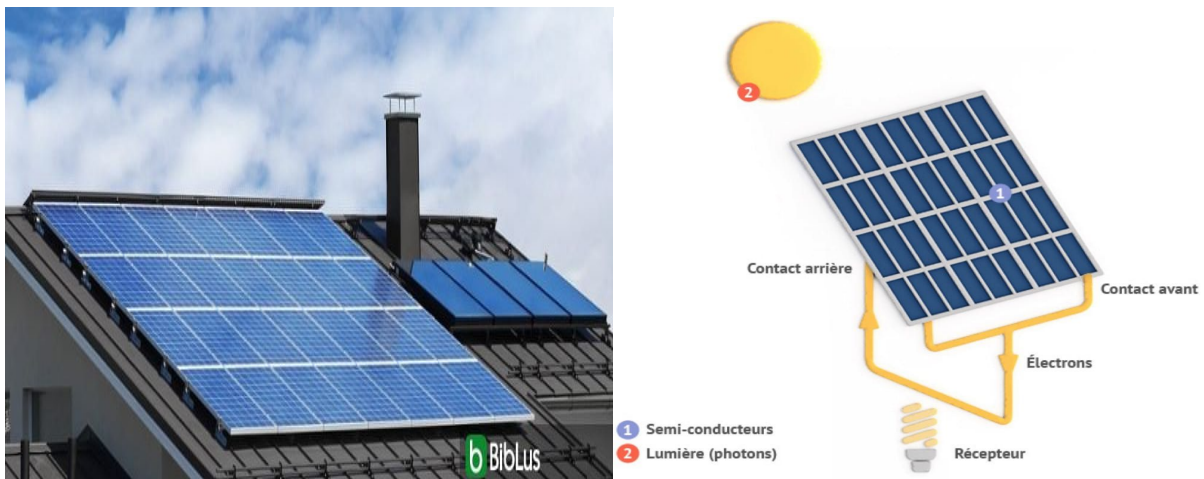


Figure I- 6 : Une installation d'un panneau solaire photovoltaïque

I.1.5. Différents types d'installation solaire photovoltaïque :

Il y a principalement deux types d'installations : autonomes ou reliées au réseau public, avec une version hybride qui s'appuie sur l'autonomie en la combinant à d'autres technologies.

I.1.5.1. Installation électrique photovoltaïque autonome :[3]

Est surtout populaire pour les habitations éloignées du service public pour lesquelles le raccordement au réseau serait trop onéreux. Ces installations requièrent alors un dimensionnement adéquat de façon à répondre à tous les besoins électriques de la maison.

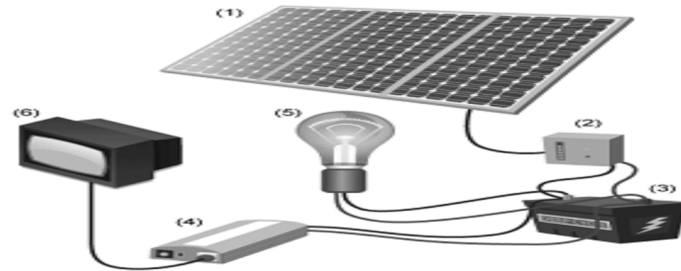


Figure I- 7 : Installation électrique photovoltaïque autonome

I.1.5.2. Installation électrique photovoltaïque raccordée au réseau :

Les systèmes de production d'énergie photovoltaïque connectés au réseau publics résultent de la tendance à la décentralisation du réseau électrique. L'énergie est produite plus près des lieux de consommation - et non pas seulement par de grandes centrales thermiques ou hydroélectriques. Au fil du temps, les systèmes branchés au réseau réduiront la nécessité d'augmenter la capacité des lignes de transmission et de distribution. Une telle approche permet de produire sa propre électricité en périodes ensoleillées et d'acheminer son excédent d'énergie vers le réseau, auprès duquel le client s'approvisionne au besoin.

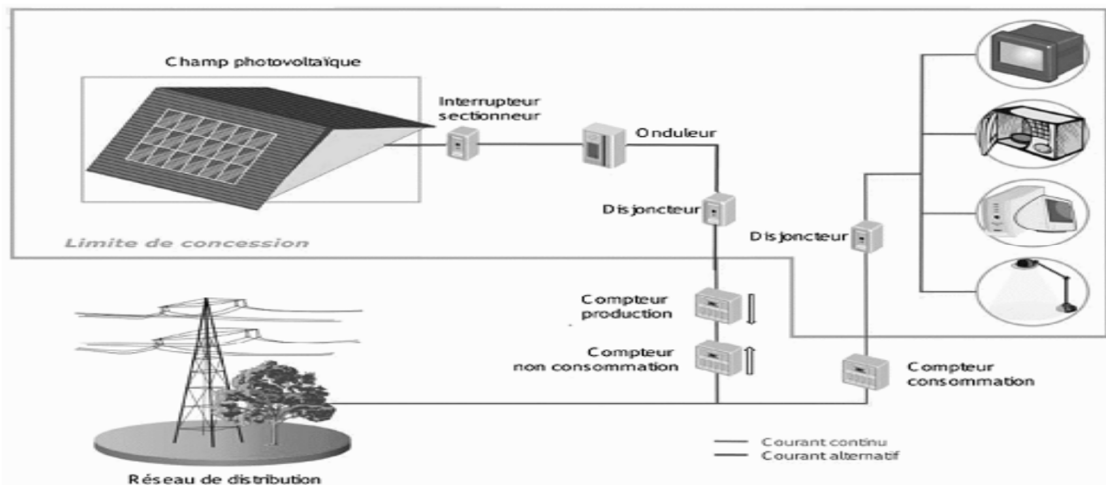


Figure I- 8 : Installation électrique photovoltaïque raccordée au réseau

I.1.5.3. Installation électrique photovoltaïque hybride :

Il s'agit d'un système qui regroupent des sources d'énergie de nature différentes tels qu'une installation éolienne, un générateur diesel ou une centrale de cogénération en plus du générateur photovoltaïque. Ce type d'installation est utilisé lorsque le générateur photovoltaïque seul ne couvre pas toute l'énergie requise.

I.1.6. Centrale solaire photovoltaïque Autonome :

I.1.6.1. Autonomie :

C'est la durée pendant laquelle le stockage assure le fonctionnement du récepteur sans recevoir aucune charge de la part du photo-générateur. Elle dépend de la capacité de l'accumulateur et de l'énergie requise par le récepteur, indépendamment du photogénérateur. Le besoin en autonomie, dépend du type de récepteur et de son usage.

Pour une montre solaire, on peut décider de garantir un fonctionnement d'un mois dans l'obscurité (au-delà, il faudra la remettre à l'heure).

L'autonomie sans apport solaire sera donc de 30 jours. Pour une alimentation de haute sécurité en extérieur, on choisira de maintenir 15 jours de fonctionnement dans la batterie pour pallier une succession de journées mal ensoleillées (ce n'est qu'un exemple, cela dépend bien sûr du climat). L'autonomie sans apport solaire sera donc de 15 jours.

Pour un usage domestique de week-end, on se contentera de 3 jours si c'est la durée maximale de séjour des occupants. L'autonomie sans apport solaire sera alors de 3 jours.

Pour une calculatrice, même si elle fonctionne au fil du soleil, il faut fournir un pic de courant au démarrage des circuits, on pourra alors mettre un condensateur qui se chargera hors des périodes d'utilisation et fournira ce courant plus élevé sur une très courte durée. Dans ce cas, l'autonomie sans apport solaire sera de quelques microsecondes

En général, pour un usage extérieur, la batterie doit faire fonctionner le système en cas de successions de journées mal ensoleillées.[4]

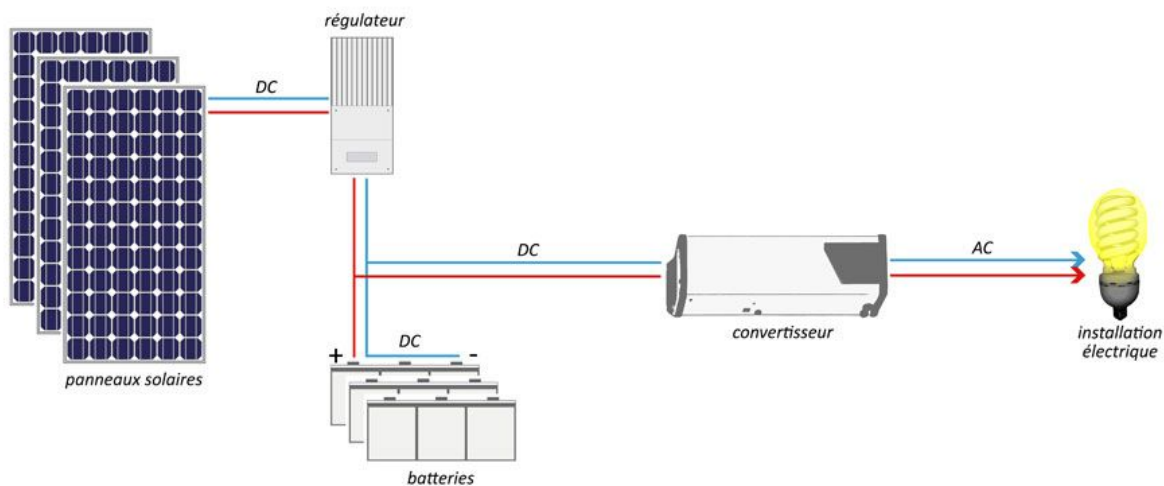


Figure I- 9 : Système solaire photovoltaïque autonome

Un système photovoltaïque autonome se compose de quatre éléments :

- un champ de panneaux photovoltaïques
- un système de stockage de l'électricité
- un régulateur
- un onduleur (si la puissance est supérieure à 1kW)

L'énergie électrique est fournie par les panneaux photovoltaïques. Elle est ensuite dirigée vers le système de stockage ou vers l'utilisateur, directement ou via l'onduleur. Le régulateur permet de gérer les échanges d'énergie entre les panneaux photovoltaïques, le Système de stockage et l'utilisation.

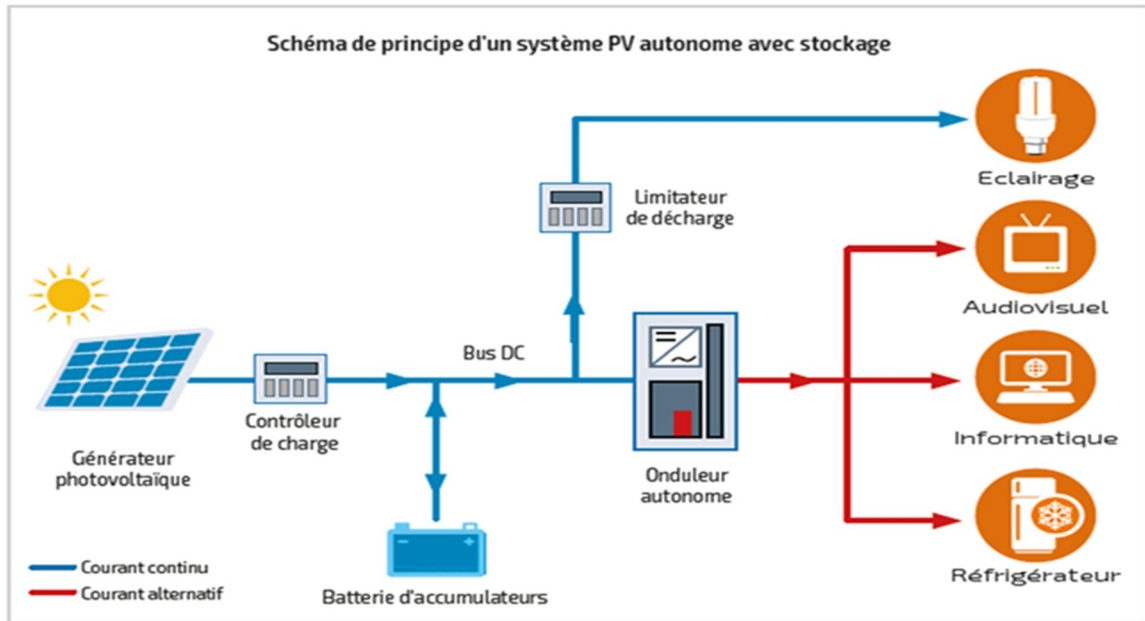


Figure I- 10 : schéma de principe d'un système PV autonome avec stockage

I.1.7. Panneau solaire photovoltaïque :

Un panneau solaire est un dispositif convertissant une partie du rayonnement solaire en énergie électrique, grâce à des capteurs solaires photovoltaïques.

I.1.8. Capteur solaire photovoltaïque :

Un capteur solaire photovoltaïque est un module photovoltaïque qui fonctionne comme un générateur électrique de courant continu en présence de rayonnement solaire. Constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques reliées entre elles électriquement, il sert de module de base pour les installations photovoltaïques et notamment les centrales solaires photovoltaïques.[5]

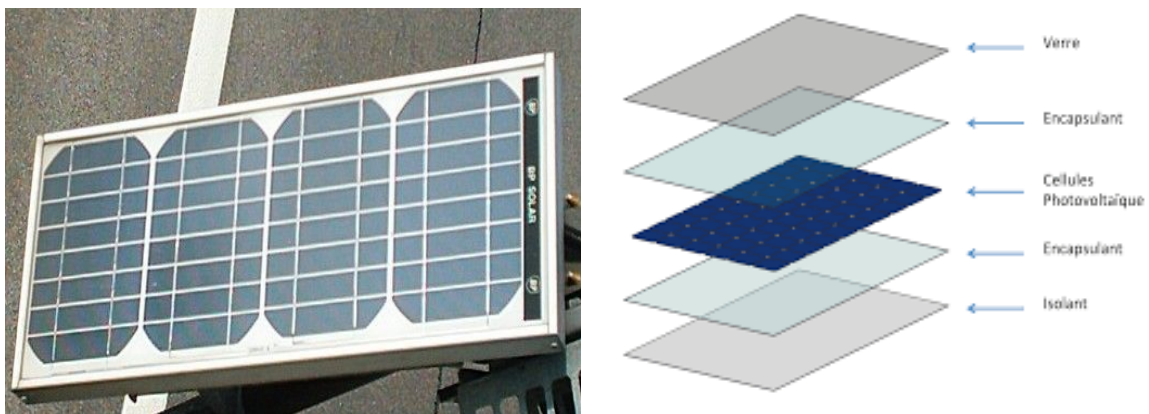


Figure I- 11 : Un capteur solaire photovoltaïque

I.1.9. Cellules photovoltaïques :

Une cellule photovoltaïque, ou cellule solaire, est un composant électronique qui, exposé à la lumière, produit de l'électricité grâce à l'effet photovoltaïque. La puissance obtenue est proportionnelle à la puissance lumineuse incidente et dépend du rendement de la cellule. Celle-ci délivre une tension continue et un courant la traverse dès qu'elle est connectée à une charge électrique (en général un onduleur, parfois une simple batterie électrique).[5]

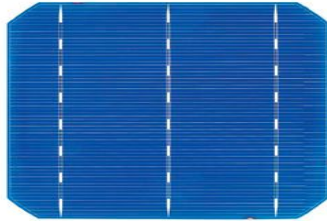


Figure I- 12 : Cellule photovoltaïque

I.1.10. Types de cellules photovoltaïques [5] :

I.1.10.1. Silicium amorphe :

Les cellules photovoltaïques en silicium amorphe sont fabriquées par dépôts sous vide, à partir de plusieurs gaz, une des techniques les plus utilisées étant la PECVD. La cellule est gris très foncé. C'est la cellule des calculatrices et des montres dites « solaires ».

I.1.10.2. Silicium monocristallin :

C'est la filière historique du photovoltaïque. Les cellules monocristallines sont les photopiles de la première génération. Elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en une seule pièce. Elles ont un bon rendement mais la méthode de production est laborieuse et coûteuse. C'est la cellule des calculatrices et des montres dites « solaires ».

I.1.10.3. Silicium polycristallin :

Les cellules polycristallines sont élaborées à partir d'un bloc de silicium composé de cristaux multiples. Elles ont un rendement plus faible que les cellules monocristallines mais leur coût de production est moindre.

I.1.11. Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque (Jonction PN) :

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.

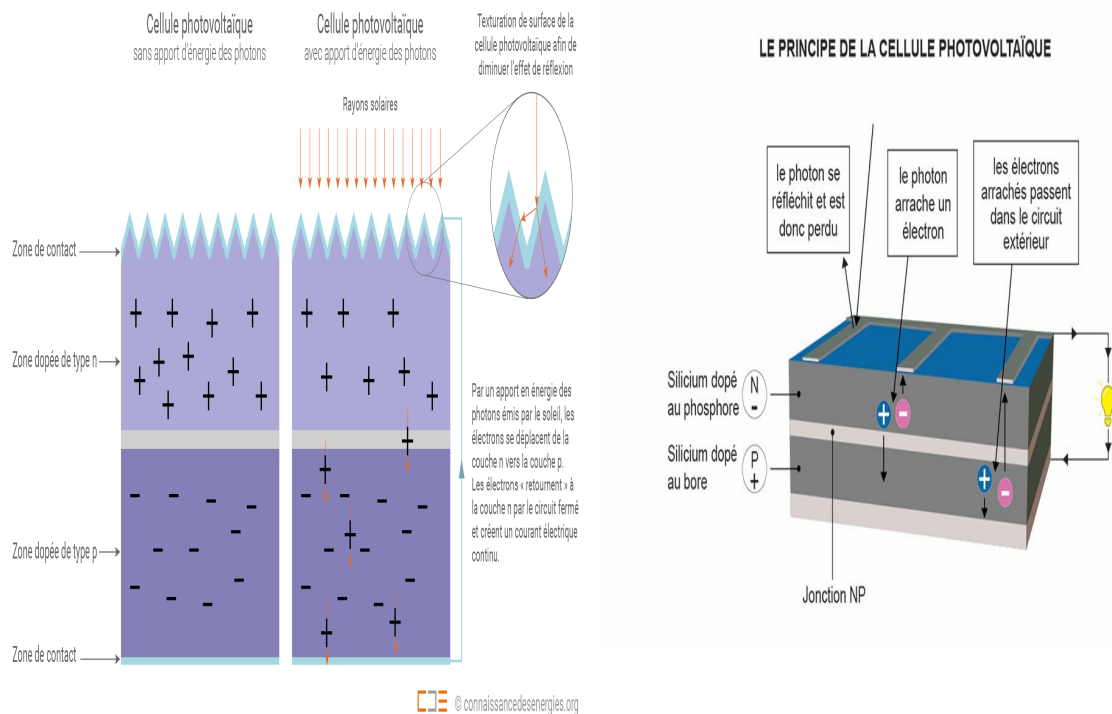


Figure I-13 : Principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque

I.1.12. Performances d'un générateur PV :

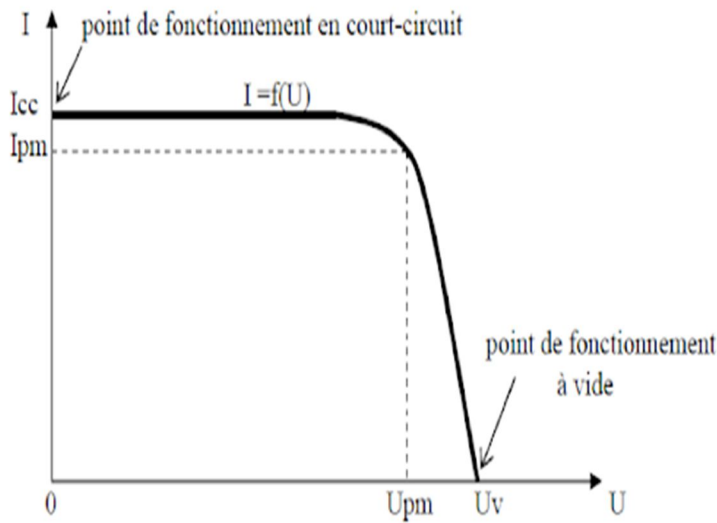
Comme on a défini précédemment un générateur photovoltaïque ou module est constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques élémentaires montée en série et/ou en parallèle afin d'obtenir des caractéristiques électriques désirés tels que la puissance, le courant de court-circuit ou la tension en circuit ouvert.

I.1.13. Caractéristique d'un panneau photovoltaïque :

La puissance électrique délivrée par le module photovoltaïque est le produit de la tension et du courant qu'il génère. Ces deux grandeurs courant-tension délivrées par le module photovoltaïque dépendent des propriétés du module mais aussi de la charge aux bornes du module.

Dans cette partie du cours, nous étudierons les propriétés électriques d'un module photovoltaïque.[6]

I.1.13.1. Caractéristique Courant-Tension :



Cette caractéristique courant-tension est une relation entre la tension et le courant délivrés par la cellule photovoltaïque. Il s'agit du courant qui traverse la cellule photovoltaïque lorsque celle-ci est court-circuit, c'est-à-dire lorsque le pôle + est relié au pôle - (la tension à ses bornes est alors nulle).

Figure I-14 : Courbe caractéristique courant-tension d'un module photovoltaïque

I.1.13.2. Influence de l'éclairement :

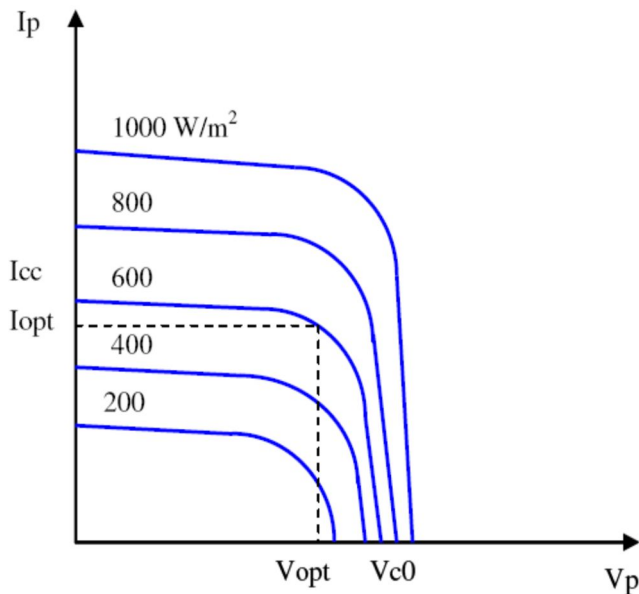


Figure I-15 : Courbes $I(V)$ d'un panneau solaire à divers Eclairement

Le niveau d'éclairement correspond à l'intensité lumineuse incidente perpendiculairement à la surface de la cellule photovoltaïque. Il s'agit d'une puissance et se mesure en W/m^2 (watt par m^2).

Le courant débité par une cellule dépend fortement du niveau d'éclairement. On constate expérimentalement que le courant de court-circuit est directement proportionnel à l'éclairement. Quant à la tension, celle-ci est peu sensible aux variations du niveau d'éclairement.

Sur l'exemple ci-contre, lorsque le niveau d'éclairement est divisé par 2 (il passe de 1000 W/m^2 à 500 W/m^2), on constate que le courant de court-circuit I_{cc} est aussi divisé par 2 (il passe de 5 A à 2.5 A) et la tension en circuit ouvert V_{c0} diminue de 4 %.

I.1.13.3. Influence du Température :

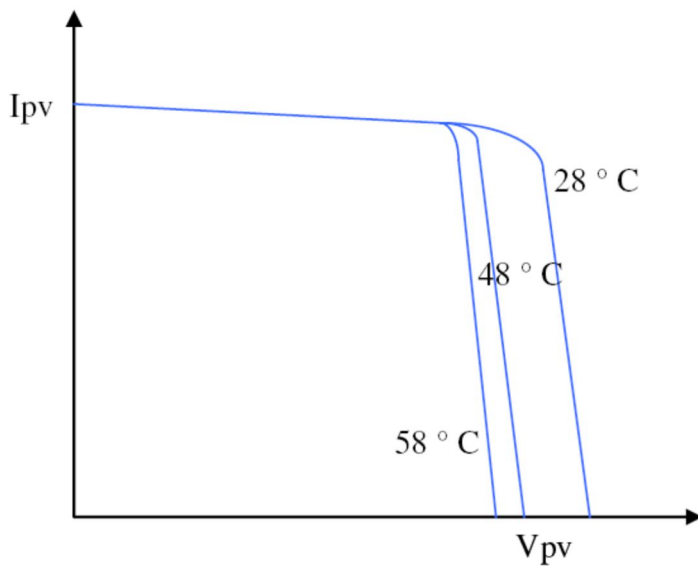


Figure I- 16 : Courbes I(V) d'un panneau à diverses températures

Le deuxième paramètre qui influence le profil de la caractéristique courant-tension d'une cellule photovoltaïque est la température de la cellule.

On observe que la température de la cellule photovoltaïque induit un effet notable sur la tension de celle-ci. Par contre, l'effet de la température sur le courant de la cellule photovoltaïque est négligeable.

Il apparaît que plus la température de la cellule augmente, plus la tension à vide de celle-ci diminue.

La puissance de la cellule étant égale au produit du courant et de la tension, la même règle s'applique sur la puissance : plus la température de la cellule augmente, plus la puissance de celle-ci diminue.

I.1.13.4. Association de cellules photovoltaïque série :

Une association de N_s modules en série permet d'augmenter la tension du module photovoltaïque. Les modules sont alors traversés par le même courant et la caractéristique résultant du groupement série est obtenue par addition des tensions élémentaires de chaque module.

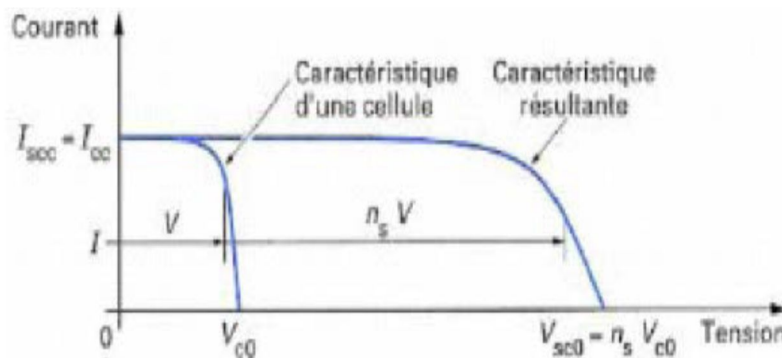


Figure I. 17 Association de panneaux en série

I.1.13.5. Association de cellules photovoltaïque parallèle :

Les propriétés du groupement en parallèle des cellules sont duales de cellules du groupement en série. Ainsi dans un groupement de cellules connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultant est obtenue par addition des courants à tension donnée.

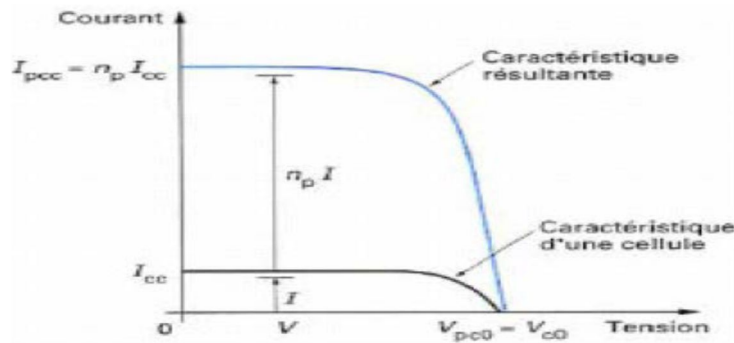


Figure I- 18 : Association de cellules photovoltaïque parallèle

I.1.14 Fonctionnement d'un Générateur photovoltaïque a sa puissance maximale :

La conception globale de systèmes photovoltaïques optimisés est par nature difficile. En effet, coté source, pour un générateur photovoltaïque (PV), la production de puissance varie fortement en fonction de l'éclairement, de la température, mais aussi du vieillissement global du système comme nous avons pu le voir dans les parties précédentes.

Chaque charge, que ce soit en continu (batteries, certains appareils électroménagers destinés à des réseaux continus isolés) a son comportement propre. De plus, souvent, la variation du comportement de la charge varie brutalement en fonction de la consommation des utilisateurs, ce qui est souvent difficile à prévoir surtout sur des petits réseaux locaux.

Ainsi, pour qu'une connexion source-charge soit possible, un point de fonctionnement correspondant à l'intersection des caractéristiques électriques doit exister. Alors le fonctionnement du générateur PV dépend fortement des caractéristiques de la charge à laquelle il est associé. En effet, pour la charge résistive de différentes valeurs, l'adaptation optimale ne se produit que pour un seul point de fonctionnement particulier, nommé Point de Puissance Maximal (PPM).

I.2 Batteries et système de stockage

A cause de l'absence permanente de l'énergie solaire, pour diverses raisons : météo, saisons, temps dans la journée, etc., nous avons besoin d'une réserve d'énergie électrique pour faire fonctionner les systèmes photovoltaïques. C'est pour cela que l'utilisation des batteries solaires pour le stockage de l'énergie est nécessaire pour garantir une disponibilité permanente et constante de cette dernière, quels que soient les conditions atmosphériques ou l'horaire du moment.

Dans une installation PV, le stockage correspond à la conservation de l'énergie produite par le générateur PV, en attente pour une utilisation ultérieure. La gestion de l'énergie solaire nécessite d'envisager des stockages suivant les conductions météorologiques et qui vont répondre à deux fonctions principales :

- Fournir à l'installation de l'électricité lorsque le générateur PV n'en produit pas (la nuit ou par mauvais temps par exemple)
- Fournir à l'installation des puissances plus importantes que celles fournies par le générateur PV.

Le système de stockage est un élément important dans l'installation photovoltaïque du point de vue technique, mais aussi du point de vue économique; car il représente 40 à 50 % du coût de l'installation. Vu l'importance du stockage électrochimique de l'énergie solaire, une étude théorique des différents types de batteries est menée, en particulier la batterie au plomb qui est la moins coûteuse comparativement aux autres batteries. Alors c'est quoi une batterie ? Quelle sont ces types ? Et comment fonctionne dans un système photovoltaïque ?

I.2.1 Stockage d'énergie :

L'énergie produite par les panneaux photovoltaïques est stockée dans les batteries solaires. Ces batteries permettent ainsi d'assurer l'alimentation électrique en toutes circonstances (jour, nuit, ciel couvert).

Les batteries utilisées avec des panneaux solaires ou une éolienne, appelées batteries à décharge lente n'ont pas les mêmes caractéristiques qu'une batterie de voiture. La batterie solaire se décharge progressivement et supporte bien les décharges fréquentes peu profondes.

Il est risqué de brancher une batterie solaire directement sur un panneau solaire, car vous risquez d'endommager la batterie si son niveau de charge dépasse les 90%. En installant un régulateur entre le panneau et la batterie, celle-ci est protégée entre autre contre la surcharge.

En effet, le niveau de charge des batteries solaires ne doit être ni trop bas (pas en dessous de 40%) ni trop haut (ne pas dépasser 95%). Dans les deux cas, la batterie se détériore et sa durée de vie baisse beaucoup.[7]

I.2.2 Définition d'une batterie solaire :

Une batterie solaire est un appareil destiné à stocker l'énergie électrique produite par les panneaux solaires photovoltaïques. Le courant qui y entre ou qui en sort est forcément continu (DC) et non alternatif (AC, comme dans le réseau électrique domestique). Les batteries sont indispensables dans les installations autonomes car les modules photovoltaïques ne fonctionnent que quand il y a de la lumière. Pour consommer de l'électricité le soir ou la nuit, il faut donc que les batteries en aient emmagasiné la journée.



Figure I-19 : exemple d'une batterie solaire

I.2.3 Principe de fonctionnement d'une batterie solaire :[8]

Les panneaux solaires vont produire de l'énergie durant les heures pleines ensoleillées. Si cette énergie n'est pas directement utilisée sur place, il va falloir la stocker. Les batteries solaires permettent de stocker l'excédent de production et de recourir à cette électricité la nuit ou les jours de mauvais temps. Attention, la batterie ne doit pas être directement branchée sur les panneaux, au risque de l'endommager. Il faut installer un régulateur entre la batterie et le module solaire. L'utilisation des batteries est fréquente dans le cas de l'autoconsommation, lorsque l'on souhaite gagner en autonomie. Ce système de stockage représente également un apport fiable et permanent en électricité pour les sites isolés, qui ne peuvent pas être reliés au réseau public.

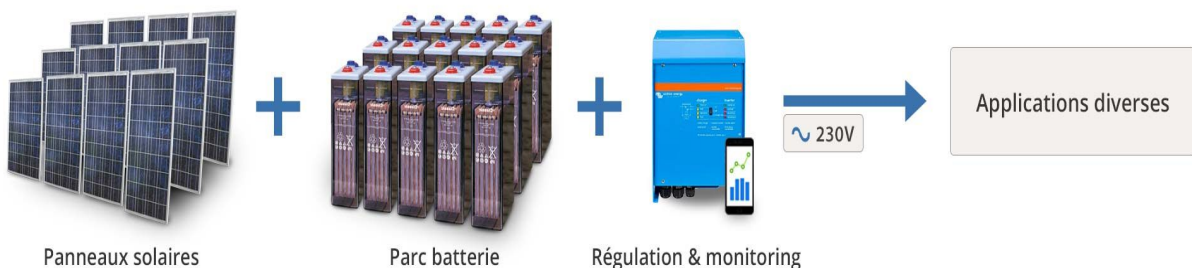


Figure I-20 : schéma centrale solaire photovoltaïque autonome

I.2.4 Batterie dans un système photovoltaïque :

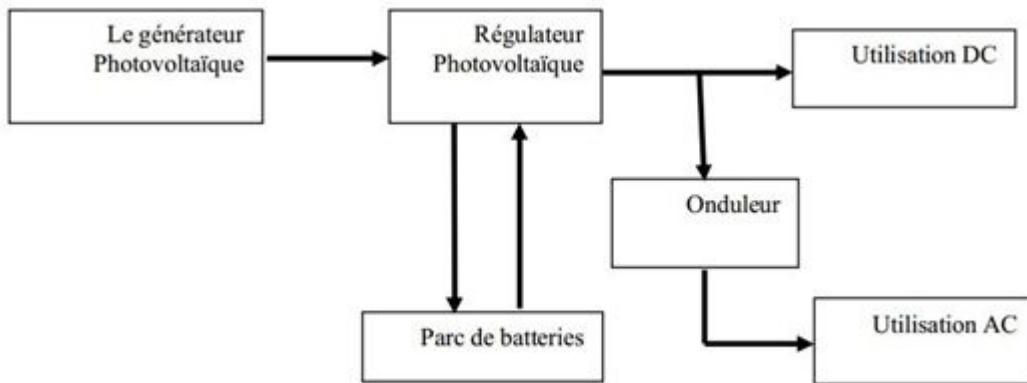


Figure I- 21 : schéma synoptique d'un système photovoltaïque

Dans le cadre d'un projet photovoltaïque en autoconsommation totale ou partielle, l'installation d'une batterie peut permettre d'augmenter le taux d'autoconsommation (part de l'électricité photovoltaïque produite qui est directement consommée sur place). Lorsque la production est supérieure à la consommation, l'électricité excédentaire est stockée dans la batterie; elle est ensuite déstockée quand la consommation est supérieure à la production.

I.2.5 Types de batteries[9] :

I.2.5.1 Batterie au plomb :

Jusqu'à tout récemment, la batterie plomb ouvert était la seule technologie de batterie pratique pour stocker l'électricité solaire. Ce type de batterie fonctionne notamment avec une solution d'acide sulfurique liquide. Il s'agit du même type de batterie que vous avez dans votre voiture, mais les versions de stockage solaire sont beaucoup plus volumineuses.

On l'entrepose plutôt dans des endroits frais ou climatisés, car la chaleur réduit considérablement sa durée de vie. Il faut aussi que le lieu soit aéré, car en se chargeant la batterie plomb ouvert libère de l'hydrogène. Evitez également de l'installer en plein air, au risque de la voir geler à cause du froid !



Figure I-22 : Batterie au plomb

I.2.5.2 Batterie Lithium :

Ce n'est pas un hasard si les batteries lithium comptent parmi les plus populaires du marché. En pleine expansion, cette technologie se retrouve partout dans notre quotidien : dans nos voitures et nos smartphones. Elle incarne l'innovation d'aujourd'hui et de demain comme tend à le démontrer la nouvelle batterie lithium Powerwall de Tesla. Les batteries au lithium sont plus légères et plus compactes que les batteries au plomb. Elles peuvent également être déchargées plus profondément que les batteries au plomb. Elles sont particulièrement sollicitées pour leur durée de vie étendue : elles peuvent monter jusqu'à 6 000 cycles à un taux de décharge de 80%.

COMPOSANTS D'UNE BATTERIE LITHIUM-ION

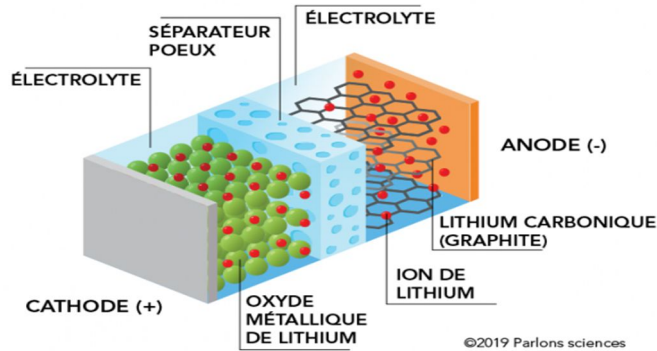


Figure I- 23 : Batterie Lithium

I.2.5.3 Batterie AGM :

Le sigle AGM est l'acronyme de « Absorbed Glass Mat ». Ce qui signifie que l'électrolyte dont 70% d'eau et 30% d'acide, se trouvant dans la batterie étanche AGM est absorbé ou stabilisé à l'intérieur des buvards en fibre de verre. Ces derniers, connus sous le nom de boron-silicates sont coincés entre les plaques. Autrement dit, les hydrogènes et les oxygènes sont mélangés à l'intérieur de la batterie.

À la différence des batteries ouvertes, celle étanche AGM n'a pas besoin qu'on ajoute de l'eau distillée puisqu'elle se forme après que le gaz soit conduit vers l'électrode négative en traversant les buvards des borosilicates et recombine par la suite pour former de l'eau. Comme les batteries GEL, ce type de batterie étanche est beaucoup plus tolérant aux éventuelles erreurs de manipulation. Pour ce qui est de son taux d'émission d'hydrogène, il est moins de 4%. De ce fait, on peut dire qu'elle respecte les normes de sécurité sans concession. De plus, nombreux sont ceux qui choisissent une batterie étanche AGM du fait qu'elle résiste aux chocs et à toute sorte de vibrations par rapport à tant d'autres types de batteries. Ceci est possible grâce à ses plaques qui sont fixées et étroitement serrées aussi bien à partie supérieure qu'à la partie inférieure de la batterie.



Figure I- 24 : Batterie AGM

I.2.5.4 Batteries Gel :

On entend par batterie gel une batterie plomb à électrolyte gélifié. Inventé dans les années 1950 en Allemagne, ce type de batterie créé par Sonnenschein fait partie de celles qui ont une durée de vie optimale par rapport à tant d'autres batteries. Plus exactement, elle est 8 fois plus résistante qu'une batterie traditionnelle. Elle est d'ailleurs la plus utilisée pour stocker de l'énergie solaire.

Pour ce type de batterie pour panneau solaire, l'électrolyte n'est pas mobilisé durant l'ajout de gel de silice. Ce qui la permet de durer dans le temps est le fait qu'on lui a additionné de l'acide phosphorique. Comme une batterie AGM, une GEL présente une autodécharge très faible de 1 à 3% en un mois. C'est ainsi que son risque de tomber à plat est moindre même si les résidents dans le lieu où elle se trouve ne la charge pas durant des mois. Cet avantage est dû au fait qu'elle est faite à partir de matériaux purs et de grilles au plomb-calcium. Il est toutefois à préciser qu'une batterie gel doit toujours être accompagnée d'un régulateur de charge solaire capable de bien contrôler les voltages d'absorption et le float plus bas pour qu'elle puisse tenir assez longtemps et pour éviter qu'elle ne s'abîme rapidement.



Figure I- 25 : Batterie Gel

La différence entre une batterie AGM et Gel : La technologie est différente. Pour les batteries AGM les électrodes sont comprimées dans des buvards en fibre de verre qui permettent d'assurer la résistance mécanique des électrodes. Pour les batteries gel, l'électrolyte est également une solution d'eau et d'acide sulfurique mais mélangée à de la silice.

I.2.6. Caractéristique d'une batterie solaire :

I.2.6.1. Poids et volume :

On ne choisit pas une batterie en fonction de son poids ou de son volume, mais il faut savoir que les batteries au plomb (les plus utilisées) sont, par exemple, au minimum 5 fois plus lourdes que les batteries Li-ion. Le principal intérêt d'une batterie légère est que l'on facilite le transport. Étant donné qu'une batterie légère est souvent moins résistante, il vaut mieux ne pas se concentrer sur le poids et le volume pour faire son choix, à moins de devoir respecter des contraintes très particulières.

I.2.6.2. Tension :

Une batterie est constituée d'éléments de base ayant une tension nominale de 2 volts (en réalité entre 1.9 et 2.1 volts selon l'état de charge). Il existe bien entendu des batteries 6 V, 12 V ou 24 V, mais ce n'est qu'un assemblage en série de plusieurs éléments (respectivement 3 x 2 V, 6 x 2 V et 12 x 2 V). Vu de l'extérieur, on ne voit pas cet assemblage sauf pour les batteries à électrolyte liquide qui disposent de bouchons sur chaque élément pour la remise à niveau.

I.2.6.3. Capacité :

La capacité d'une batterie correspond à la quantité d'énergie qui peut être restituée sur une période donnée. Cette capacité s'exprime en ampères-heures (Ah) et se note C. Elle fait partie des données les plus importantes puisqu'elle permet de connaître la quantité d'énergie qu'il est possible de stocker dans la batterie. Une batterie qui possède une grande capacité vous donnera plus d'autonomie, à condition que les modules soient suffisamment grands pour la recharger.

I.2.6.4. Durée de vie :

La durée de vie d'une batterie est rarement indiquée, car elle dépend énormément des conditions d'utilisation. On parle en général d'une durée de vie de 300 cycles, un cycle correspondant à une décharge et une recharge. Cela ne correspond pas à 300 jours. Ce qui conditionnera le plus l'espérance de vie de la batterie est le taux maximum de décharge qu'on lui fera subir. Ainsi, si une batterie est prévue pour 300 cycles à 100 % de décharge, elle pourra tenir 600 cycles à 50 % de décharge, 900 cycles à 33 % de décharge, et ainsi de suite.

I.2.7. Conditions de fonctionnement des batteries dans les systèmes photovoltaïques [4]:

I.2.7.1. Conditions environnementales :

Ces conditions consistent essentiellement en la température ambiante et l'humidité. Des températures très faibles peuvent engendrer une solidification de l'électrolyte qui pourrait casser le bac et endommager la batterie. Des températures élevées accélèrent les phénomènes d'autodécharge et augmentent également la part des réactions parasites en fin de charge. En ce qui concerne l'humidité, elle augmente la corrosion des collecteurs de courant, ce qui augmente la résistance interne de la batterie et entraîne une recharge non optimale par un système photovoltaïque. Pour limiter l'influence des conditions environnementales, il est nécessaire d'installer la batterie dans un local adapté permettant d'éviter les températures extrêmes et l'humidité tout en permettant la dissipation de la chaleur.

I.2.7.2. Stockage, transport et maintenance :

Un stockage de longue durée de la batterie avant son utilisation peut causer une forte autodécharge, en partie irréversible notamment au cours du transport, la batterie peut subir des chocs mécaniques qui engendrent une casse du bac ou une fuite de l'électrolyte, ce qui entraîne en particulier la corrosion des connections extérieures. La maintenance concerne essentiellement les batteries ouvertes. Un manque de maintenance peut engendrer une diminution de la durée de vie de la batterie. Il s'agit essentiellement de la vérification du niveau de l'électrolyte et de son ajustement si nécessaire.

I.2.8. Comment choisir une batterie pour une installation solaire photovoltaïque ?

Les caractéristiques techniques principales pour choisir la batterie idéale pour une installation sont :

➤ Tension de stockage:

Simplement car plus la consommation d'électricité est importante, plus la tension doit être élevée.

➤ Capacité de stockage de votre batterie :

Pour bien dimensionner sa batterie pour panneaux solaires, il convient en premier lieu de s'assurer que vous produisez assez de surplus d'électricité pour la remplir rapidement. Enfin, gardez à l'esprit que plus vous souhaitez être autonome, plus la capacité de votre batterie solaire doit être élevée.

I.2.9. Avantages d'un système solaire photovoltaïque Autonome:

I.2.9.1. Avantages écologiques :

- Le panneau solaire photovoltaïque contribue à la réduction des émissions de CO₂, à la réduction des rejets polluants et à la préservation des ressources naturelles.
- Le panneau solaire photovoltaïque contribue à l'évolution des consciences vers la préservation de la nature.
- Les panneaux solaires photovoltaïques sont recyclables.

I.2.9.2. Avantages économique :

- Une très bonne rentabilité et un amortissement rapide. (du fait de la baisse du prix des installations photovoltaïque divisé par 2 en 5 ans).
- Une prévision sûre à long terme de l'investissement et du rendement (que ce soit pour l'auto-consommation avec ou pas vente de surplus ou tout simplement vente totale de l'électricité).
- L'autoconsommation énergétique en fort développement depuis 2016 qui se confirme réellement en 2020. (représentant environ 90 % du marché actuel des particuliers).
- Un prix de l'électricité en très forte augmentation en 2019 : + 7 % => avantage économique de plus en plus important en 2020 pour l'autoconsommation électrique via des panneaux solaires photovoltaïque.

I.2.9.3. Avantages techniques :

- Des systèmes de panneaux solaires photovoltaïques simples et rapides à installer.
- Des installations de panneaux solaires photovoltaïques robustes et nécessitant très peu de maintenance (peu de mouvement => peu d'usure).
- Pas de combustion => peu d'usure thermique des composants.
- Des systèmes fiables et stables (résistance aux intempéries, aux rayonnements UV et aux variations de température).
- Une évolution technique importante depuis + de 5ans (micro-onduleur, domotique, suivi production, système de batteries de plus en plus fiable et la nouveauté des batteries virtuelles...).
- Des systèmes intelligents et des progrès techniques impressionnant pour l'auto-consommation énergétique 2020.

I.2.10. Inconvénients d'un système solaire photovoltaïque :

- Les panneaux solaires coûtent excessivement cher, du fait de la haute technicité qu'ils requièrent.
- Le rendement actuel des cellules photovoltaïques reste assez faible (environ 10% pour le grand public) et donc ne délivre qu'une faible puissance. De ce fait, pour couvrir un besoin familial, une grande surface de panneaux photovoltaïques est nécessaire.
- Le rendement maximum d'un panneau solaire s'obtient uniquement quand la surface du panneau est strictement perpendiculaire aux rayons solaires. Idéalement, il faudrait donc que la position du panneau varie suivant les saisons et au cours de la journée, ce qui n'est quasiment pas réalisable.
- La production d'électricité ne se fait que le jour alors que la plus forte demande se fait la nuit.
- Le stockage de l'électricité est également très difficile avec les technologies actuelles.
- Le recyclage des cellules photovoltaïques en fin de vie pose des problèmes environnementaux. Les batteries utilisés par les panneaux photovoltaïques sont composés de plomb, de zinc, de cadmium, . . . et donc ont un impact sur l'environnement.
- Les usines de production de cellules photovoltaïques émettent un grand taux de Dioxyde de Carbone.
- La transformation du silicium de sa forme naturelle (non exploitable) à sa forme traitée (exploitable) nécessite une très haute température (donc beaucoup d'énergie).
- Les panneaux noirs ne sont pas toujours esthétiques, notamment sur des bâtiments non modernes.

I.2.10. Conclusion :

Dans ce chapitre, Nous avons vu des notions sur l'énergie solaire et ses caractéristiques ainsi que les différents types d'alimentations photovoltaïques existent. Ensuite on a vu le principe de fonctionnement d'une cellule et d'un générateur photovoltaïque. Aussi la batterie de stockage dans un système photovoltaïque ses types et caractéristique.

Et à la fin, nous avons parlé des avantages et inconvénients d'un système solaire photovoltaïque.

Chapitre II : Batterie et régulation

II.1. Batterie Acide au plomb :

II.1.1 Introduction :

Pour bien situer les objectifs associés à l'évolution des propriétés d'un accumulateur plomb-acide, il est assez important de comprendre son fonctionnement ainsi que les différents éléments qui les constituent.

Ce chapitre présente le fonctionnement d'une batterie acide au plomb et l'ensemble des notions d'électrochimie qui alimentent les réflexions de cette chapitre et le chapitre suivant. Il est tout d'abord précisé dans quel contexte s'inscrivent les recherches actuelles : place de la batterie d'accumulateurs au plomb-acide dans le domaine d'énergie renouvelables plus précisément l'énergie solaire photovoltaïque et les améliorations technologiques récentes.

Suite à ces généralités, le principe de fonctionnement de l'accumulateur sera étudié, tous en rappelons quelque définitions et les notions d'électrochimie requise par la suite, et au fur et à mesure de sa progression. On introduit les causes de dégradation des batteries acide-plomb et les hypothèses sous lequel nous travaillerons sont précisées qui est représenté dans l'algorithme de charge à trois phases.

Enfin, les dernières titres caractérisant l'état de charge de la batterie acide-plomb et les méthodes de détermination de cette dernière avec l'état de santé.

II.1.2 Définition d'une batterie acide plomb :

Une batterie au plomb acide est un ensemble d'éléments de 2 volts connectés en série pour obtenir la tension d'utilisation désirée. Ces éléments sont constitués de plaques positives et négatives, assemblées en alternance.

Ces plaques sont recouvertes de matières actives-bioxyde de plomb pour la positive et plomb spongieux pour la négative. Ces électrodes plongent dans une solution d'acide sulfurique, la quantité de matières formées donne une capacité plus ou moins grande.

Le nombre de plaques de chaque polarité, leur surface, ainsi que la quantité d'acide disponible dans l'électrolyte (composé chimique liquide ou gélifié dont le rôle est de fournir les ions sulfates nécessaires aux réactions d'oxydoréduction produites lors des recharges et décharges d'une batterie) sont des paramètres qui définissent la capacité de l'élément (aptitude pour une batterie chargée de restituer un certain nombre d'ampères heure, en régime de courant de décharge constant, sous une tension d'arrêt et une température définies) .[10]

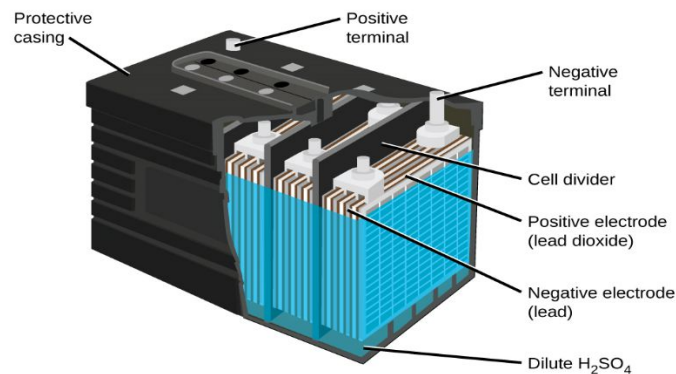


Figure II- 1 : Batterie Acide au plomb

II.1.2.1 Composition moyenne d'une batterie acide au plomb :

- Sulfate de Pb : 24,5 %
- Oxyde de Pb : 16 %
- Alliage de Pb : 21 %
- H₂SO₄ : 24 %
- Polypropylène : 7,7 %
- PVC : 3,8 %

II.1.2.2 Caractéristiques technique d'une batterie acide au plomb :

Une batterie au plomb se caractérise essentiellement par :

- la tension nominale, U , qui dépend du nombre d'éléments, égale au nombre d'éléments multiplié par 2,1 V. Généralement, on considère qu'un accumulateur au plomb est déchargé lorsqu'il atteint la tension de 1,8 V par élément, donc une batterie de six éléments ou 12 V est déchargée lorsqu'elle atteint la tension de 10,8 V).
- la capacité de stockage, notée Q , représente la quantité d'électricité disponible (ne pas confondre avec la capacité électrique). Elle s'exprime en ampère-heures.
- le courant maximal qu'elle peut fournir pendant trente secondes, capacité de démarrage à froid ou courant de crête, exprimé en ampères.

II.1.2.3 Utilisation des batteries acide au plomb :

- Cette batterie sert à alimenter les composants électriques des véhicules à moteur à combustion interne, particulièrement le démarreur électrique. Lorsque le moteur fonctionne, elle est rechargée par une dynamo ou un alternateur.
- Les batteries au plomb servent aussi à alimenter toutes sortes d'engins électriques. En 2012, les voitures électriques (autonomie d'environ 60 à 500 km) sont moins nombreuses que les voitures à moteur thermique (autonomie d'environ 600 à 2 500 km).
- Ces batteries servent également à alimenter les équipements de sécurité et de mise en service ainsi que les éclairages de secours dans la plupart des trains. Elles sont principalement montées en groupes de six batteries de 12 V pour produire 72 V et sont redondantes en cas de panne d'un des deux groupes.
- Elles sont souvent utilisées dans des alarmes anti-intrusion, alarmes incendie ou éclairages de sécurité par phares (ou projecteurs) dans les grands bâtiments (usines, salles de sport). En général, elles peuvent être utilisées dans tout système qui a besoin d'une source d'alimentation de secours ayant besoin d'une bonne autonomie (12 à 48 heures) et où le poids du plomb n'a pas d'importance.
- Ces batteries peuvent aussi servir à stocker de l'énergie produite par intermittence, comme l'énergie solaire ou éolienne.

II.1.2.4 Principe de fonctionnement d'une batterie solaire :

Une batterie au plomb est constituée de cellules appelées accumulateurs délivrant une tension de 2,1 Volts. Elles comprennent 6 accumulateurs disposés en séries qui délivrent ainsi une tension totale de 12,6 Volts. Un accumulateur est un ensemble de plaques (positives et négatives) immergées dans une substance acide appelée électrolyte (mélange eau acide sulfurique).

Lorsqu'on applique une source de tension continue aux bornes des plaques (électrodes) un courant s'établit créant une modification chimique des plaques et de l'électrolyte, cette modification produit une différence de potentiel entre les deux plaques. Il est à noter que la circulation des électrons à l'intérieur de l'électrolyte est assurée grâce aux ions.

Durant la décharge les plaques positives subissent une « réduction » c'est à dire qu'elles consomment des électrons et les plaques négatives libèrent des électrons (réaction d'oxydation). Le phénomène inverse se produit pendant la charge.

❖ Charge :

La charge est une dismutation forcée, les réactions électrochimiques aux électrodes étant les suivantes :

- Borne positive : anode (oxydation) : $\text{PbSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{PbO}_2(\text{s}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq}) + 3\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
- Borne négative : cathode (réduction) : $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq})$

❖ Décharge :

La décharge est une médiamutation spontanée, les réactions électrochimiques aux électrodes étant les suivantes :

- Borne positive : cathode (réduction) : $\text{PbO}_2(\text{s}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq}) + 3\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad E^\circ_2 = +1,685 \text{ V}$
- Borne négative : anode (oxydation) : $\text{Pb}(\text{s}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq}) \rightarrow \text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \quad E^\circ_1 = -0,356 \text{ V}$

La réaction globale peut ainsi être écrite : $\text{Pb}(\text{s}) + \text{PbO}_2(\text{s}) + 2\text{HSO}_4^-(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow 2\text{PbSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

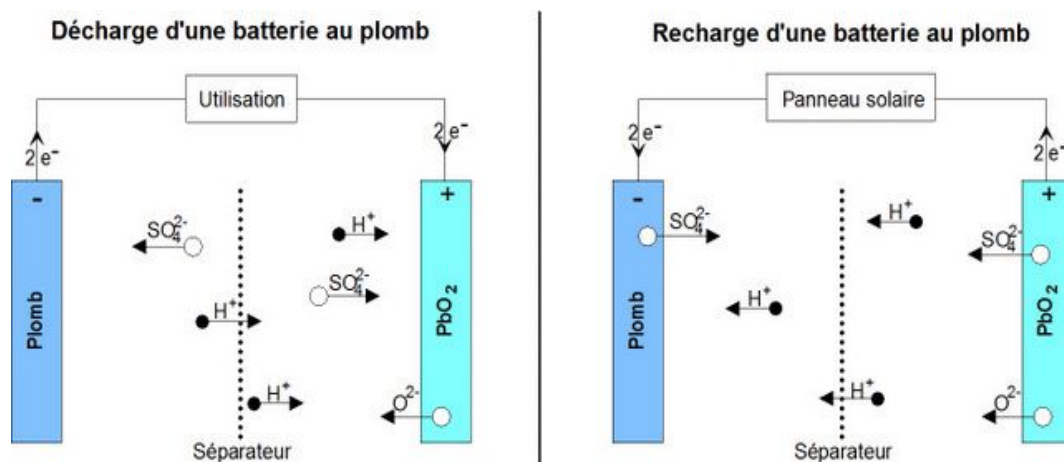


Figure II-2 : principe de Charge et décharge d'une batterie acide au plomb

II.1.3 Causes de dégradation d'une batterie acide au plomb [11]:

II.1.3.1. Sulfatation :

La sulfatation représente l'accumulation de sulfate de plomb sur les électrodes. Ce phénomène apparaît naturellement à chaque décharge de la batterie, et disparaît lors d'une recharge. Cependant sous certaines conditions (décharge prolongée ou trop profonde, température importante, gazéification de l'électrolyte).

II.1.3.2. Désulfatation :

Il existe un moyen d'inverser le processus de sulfatation d'une batterie. Cela consiste en l'envoi d'impulsions électriques à la fréquence de résonance de la batterie (entre 2 et 6 MHz). Durant ce processus, les ions soufrés entrent en collision avec les plaques, ce qui a pour effet de dissoudre le sulfate de plomb qui les recouvre.

II.1.3.3. Décharge complète :

la décharge complète de la batterie intervient généralement lors d'une faible consommation pendant une durée prolongée (ex. : plafonniers), lors d'une utilisation fréquente. lorsque l'alternateur ou toute autre partie du système électrique est endommagé ou par une consommation importante la tension est alors très faible aux bornes de la batterie, inférieure à 10 V pour une batterie dont la tension nominale est de 12 V.

II.1.3.4. Effet de la température sur la batterie :

De tous les facteurs environnementaux, la température est celui qui influe le plus sur le comportement de la batterie en terme de charge et décharge. L'explication réside dans les réactions électrochimiques dépendantes de la température qui se produisent à l'interface électrode / électrolyte, qui peut être considérée comme le cœur de la batterie. Si la température baisse, le rendement de la réaction sur l'électrode décroît également. En supposant que la tension de la batterie reste constante, le courant de décharge diminue, il en va de même pour la puissance restituable de la batterie. L'effet opposé apparaît si la température s'accroît, la puissance restituable de la batterie augmente alors. La température a donc un effet sur la vitesse des réactions chimiques dans l'électrolyte et son électrode poreuse. Une augmentation de la température accélère les réactions, une baisse de la température les ralentit. Les performances de charge / décharge de la batterie peuvent ainsi être affectées.

L'effet de l'humidité dépend du système de batterie. Elle joue un rôle important dans les systèmes de batterie "ouverts" (contrairement aux systèmes de batterie fermés).

II.1.3.5. Oxydation des électrodes :

L'oxydation est une cause de dysfonctionnement des batteries. Lorsque le niveau d'électrolyte est trop bas, les plaques entrent au contact de l'air et s'oxydent. La puissance au démarrage est amputée, même si le niveau d'électrolyte est complété.

II.1.3.6. Oxydation des bornes :

Il arrive qu'une batterie dont les cosses sont peu ou pas serrées voit ses bornes s'oxyder, ce qui empêche le courant de passer.

II.1.3.7. Corrosion :

La corrosion affecte essentiellement l'électrode positive à cause d'un potentiel élevé et attaque la grille collectrice de courant. Ce phénomène conduit à une augmentation de la résistance interne par la formation d'une couche passive sous forme d'oxydes de plomb. La corrosion dépend du potentiel de l'électrode, de la température, de la composition de la grille et de sa qualité lors de sa fabrication. La corrosion peut causer aussi la croissance de la taille des grilles. Cette croissance peut entraîner une dégradation importante de la batterie complète.

II.1.3.8. Courts circuits :

Ces courts circuits peuvent être engendrés par :

- Une croissance des dendrites de la matière active négative vers l'électrode positive à travers les séparateurs. Leur croissance augmente avec de longues périodes à faible état de charge.
- La corrosion des collecteurs de courant qui conduit au détachement de la matière qui peut tomber entre les électrodes.
- La corrosion des grilles qui croissent de taille, ce qui augmente la pression et fait percer le séparateur. On a aussi un risque de court-circuit au-dessus du séparateur.
- La matière active tombée au fond du bac à cause de la décohésion.

Les courts circuits et la corrosion sont les seuls phénomènes qui peuvent causer une panne soudaine de la batterie.

II.1.4. Algorithme de charge d'une batterie Acide-plomb en trois étapes :

Le principe de ces méthodes de gestion est la limitation de la tension et le courant de l'accumulateur à des valeurs prédéfinies afin d'éviter les dégradations qui pourraient avoir lieu pour des tensions très hautes ou très basses. Cette gestion peut se faire de plusieurs manières : on/off, floating, MLI. Avant de procéder à la charge d'une batterie, il est nécessaire de préciser son type, la façon de sa décharge, le temps nécessaire pour sa charge, sa température extrême de fonctionnement et sa tension nominale.

En pratique, on trouve plusieurs méthodes pour charger les batteries. Les utilisateurs des batteries ont remarqué qu'il existe une grande différence entre les deux méthodes de charges : courant constant et tension constante, où chacune a ses avantages et ses inconvénients. Pour aboutir aux meilleures performances, ils ont distingué qu'ils peuvent combiner ces deux méthodes en un seul algorithme dit : « Algorithme de charge en trois étapes » en anglais « Three state charge algorithm », où une phase de charge à courant constant (Bulk charge ou charge normale) est suivie par deux phases de charge à tension constante : charge d'absorption ou égalisation, et Floating charge ou fin de charge.[12]

- Et voici l'évaluation de courant et de tension au cours de charge :

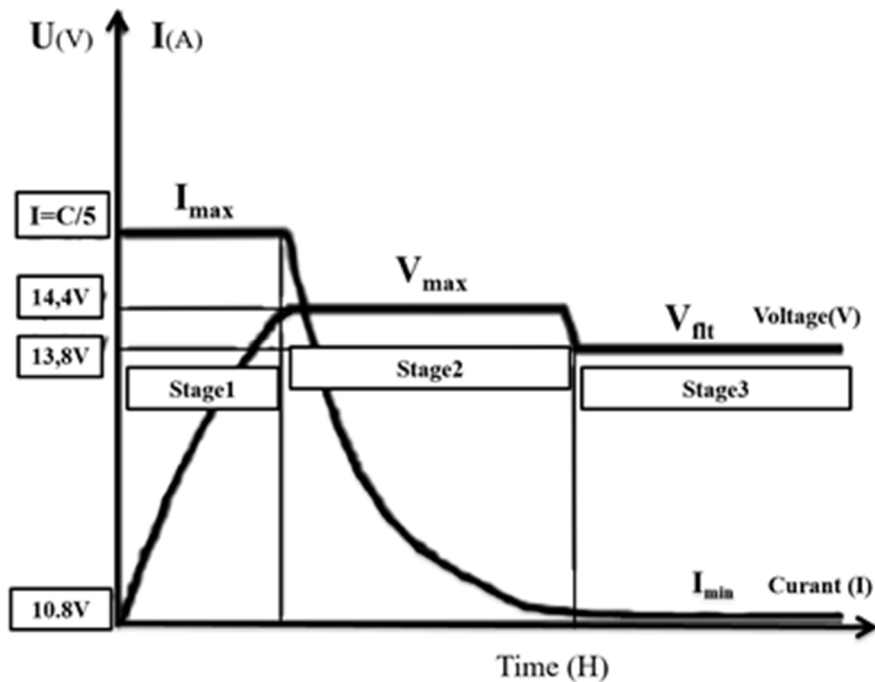


Figure II-3 : Evaluation de la tension et du courant au cours de charge

II.1.4.1. Bulk charge :

Bulk charge est un mode de charge à courant constant, il représente la première étape du cycle de charge à suivre où le panneau photovoltaïque charge une batterie déchargée par le maximum de courant permis. Ce mode de charge assure une récupération rapide de la capacité de la batterie.

Au cours de cette phase, la tension par élément est inférieure à 2,35 V malgré l'application du courant maximum dont est capable le chargeur ; le courant et la tension sont déterminés respectivement par le chargeur et la batterie. La tension aux bornes de chaque élément augmente au fur et à mesure que la batterie se recharge.

Cette méthode est caractérisée par une rapidité de charge avec une difficulté de charger complètement la batterie surtout dans le cas où le banc batterie est très petit par rapport à la taille du générateur photovoltaïque.

Quand la tension de la batterie atteint la valeur VR (voltage régulation) le processus de charge passe au deuxième mode de charge.

II.1.4.2. Absorption charge :

Cette méthode est très efficace surtout dans le cas où le banc batterie est petit. Pendant la phase d'égalisation, le régulateur contrôle le courant de charge de telle sorte que la tension de la batterie soit maintenue à un niveau de régulation VR (voltage régulation) afin de compléter la charge de la batterie et éviter la surcharge. La fin de cette phase aura lieu quand la capacité de la batterie s'approche de sa totalité et le courant de charge se diminue.

II.1.4.3. Phase d'entretien ou de floating :

Quand le courant de charge atteint une valeur basse, le processus de charge entre dans la troisième et la dernière phase de l'algorithme de charge qui est le « float charge ». Cette étape est une étape d'entretien où la tension de la batterie est réduite à un niveau juste suffisant afin de compenser l'autodécharge des cellules, et le courant de charge devient très faible et presque constant, c'est l'état de pleine charge.

Afin de compenser le phénomène d'autodécharge, on applique une charge permanente et on baisse la tension de consigne à une valeur de l'ordre de 2.3 V/élément.

Une batterie ne doit jamais être déchargée à plus de 80 % de sa capacité nominale. La tension n'est pas une référence fiable dans le temps, puisque plus la batterie est âgée, plus la tension a tendance à baisser.

II.1.5. Etat de charge d'une batterie (state of charge) :

En 1938, Heyer a présenté un dispositif de comptage particulier sur lequel la valeur de la capacité de charge de la batterie est indiquée. La capacité de charge de la batterie est indiquée sur la base de la tension mesurée de la batterie et d'une chute de tension mesurée à travers la résistance de mesure de courant. Quand la batterie est entièrement chargée, le dispositif indique une capacité de 100 % et qui signifie l'état de charge de notre batterie de stockage . L'état de charge est une entité dynamique qui dépend de plusieurs variables qui sont elles-mêmes dynamiques. Une batterie fonctionne grâce à une réaction chimique réversible dont les vitesses de réaction sont déterminées par les concentrations des liquides, porosité des bornes, la température ambiante, etc.

Aussi plus simple c'est est le pourcentage de la charge maximale possible qui est présente à l'intérieur d'une batterie rechargeable. La détermination de l'état-de-charge (SOC) devient une question de plus en plus importante dans toutes les applications qui incluent une batterie. Les anciennes stratégies de fonctionnement se sont servies des limites de tension pour protéger seulement la batterie contre la surcharge et la décharge profonde.

Actuellement, le fonctionnement avec les batteries change et s'appelle la gestion de batterie au lieu de la protection de la batterie. Pour cette commande améliorée de gestion de la batterie, l'état-de-charge est un facteur clé.

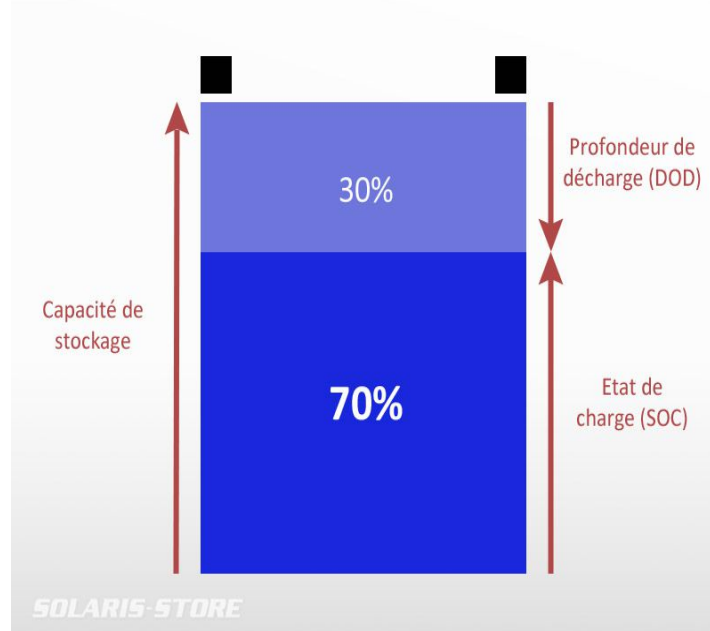


Figure II-4 : Etat de charge de la batterie

II.1.6. Méthode de détermination de l'état de charge de la batterie[13] :

De nombreuses méthodes peuvent être utilisées pour estimer l'état-de-charge d'une batterie. Certains sont spécifiques à une chimie particulière des éléments de cette dernière. Cependant, la plupart dépendent de la mesure d'un certain nombre de paramètres qui varient avec l'état-de-charge de la batterie.

II.1.6.1. Méthode directe :

Ça serait facile si la batterie pouvait être déchargée à un taux constant. La charge dans une batterie est égale au courant multiplié par le temps d'écoulement. Malheureusement, il y a deux problèmes avec ceci. Pratiquement, le courant de décharge n'est pas constant mais diminue d'une manière non linéaire lorsque la batterie devient déchargée. N'importe quel dispositif de mesure doit avoir la possibilité d'intégrer le courant avec le temps. Deuxièmement, cette méthode dépend de la décharge de la batterie pour connaître combien de charge elle a contenues.

II.1.6.2. Mesure de la densité de l'électrolyte :

Définition de l'électrolyte : Un composé chimique qui, quand il est fusionné ou dissout dans certains solvants, habituellement de l'eau, conduit un courant électrique. Tout l'électrolyte en état de fusion ou en solution donne lieu à des ions qui conduisent le courant électrique.

C'est la façon usuelle de déterminer la condition de charge des batteries acide-au-plomb. Elle dépend de la mesure des changements du poids des produits chimiques actifs. Comme la décharge de la batterie consomme l'électrolyte actif, la concentration de l'acide sulfurique dans l'eau diminue. Ceci réduit la densité de la solution en proportion directe avec l'état de charge. Donc, la densité de l'électrolyte peut être employée comme une indication de l'état de charge de la batterie. Cependant, cette technique de détermination de l'état-de-charge ne convient pas à d'autres types de batteries dont leurs chimies diffèrent des batteries acide-au-plomb.

II.1.6.3. Mesure a la base de la tension du circuit ouvert :

Ceci utilise la tension de la batterie comme base pour calculer l'état-de-charge ou la capacité restante. Les résultats peuvent varier considérablement selon le niveau actuel de la tension, la température, le taux de décharge et l'âge de la batterie. La compensation pour ces facteurs doit être faite pour parvenir à une précision raisonnable.

II.1.6.4. Utilisation du filtre de Kalman :

Le filtre de Kalman également connu sous le nom d'évaluation quadratique linéaire, est un algorithme qui emploie une série de mesures observées avec le temps, contenant le bruit et d'autres inexactitudes, et produit des évaluations des variables inconnues qui tendent à être plus précises que ceux basés sur une seule mesure simple. Plus formellement, le filtre de Kalman fonctionne périodiquement sur des séries des données d'entrée pour produire une estimation de l'état actuel du système fondamental.

II.1.6.5. Mesure de l'impédance interne :

Pendant les cycles de charge/décharge de la batterie, la composition des produits chimiques change vu que ces derniers se transforment entre les états de charge et de décharge. Ceci se reflète sur la valeur de l'impédance interne de la batterie ; chose qu'on pourra utiliser pour déterminer l'état-de-charge de la batterie. Cependant, cette méthode n'est pas couramment employée à cause des difficultés rencontrées lors de la mesure de l'impédance interne vu que la batterie est un élément actif. En plus, l'interprétation des données mesurées n'est pas aussi évidente comme l'impédance interne est également influencée par la température. La logique floue et d'autres modèles semblables ont été employés pour surmonter ces problèmes et des circuits pour application spécifique ont été développés à cette fin.

II.1.7. Etat de santé d'une batterie (state of health) :

L'état de santé est une mesure qui reflète la capacité de fonctionnement comparée à une batterie fraîche. Il tient compte des facteurs tels que l'acceptation de charge, la résistance interne, la tension et la décharge spontanée.

Pendant la vie d'une batterie, sa santé tend à détériorer graduellement en raison des changements physiques et chimiques irréversibles qui interviennent avec l'utilisation et avec l'âge jusqu'à ce que par la suite la batterie ne soit plus utilisable ou morte.

Son but est de fournir une indication de l'exécution qui peut être prévue de la batterie en son état courant ou fournir une indication de quelle quantité de vie utile de la batterie a été consommée et combien reste avant qu'elle doive être remplacée.

II.2. Régulateur de charge

Le régulateur de charge est un élément essentiel dans l'installation photovoltaïque, dont son prix et sa consommation électrique restent faibles relativement aux autres éléments. C'est l'élément central du système photovoltaïque, il protège la batterie pour qu'elle ait une durée de vie meilleure, ce qui est important, car cette dernière est très inférieure à celle des panneaux solaires.

Les batteries rechargeables sont largement utilisées dans les systèmes photovoltaïques autonomes pour emmagasiner le surplus d'énergie et pour alimenter les charges de faible et moyenne puissance. Les batteries de type plomb - acide sont de loin les plus employées en raison de leur faible coût, leur simple maintenance et leur adaptation à tout type d'application. Ces batteries sont cependant si fragiles devant les phénomènes de surcharge, de décharge profonde et les dérives de température et de courant qu'il faut leur associer un régulateur de charge approprié pour assurer leur protection.

L'importance d'un régulateur de charge dans un système photovoltaïque autonome n'est donc plus à discuter. Il doit cependant être réalisé avec le plus grand soin pour répondre aux exigences de coût, de simplicité, de généralité, de fiabilité et protégée contre les surcharges et les décharges excessives qui peuvent causer une perte d'électrolyte et endommager ses plaques. Ceci est le rôle du régulateur de charge qui maintient la tension de la batterie entre deux seuils et permet ainsi une plus longue durée de vie du système photovoltaïque.

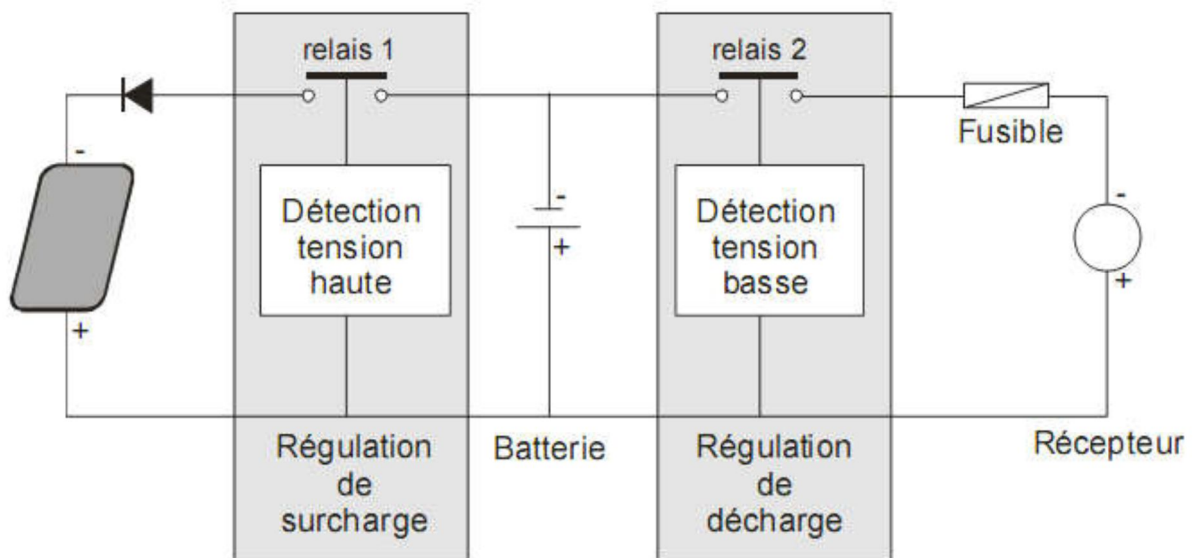


Figure II-5 : Schéma fonctionnel d'un régulateur de charge

Le régulateur de charge assure deux fonctions principales :

- la protection des batteries contre les surcharges et les décharges profondes,
- l'optimisation du transfert d'énergie du champ photovoltaïque à l'utilisation.

II.2.1 Rôle d'un régulateur de charge :

Le régulateurs de charge a les fonctions suivantes:

- Courant d'alimentation supérieur au courant d'autodécharge (pour compenser l'autodécharge mais inférieur au courant de charge maximal pour éviter la destruction de la batterie.
- Mise en place d'un algorithme de décharge / charge efficace pour un type de batterie donné (NiMH, Ni-Cd ou Li-Ion) avec une composition chimique donnée des composants.
- Mesure de la température (à l'aide d'un capteur de température) pour l'arrêt d'urgence de la charge froide ou lors d'une surchauffe (pour éviter d'endommager la batterie).
- Mesure de tension et de courant à l'entrée de la batterie.

II.2.2 Paramètres d'un contrôleur de charge[14] :

Les paramètres qui définissent un régulateur sont:

- **Tension** maximale autorisée ou **tension de régulation maximale** : c'est la valeur de la tension nominale maximale que le régulateur permet d'appliquer à la batterie.
- **Intervalle d'hystérésis supérieur** : c'est la différence entre la tension de régulation maximale et la tension à laquelle le régulateur permet le passage de tout le courant produit par les panneaux solaires. Pour une valeur de tension intermédiaire, le régulateur laisse passer une fraction du courant produit par les panneaux photovoltaïques, qui est d'autant plus petit que la tension des bornes de la batterie se rapproche de la valeur de régulation maximale.
- **Tension de déconnexion** : Tension à laquelle les charges des consommateurs sont automatiquement déconnectées pour éviter une décharge excessive de la batterie.
- **Intervalle d'hystérésis inférieur** : il s'agit de la différence entre la tension de déconnexion et la tension à laquelle les consommations sont autorisées à se reconnecter à la batterie.

II.2.3 Stratégie de contrôle d'un régulateur de charge[14] :

Le régulateur de charge a pour mission de réguler le courant absorbé par la batterie afin qu'il ne soit jamais dangereusement surchargé. Pour cette raison, il détecte et mesure en permanence la tension de la batterie et l'état de charge. Si ces paramètres atteignent une certaine valeur préalablement établie qui correspond à la valeur de la tension maximale autorisée, il agit de deux manières possibles:

- Couper le flux de courant vers la batterie
- Ne laisser passer qu'une pièce pour la maintenir dans un état de pleine charge, sans dépassement.

Ce courant minimum est appelé courant flottant et se produit lorsque la batterie est complètement chargée et ne reçoit que suffisamment d'énergie pour la maintenir dans cet état (ce qui, sur de longues périodes, compensera l'autodécharge).

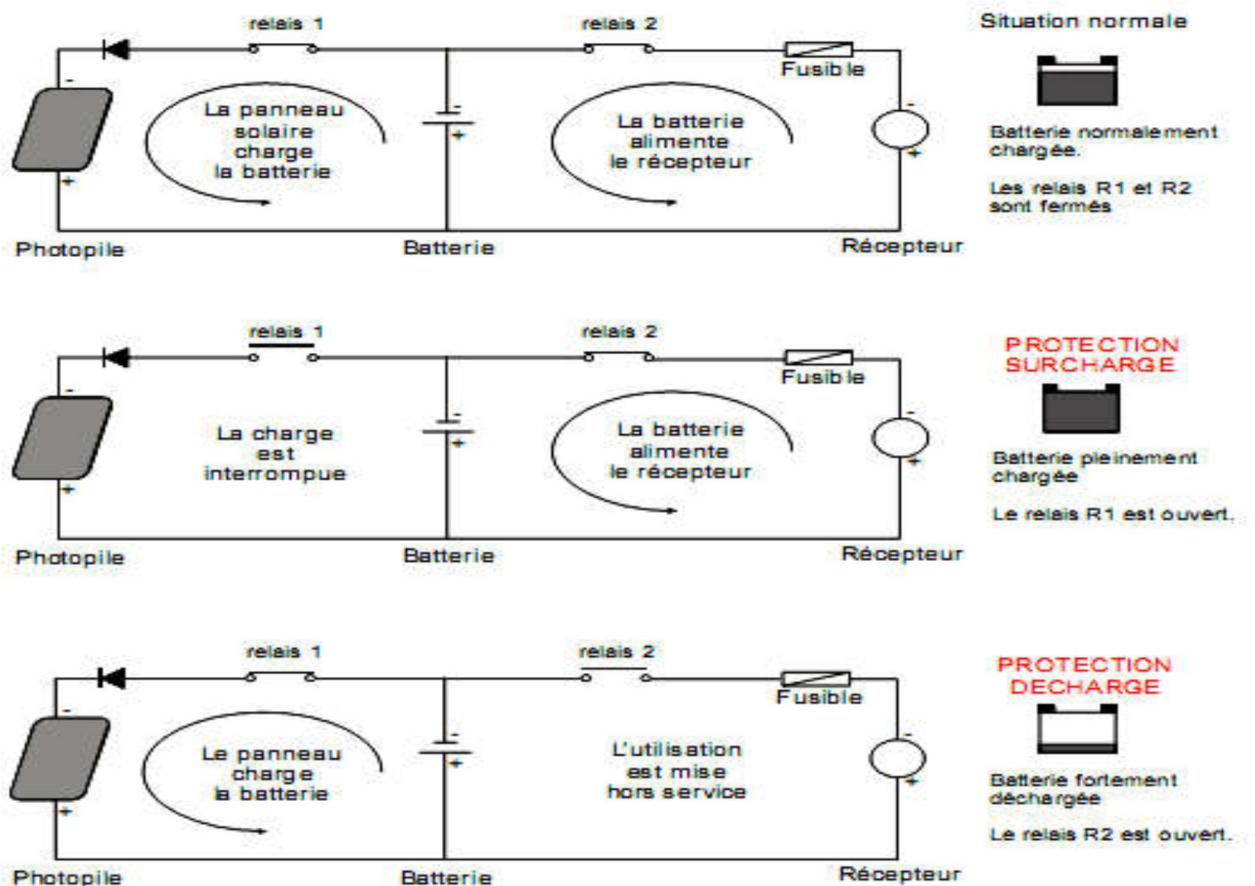


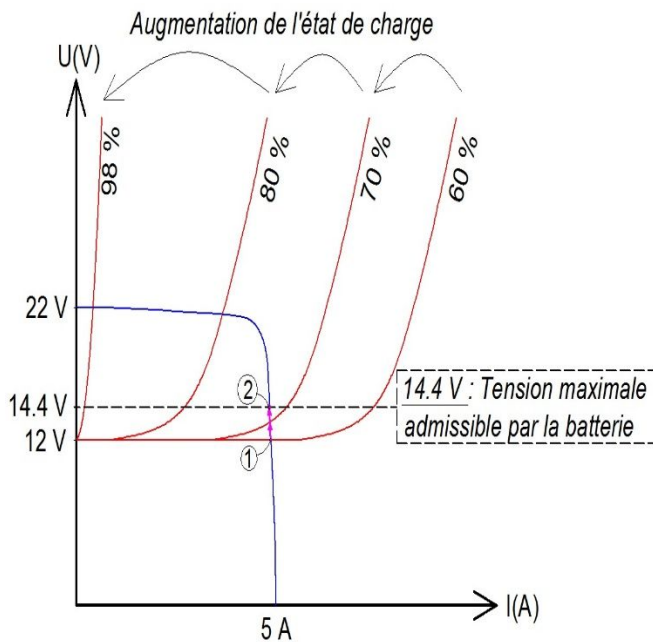
Figure II-6 : Principes de fonctionnements du régulateur de charge

La plupart des régulateurs travaillent en tout ou rien et utilisent ces deux tensions pour arrêter ou recommencer la charge.

II.2.4. Modes de régulation[15] :

II.2.4.1. Mode de charge tout ou rien :

Rappelons que, lors de la charge, il n'est pas possible d'imposer n'importe quelle tension aux bornes des batteries. Or, lorsqu'on branche un module photovoltaïque aux bornes d'une batterie, le point de fonctionnement est déterminé par l'intersection entre les 2 caractéristiques courant-tension :



Lorsque que la batterie est déchargée, le point de fonctionnement est indiqué par le numéro ①, à savoir une tension de 12 V et un courant de l'ordre de 4.9 A. Il s'agit de l'intersection entre la caractéristique de la batterie déchargée et celle du module photovoltaïque.

Puis au fur et à mesure que la batterie se charge, le point de fonctionnement évolue jusqu'au point ② défini par une tension de 14.4 V et un courant de l'ordre de 4.8 A.

A ce stade, si on ne fait rien, la tension va continuer à augmenter ce qui est dommageable pour la batterie.

Figure II-7 : les caractéristiques courant-tension d'une batterie

Par conséquent, afin d'éviter d'endommager la batterie par dépassement de sa tension maximale admissible, il convient de déconnecter le module photovoltaïque. C'est ainsi que fonctionne le régulateur "tout ou rien" lors de la charge des batteries : soit il connecte le champ photovoltaïque au parc de batteries, soit il le coupe lorsque la tension devient trop importante.

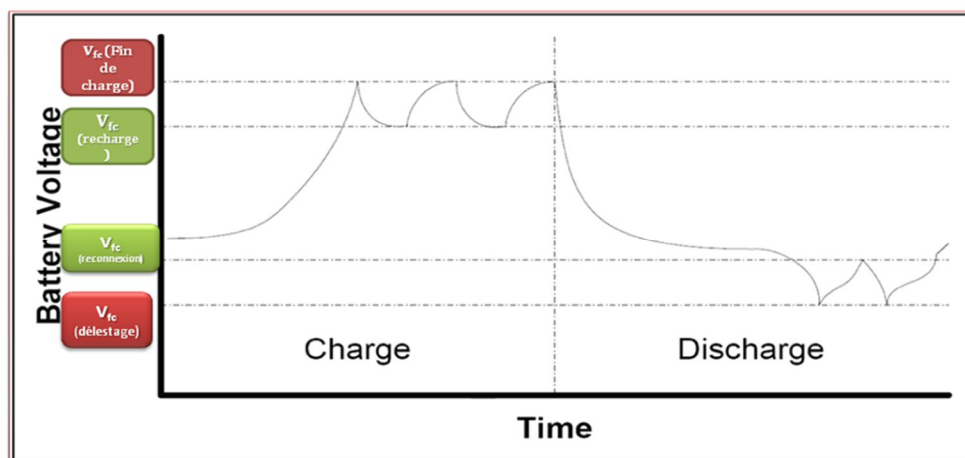


Figure II-8 : Mode de charge tout ou rien

II.2.4.2. Mode de charge a courant constant :

Pendant cette étape, le régulateur impose un courant constant à travers la batterie. Sa valeur est proche du courant maximale admissible par la batterie, et indiquée par le fabricant sur la fiche technique. Typiquement, ce courant maximum de charge vaut $25\% \times C_{10}$. Cependant, par mesure de sécurité, les régulateurs imposent un courant initial de charge plutôt compris entre 15% et 18 % de C_{10} . Par exemple, une batterie dont la capacité nominale $C_{10} = 1000$ Ah sera chargée avec un courant initial compris entre 150 A et 180 A en fonction de la configuration du régulateur. Ce courant initial de charge est imposé pendant environ 4 heures.

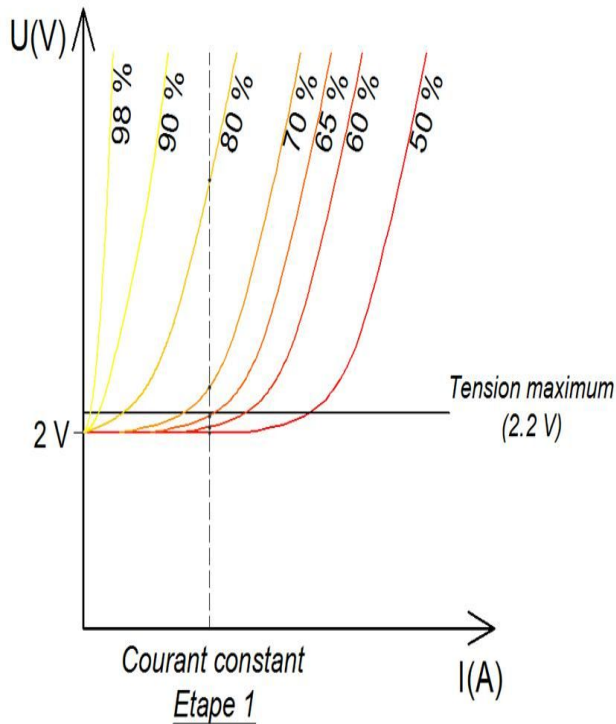


Figure II-9 : les caractéristiques d'une batterie a courant constant

D'après les caractéristiques courant-tension de la batterie en mode de charge, si le courant est constant, alors la tension aux bornes de la batterie va augmenter au fur et à mesure que l'état de charge augmente. Cette tension ne doit pas dépasser une certaine limite, sinon l'électrolyse de l'eau, qui est une réaction parallèle à la charge, va devenir trop importante et dégager trop de gaz, ce qui risque de provoquer des problèmes d'explosion ou d'étanchéité sous l'effet de la pression. La tension maximale à ne pas dépasser lors de cette étape est de l'ordre de 2.2 V pour un élément de batterie de 2 V.

Cette étape de charge à courant constant est très importante car, à l'issue de cette phase, l'état de charge de la batterie se situe déjà entre 60% et 70%.

II.2.4.3. Mode de charge a Tension constant :

Une fois que la tension maximale a été atteinte, il n'est plus possible de maintenir le courant constant sous peine de voir un dégagement gazeux excessif au sein de la batterie. Ainsi, le régulateur change de procédé en imposant, cette fois-ci, la tension constante. La valeur de cette tension est égale à la valeur maximale, soit environ 2.2 V par élément. La charge de la batterie continue donc. Au fur et à mesure qu'elle se charge, le courant diminue et tend vers 0 lorsque l'état de charge est de 100 %.

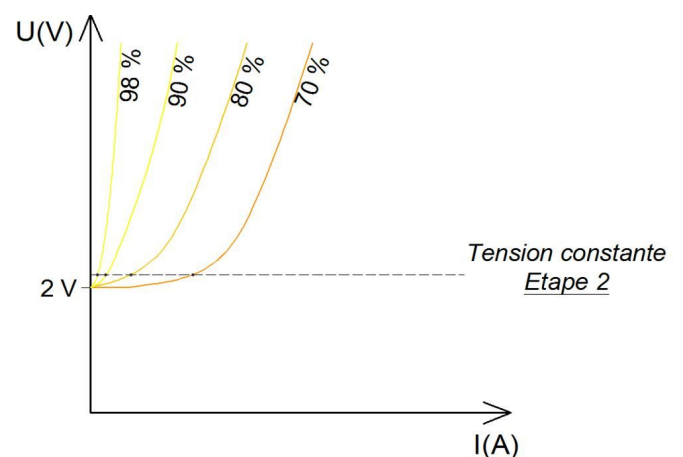


Figure II-10 : les caractéristiques d'une batterie à tension constante

[16]II.2.5. Technologies de régulation[16]:

Il existe plusieurs modèles de régulateur de charge pour les installations photovoltaïques. Mais, on distingue deux grands types de régulateurs, shunt ou série. Ces deux technologies reposent en fin de compte sur le même fondement : les modules photovoltaïques peuvent fonctionner sans que leur électricité soit utilisée, ce qui est pratique lorsque les batteries sont pleines. On peut donc court-circuiter le module (c'est la méthode shunt) ou ouvrir le circuit (c'est la méthode série).

II.2.5.1. Régulateur de charge de type Série :

Ce type de régulateurs basent leur fonctionnement sur l'interruption du courant vers la batterie, en fonction de sa tension. Grâce aux technologies actuelles, ce commutateur est progressif, il peut donc être contrôlé pour avoir différents niveaux de charge.

Le courant flottant peut être obtenu en maintenant un faible niveau d'intensité de charge ou en commutant les moments de charge et les moments de non-charge pour favoriser la non-gazéification de la batterie. Ces types de régulateurs sont connectés en série entre les panneaux et la batterie et, comme ils ne dissipent pas la chaleur, ils peuvent être plutôt petits et peuvent être montés à l'intérieur si nécessaire.

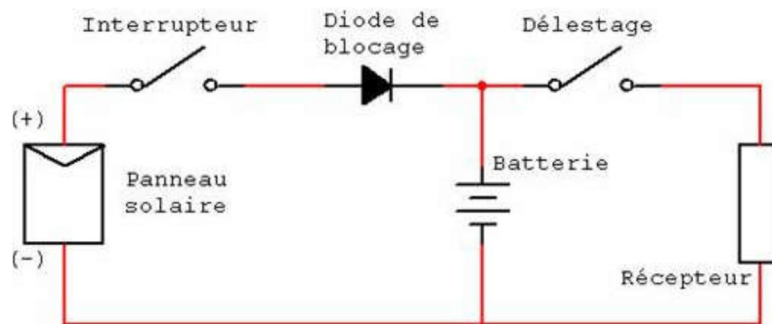


Figure II- 11 : Principe de fonctionnement d'un régulateur de charge de type série

II.2.5.2. Régulateur de charge de type parallèle (shunt) :

Les régulateurs de charge shunt basent leur fonctionnement sur un transistor qui dérive le courant des modules vers une charge résistive dissipative. Il permet d'établir des valeurs de tension de batterie pour lesquelles cette déviation est faite par intermittence afin de maintenir l'accumulateur au niveau de charge maximum (flottant).

Ce système provoque un échauffement du régulateur lui-même, ce qui provoque une usure et des pertes et, par conséquent, les régulateurs de ce type ont un courant de fonctionnement limité de quelques ampères et, par conséquent, seront valables pour les petites installations photovoltaïques.

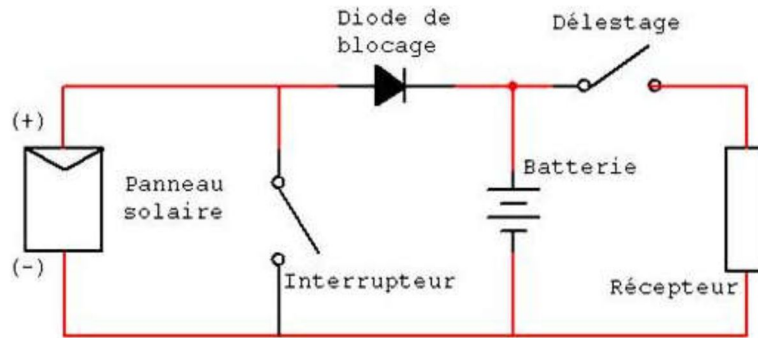


Figure II-12 : Principe de fonctionnement d'un régulateur de charge de type shunt

Diode de blocage :

Un élément particulièrement important que de nombreux régulateurs intègrent est une diode de blocage. La **diode de blocage permet le passage du courant dans un sens à** partir des panneaux de la batterie et non dans le sens opposé. Cette diode est nécessaire lorsque le rayonnement solaire est faible et que la tension de la batterie est supérieure à celle des panneaux photovoltaïques, empêchant ainsi la batterie d'être déchargée par les panneaux solaires photovoltaïques.

II.2.5.3. Régulateur de charge de type MLI (PWM) :

Le régulateur MLI a été conçu, vers la fin des années 1990, afin de lever l'inconvénient majeur des régulateurs "tout ou rien" vis-à-vis de la fin de charge. Sa valeur ajoutée est donc une fin de charge optimale avec un état de charge de 100% (au lieu de 75% pour le régulateur "tout ou rien").

Le régulateur MLI est en fait un hacheur qui abaisse la tension du champ photovoltaïque afin que celle-ci soit supportable par le parc de batteries notamment en fin de charge (à partir d'un état de charge de l'ordre de 70%). En début de charge, le régulateur MLI fonctionne comme le régulateur "tout-ou-rien".

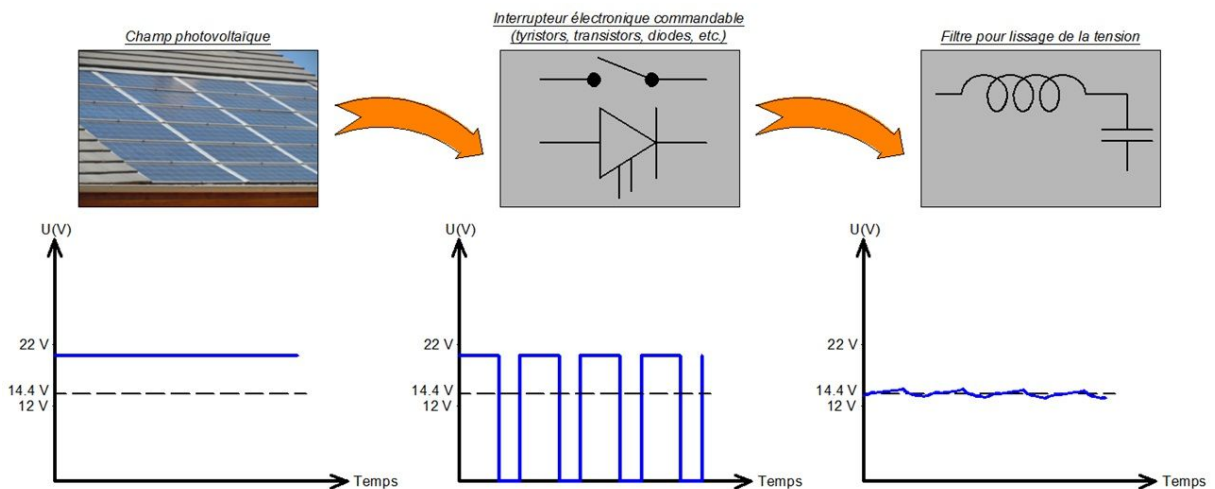


Figure II-13 : Principe de fonctionnement d'un régulateur PWM

- 1) Le champ photovoltaïque fournit une tension continue (qui varie en fonction des conditions climatiques). La plupart du temps, cette tension est supérieure à la tension maximale admissible par le parc de batteries.
Sur la figure, la tension fournie par le champ photovoltaïque ne permet de charger le parc de batteries (exemple d'un parc de 12 V).
- 2) Le régulateur MLI va dans un premier temps transformer la tension continue du champ photovoltaïque en un signal rectangulaire dont la valeur moyenne est compatible avec le parc de batteries.
Le profil de cette tension rectangulaire est ajusté en fonction de l'état de charge du parc de batteries et de la tension fournie par le champ photovoltaïque (celle-ci dépendant des conditions climatiques extérieures).
- 3) La tension rectangulaire précédente, bien que disposant d'une valeur moyenne entre 12 V et 14.4 V, n'est pas utile à la charge car elle vaut successivement 22 V et 0 V.
La technique (assez classique dans le domaine de l'électronique de puissance) consiste à lisser le signal rectangulaire autour de sa valeur moyenne, grâce à un ensemble de bobines et de condensateurs correctement calculés.
On obtient finalement une tension continue plus ou moins pure, permettant de réaliser la fin de charge du parc de batteries (ce que ne permettait pas le régulateur "tout ou rien").

II.2.6. Régulateur MPPT :

Dans ce régulateur, un circuit électronique mesure en permanence la tension et le courant des panneaux solaires pour tirer de l'énergie au point de puissance maximale MPPT (Maximum Power Point Tracking). Ceci permet de garantir que le maximum d'énergie sera récupéré, quels que soient la température et l'ensoleillement.

L'avantage de ce genre de régulateur, est qu'il permet de travailler dans une grande plage de température et ainsi récupérer l'excès non négligeable de tension en hiver lorsque le point de puissance maximale peut monter au-dessus de 18 volts dans un système 12 V. Cette technologie est réservée aux systèmes de plusieurs centaines de Watts pour que le gain d'énergie compense le prix plus élevé de ce type de régulateur.[17]

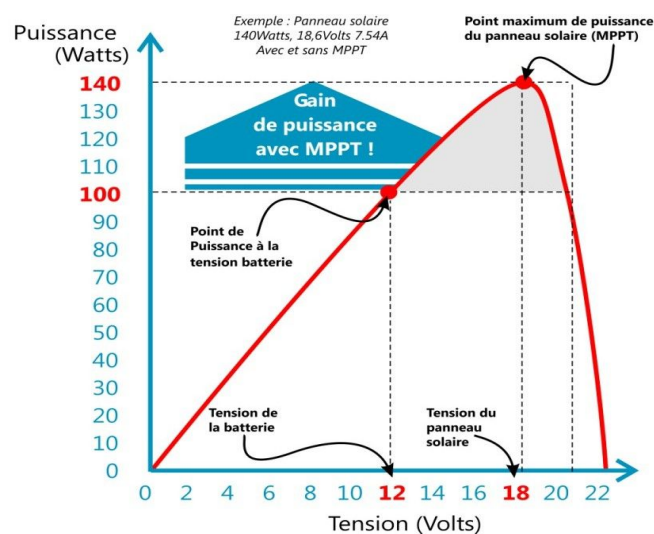


Figure II-14 : principe de fonctionnement d'un régulateur MPPT

II.2.7. Différence entre Commande MPPT et PWM :

<i>Contrôleur de charge PWM</i>	<i>Contrôleur de charge MPPT</i>
Couplage direct du champ PV sur le batterie	Charge de la batterie via un convertisseur abaisseur de tension
La tension nominale de la chaîne PV doit être compatible avec la tension batterie	La tension nominale de la chaîne PV peut être supérieure à la tension batterie
Optimisation énergétique lorsque la température des modules est élevée et que la batterie est presque chargée.	Gain énergétique maximal lorsque la température des modules est basse et que la batterie est faiblement chargée
Typiquement adapté pour des petits systèmes PV < 200Wc	Plus adapté pour des puissances PV > 200Wc
Nécessite l'utilisation de modules de 36 ou 72 cellules	Possibilité d'utiliser des modules quelque soit le nombre de cellules
Champ PV dimensionné en courant (basé sur le courant de charge de la batterie)	Champ PV dimensionné en puissance (basé sur le courant max de charge x la tension batterie)

Tableau II-1 : Différence entre régulateur de charge MPPT et PWM

II.2.8. Choix de l'algorithme de Charge :

La tension aux bornes de la batterie est l'indication sur laquelle s'appuiera le régulateur pour assurer sa fonction. Ce dernier mesure en permanence cette tension et la compare à deux seuils de tension préréglés : seuil haut et seuil bas.

Si la batterie est chargée aux maximum 13.8 V pour une tension nominale de 12 V par exemple, le régulateur met les modules hors circuit afin de ne pas détériorer la batterie en la surchargeant. Lorsque la tension retombe en dessous du seuil 13.8 V, le régulateur reconnecte automatiquement les panneaux solaires pour recharger la batterie.

Pour ne pas décharger la batterie très profondément, le régulateur interrompt la consommation à 11.4 V pour éviter la sulfatation des plaques. La consommation sera réenclenchée lorsque la recharge de la batterie atteint 12.6 V, pour ne pas démarrer avec une batterie trop peu chargée.

II.2.9. Principe de régulation utilisée dans notre Système photovoltaïque : [18]

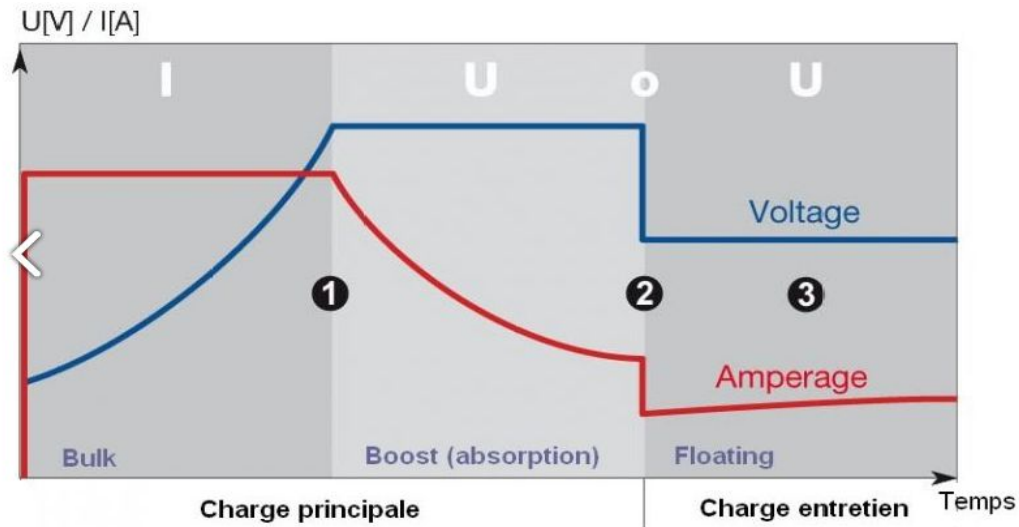


Figure II-15 : Principe de régulation à courant- tension constants dans un Système photovoltaïque

II.2.9.1. Etapes :

Étape 1 est appelée phase I, phase à courant constant, ou phase de charge en vrac. Cette phase se produit lorsqu'un chargeur IUoU est connecté à une batterie profondément déchargée. Le chargeur fournit un courant constant, typiquement le courant maximal que le chargeur est capable de produire. En conséquence du courant, la batterie absorbe la charge et la tension monte. Le chargeur limite la tension maximale U_{max} , un maximum constant ou dépendant de la température, typiquement de l'ordre de 2,4 V par cellule. Une fois que le U_{max} tension est atteinte, typiquement lorsque la batterie est chargée à 70-80% de sa capacité, le chargeur entre dans la phase Uo. Dans le cas d'une batterie qui est plus de 80%, cela peut se produire immédiatement une fois que le chargeur est allumé. Certains chargeurs peuvent garder la tension à U_{max} pendant un certain temps et permettre au courant de tomber à 80% de la valeur de courant constant, avant de passer à l'étape suivante.

Étape 2 est appelée phase 2, étape d'amplification de tension constante, étape d'absorption, ou la charge en tête. À ce stade, la batterie est en charge continué à une constante (plus) la tension U_o , mais le courant de charge diminue. La diminution est imposée par la batterie. La tension dans le U_o -phase est trop élevé pour être appliqué indéfiniment (donc, surtension), mais il permet de charger complètement la batterie en un temps relativement court. U_o -phase est conclu lorsque le courant de charge passe en dessous d'un seuil I_{min} , après quoi la phase U est entrée. Cela se produit lorsque la batterie est chargée à environ 95% de sa capacité. Certains fabricants de suivre cette étape par une deuxième phase de courant constant (avec une tension augmentant graduellement) avant de continuer avec la phase U. La tension U_o peut être le même que U_{max} à l'étape précédente, ou il peut être pris légèrement plus élevé.

Étape 3 est appelée phase d'entretien ou état de charge de flotteur, la tension est réduite à une valeur sûre à appliquer pendant de longues périodes (semaines) sans réduire de manière significative la durée de vie de la batterie. Pendant cette phase, le courant de

charge diminue progressivement à une petite valeur résiduelle qui compense toute auto-décharge de la batterie.

II.2.9.2. Voltage et courant :

Le courant dans la phase I (étape 1) doit être choisie en fonction de la capacité de la batterie. Dans la pratique, cela dépend de la capacité du chargeur. La capacité de la batterie C est exprimée en unités Ah, typiquement C_{20} valeur basée sur un temps de décharge de 20 heures. Le courant de charge (en unités A) peut être écrit comme C/t , où t est le temps. Par exemple, pour une batterie avec $C = 40$ Ah, un courant $C/(10\text{ h})$ (habituellement écrit comme $C/10$, en omettant les « heures » comme unité de temps) est égale à 4 A. Le courant de charge est un compromis entre temps de charge (favorisant les courants élevés), la prévention des dommages dus à une surchauffe ou gazage (favorisant des courants faibles), et le coût du chargeur (favorisant des courants faibles).

Recommandations pour le courant de charge maximum varient entre $C/10$ et $C/2$. A des courants élevés de charge, des mesures de refroidissement actifs peuvent être nécessaires pour éviter la surchauffe.

Les tensions dans les U et U_o phases (étapes 2 et 3) dépendent du type de batterie et la température. Les batteries ont un nombre variable de cellules (typiquement six pour une batterie acide au Pb) et peut être inondé de cellules, ayant absorbé un verre mat (AGM).

II.2.10. Compensation de la température (thermique) :

La compensation de la température est un dispositif incorporé dans beaucoup de contrôleurs de charge (régulateurs).

Pour réaliser le contrôle de la température, une sonde de température est utilisée. Cette sonde de température peut être intégrée au régulateur ou déportée sur la batterie.

II.2.11. Principe de conception du régulateur de charge :

Dans ce qui suit, nous allons décrire le principe à suivre pour développer le schéma électronique du régulateur de charge utilisé dans un système photovoltaïque. Ce régulateur aura la mission de gérer l'énergie produite par les panneaux solaires et la transmettre vers la batterie et la charge selon un algorithme bien déterminé. Cet algorithme va être implanté réellement dans sa version numérique sur un microcontrôleur. Le fameux microcontrôleur PIC18F45K22 de la firme MICROCHIP va être utilisé vu les performances qu'il présente. D'autres microcontrôleurs peuvent être utilisés L'essentiel est que le microcontrôleur utilisé dispose d'un convertisseur analogique-numérique.

Pour que le développement du schéma de la carte soit clair le plus possible, nous préférons de commencer cette partie avec quelques détails essentiels que le microcontrôleur qu'on a choisi ou d'autres microcontrôleurs qui peuvent être exploités doivent les avoir :

- l'unité de traitement et de contrôle,
- l'unité d'acquisition analogique-numérique,
- la liaison RS232 pour assurer la communication entre le micro-ordinateur et la carte,
- un afficheur LCD est lié directement à la carte pour l'affichage des données.

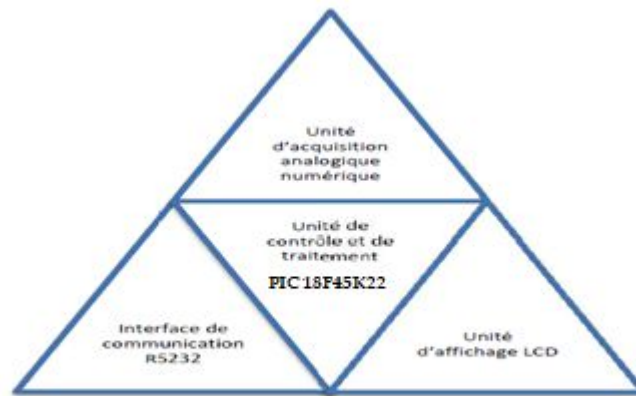


Figure II-16 : Schéma synoptique du fonctionnement du régulateur à réaliser

II.2.12. Conclusion :

Dans le présent chapitre, nous avons donné quelques généralités relatives au domaine de stockage de l'énergie. Nous avons présenté les différentes compositions, caractéristiques et domaines d'utilisation d'une batterie acide au plomb ainsi que le principe de fonctionnement de cette dernière. Par la suite nous avons donné les causes de dégradation et l'algorithme de charge de cette batterie.

Les éléments au Plomb ont des caractéristiques énergétiques et de puissance moyennes. Ils ont une bonne durée de vie et une bonne crédibilité. Ils sont les plus utilisés, à cause de leur coût relativement faible et de leur large disponibilité.

Le but de cette étude est la connaissance précise des principaux indices et paramètres affectant le fonctionnement des batteries, en tant que réserve d'énergie pour les implantations solaires.

Et aussi nous avons détaillé les différents points qui nous permettent de réaliser notre carte de régulation de charge. Ce régulateur permet de contrôler l'état de charge de la batterie en permanence.

La puissance du régulateur, la précision des seuils de paramétrage, sa facilité de montage, sa consommation interne, ses garanties, ses certifications, tous ces avantages seront tout aussi importants que la technologie qu'il apporte.

Chapitre III : Conception et réalisation d'un régulateur de charge d'une batterie Acide au Plomb

III.1. Réalisation d'un régulateur de charge des batteries acide-au-plomb

III.1.1 Introduction :

Dans les chapitres précédents, nous avons développé les étapes nécessaires pour achever notre objectif et faciliter la réalisation de notre dispositif électronique « Carte de régulation solaire à base de microcontrôleur pour le contrôle de l'états de charge d'une batterie et la régulation de la tension de sortie ».

Dans ce chapitre, il s'agit de réaliser un chargeur de batterie à partir d'une source de tension continue obtenue par un générateur photovoltaïque. Pour l'obtention d'une tension de charge adéquate.

Le système a réalisée est basée sur le dimensionnement et les caractéristiques techniques des éléments dont dépend le système dans le cadre du bon fonctionnement du système.

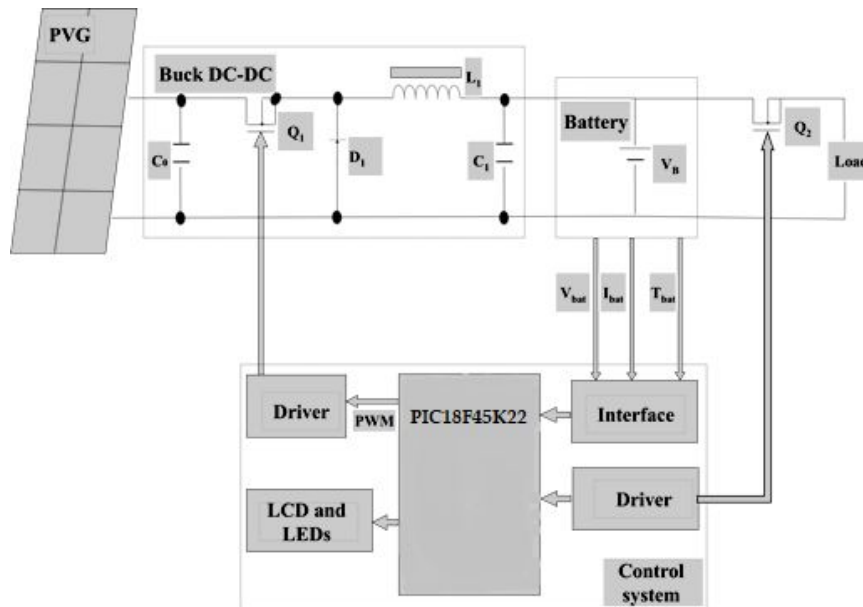


Figure III-1 : Diagramme de bloc du régulateur

Dès que le prix des microcontrôleurs est devenu acceptable, la plus part des concepteurs le mettre pour la conception des circuits électroniques sachant qu'elle contient plusieurs avantages comme :

- Un nombre de composants réduit, ce qui garantis un encombrement, un coût et un poids moindres.
- Une robustesse vis-à-vis des perturbations.
- Une utilisation facile : les paramètres de réglage sont modifiés par programmation de préférence que par la modification du câblage dans la régulation analogique.
- Une amélioration de l'algorithme implémenté.
- Une possibilité d'utiliser facilement des algorithmes complexes.

III.1.2. Choix et description des matériels utilisés dans notre carte de commande :

III.1.2.1. Microcontrôleur [19]:

Un microcontrôleur est un composant tout comme un microprocesseur que l'on doit programmer (en assembleur ou en langage C, le plus souvent) afin qu'il exécute automatiquement des commandes (codes machine). Cependant un microcontrôleur, contrairement à un microprocesseur, est un composant qui regroupe dans sa puce plusieurs modules, dont une mémoire flash pour contenir le programme d'exécution, une mémoire statique pour contenir les constantes, variables et tableaux de travail, une horloge pour cadencer le fonctionnement du microcontrôleurs, et des ports d'entrées sorties tri-sates. Avec l'évolution des microcontrôleurs, on trouve maintenant couramment d'autres modules importants, tels que des convertisseurs analogiques numériques (CAN) de 8 et 10 bits, des modulateurs à largeur d'impulsion variable (PWM), des circuits a horloge multiples (Timer0, Timer1 et Timer2) de 8 bits et 16 bits, des modules de communications séries synchrones (SPI et I2C) et asynchrone (USART), etc... S'il est possible d'utiliser un ordinateur sans rien savoir du microprocesseur qu'il contient. La série des prototypes réalisés est basée sur un microcontrôleur 8 bits de Microchip.

- Identification d'un microcontrôleur PIC :

La référence d'un microcontrôleur PIC est de la forme NN LLL XXX, ou :

- NN : désigne la famille à laquelle appartient le circuit.
- LLL : est un ensemble d'une, deux ou trois lettres qui indiquent le type de mémoire de programme contenue dans le circuit et de la plage de la tension d'alimentation utilisée.
- XXX : est un ensemble de deux ou de trois chiffres constituant la référence du circuit.

Il existe trois grandes familles de microcontrôleur PIC :

La famille Base-Line	Utilise des mots d'instruction codés sur 12 bits
La famille Mid-Range	Utilise des mots d'instruction codés sur 16 bits
La famille High-End	Utilise des mots d'instruction codés sur 18 bits

Tableau III-1 : Identification d'un microcontrôleur PIC

On peut noter dès à présent que les PIC sont des composants statiques, c'est-à-dire que la fréquence d'horloge peut être abaissée jusqu'à l'arrêt complet sans perte de données et sans dysfonctionnement .

- Microcontrôleur PIC18F45K22 :

Le pic 18F45K22 est un composant de Microchip, il fait partie de la famille Mid-Range, sa mémoire programme est de type Flash, il est capable de fonctionner à une fréquence d'horloge de 1M à 64M Mhz.

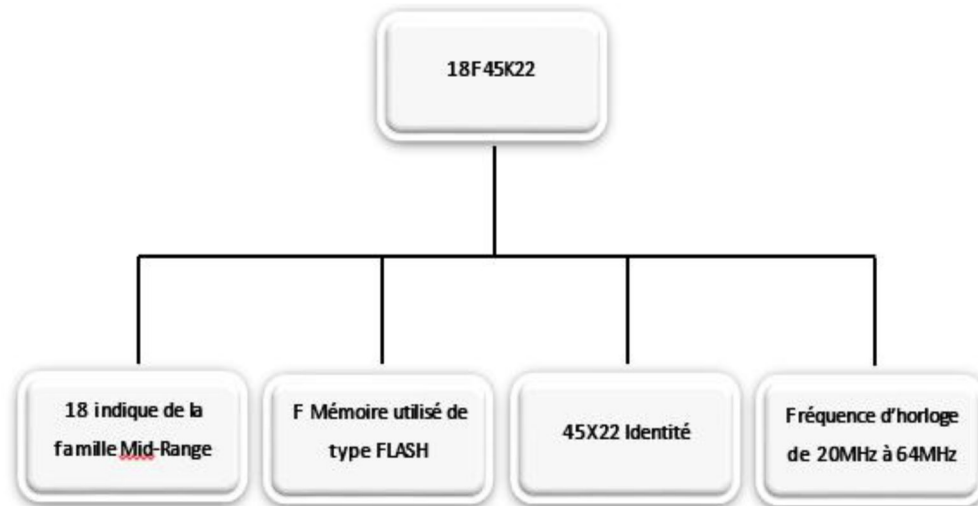


Figure III-2 : Configuration du pic 18F45K22

- Choix du microcontrôleur PIC18F45K22 :

Le choix d'un microcontrôleur est important, car c'est de lui que dépendent en grande partie les performances, la taille, la mémoire utilisée et le prix du montage. Le PIC18F45K22, possède plus de ports d'entrées-sorties que d'autres , et a comme performances :

- Mémoire programme de type flash de 32 Kmots.
- RAM de 368 octets.
- EPROM de 256 octets.
- 33 E /S réparties en 5 ports bidirectionnels.
- 8 convertisseurs A /N de 10 bits.
- 26 sources d'interruption.
- Chien de garde WDT (Watch Dog Timer).
- Debugger ICD.
- (E)CCP : (Enhance) Capture/Compare/PWM.
 - Capture : permet la mesure de temps ;
 - Compare : permet la production de signaux rectangulaires.
- Des interfaces de communication série synchrone (SSP/SPI / I2C / MSSP).
- Jeu de 70 instructions.
- Une interface de communication série asynchrone et synchrone (A/E/ USART).
- Trois temporisations (TIMER0, TIMER1, TIMER2).

- Architecture interne du PIC 18F45K22 :

Les entrées/sorties du microcontrôleur peuvent être groupées par fonction comme suit :

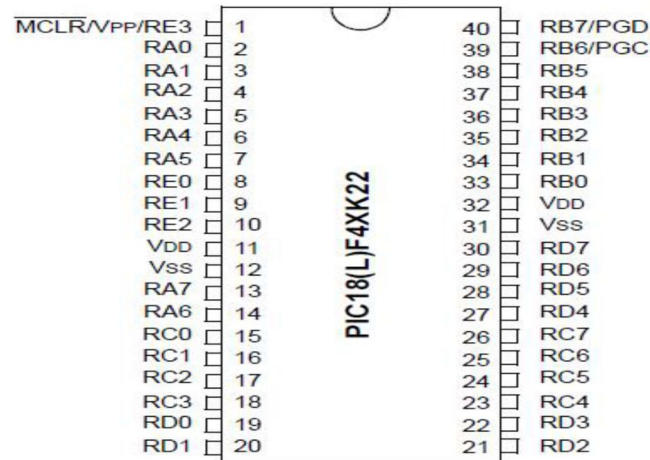


Figure III-3 : Brochage du PIC 18F45K22.

Pour le **18F45K22**, nous allons considérer plusieurs types d'oscillateurs : Le boîtier du PIC **18F45K22** décrit par la figure ci-dessus comprend 40 pins :

33 pins d'entrées/sorties, 4 pins pour l'alimentation, 2 pins pour l'oscillateur et une pour le Reset (MCLR).

- **Les ports :** Le pic 18F45K22 dispose de 33PINS d'E/S pour communiqué avec l'environnement extérieure. Celles-ci sont réparties en 5 ports parallèles bidirectionnels :

- 6 lignes pour le port A.
- 8 lignes pour le port B.
- 8 lignes pour le port C.
- 8 lignes pour le port D.
- 3 lignes pour le port E.

- Configuration Minimale Du PIC 18F45K22 :

Pour réaliser une carte à base d'un pic **18F45K22**, il faut au moins configurer son alimentation, le MCLR et l'horloge .

L'alimentation : Le PIC fonctionne dans la plage de tension qui s'étend de 4,5 à 6V.

Le circuit d'initialisation : Le MCLR est habituellement relié au 5V. Ce pin étant utilisé pour effectuer un reset du composant en cas de connexion à la masse.

L'Oscillateur : L'oscillateur est le coeur du microcontrôleur : c'est lui qui cadence le déroulement du programme. Il doit fournir un signal carré périodique au microcontrôleur.

- Programmation du PIC :

Le Mikroc PRO pour PIC est un outil de développement puissant et riche en fonctionnalités pour les microcontrôleurs PIC. Il est conçu pour fournir au programmeur la solution la plus simple possible pour développer des applications pour les systèmes embarqués, sans compromettre les performances ou le contrôle.

Caractéristique du Mikroc PRO :

Mikroc PRO pour PIC vous permet de développer et de déployer rapidement des applications complexes :

- Ecrivez votre code source C à l'aide de l'éditeur de code intégré (assistant de code et de paramètres, pliage de code, mise en évidence de la syntaxe, correction automatique, modèles de code, etc..).
- Utilisez Mikroc PRO pour les bibliothèques PIC pour accélérer considérablement le développement : acquisition de données, mémoire, affichages, conversion, communication, etc...
- Surveillez la structure, les variables et les fonctions de votre programme dans l'explorateur de code.
- Générez un assemblage commenté, lisible par l'homme et un HEX standard compatible avec tous les programmeurs.
- Utilisez l'outil de débogage en temps réel MikroICD (In-Circuit Debugger) intégré pour surveiller l'exécution du programme et déboguez la logique exécutable avec le simulateur de logiciel intégré.
- Les commentaires actifs vous permettent de rendre vos commentaires vivants et interactifs.

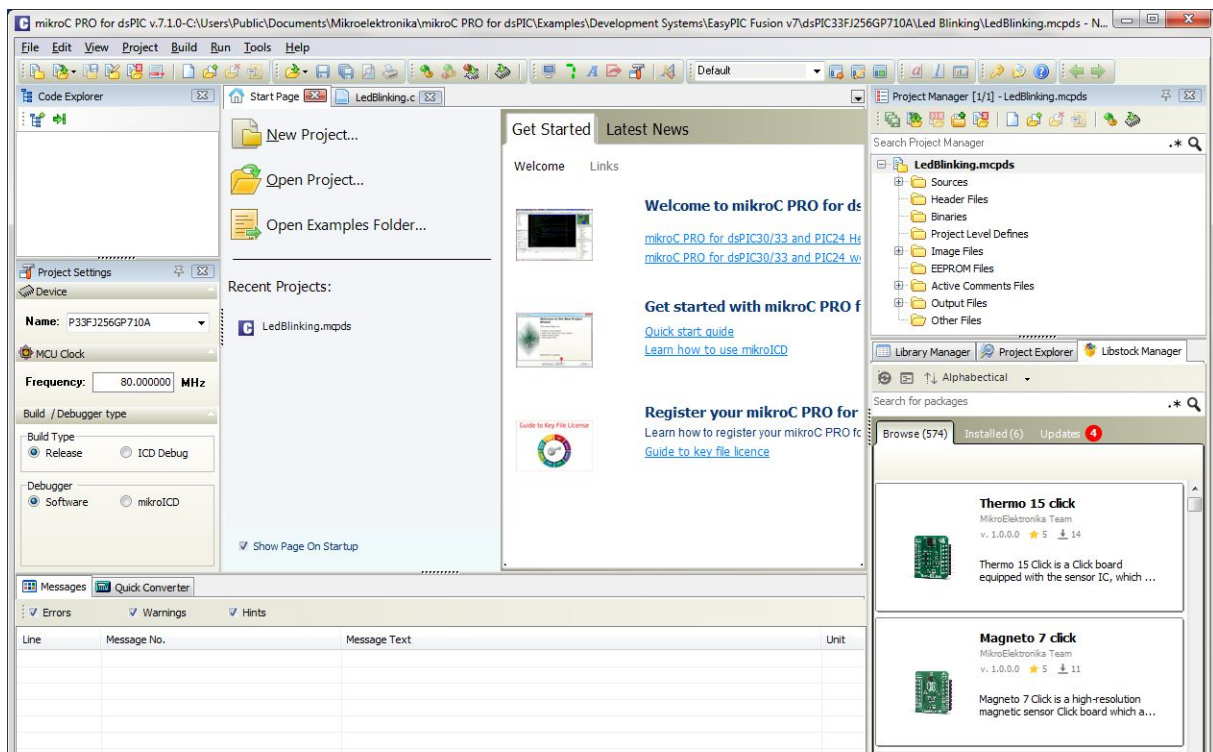


Figure III-4 : La fenêtre principale de travail sur MICROC

- Simulation sous ISIS Proteus :

Proteus est une suite logicielle de CAO électronique éditée par la société LABCENTER ELECTRONICS.

ISIS est la composante de proteus qui permet la création de schémas et la simulation électrique.

La grande force de ISIS est de pouvoir simuler le comportement d'un microcontrôleur (PIC, Atmel, 8051, ARM, HC11...) et de son interaction avec les composants qui l'entourent.

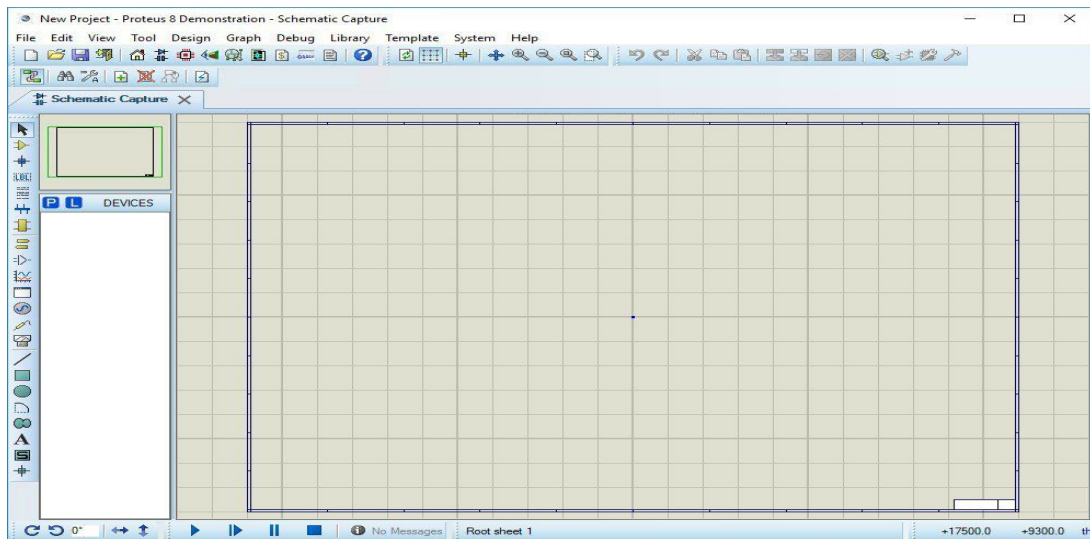


Figure III-5 : La fenêtre principale de travail sur ISIS.

III.1.2.2. Régulateur de tension AMS1117 (5V) :

Le régulateur AMS1117 est un régulateur de tension à 3 broches SMD populaire disponible dans de nombreux modèles pour des exigences de tension fixes et ajustables. Le circuit intégré peut fournir un courant maximal de 1A et la tension de sortie peut varier de 1.5 à 5v. Il a également une faible tension de chute de 1.3v lorsque fonctionne au courant maximal. La tension d'entrée de ce régulateur de tension peut aller jusqu'à 18V, et ce circuit intégré peut donner une valeur constante de 5V pour toute valeur d'entrée inférieure ou égale à 18V, qui est la limite seuil.

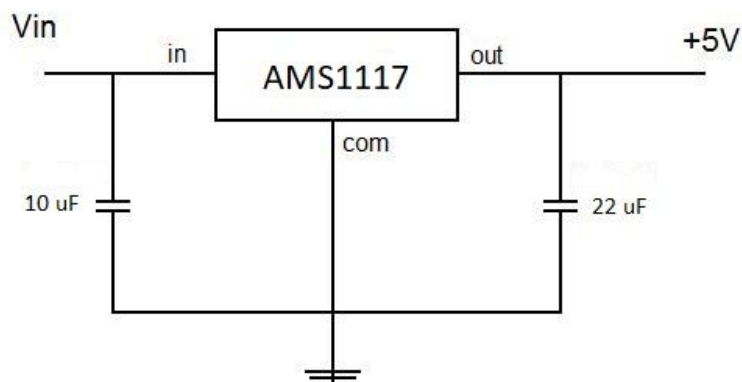


Figure III-6 : Régulateur de tension 5V AMS1117

III.1.2.3. Afficheur LCD 16*2 :

Les afficheurs à cristaux liquides, appelés afficheurs LCD (Liquid Crystal Display), sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA).

Plusieurs afficheurs sont disponibles sur le marché et diffèrent les uns des autres, par leurs dimensions, (de 1 à 4 lignes de 6 à 80 caractères), et aussi par leurs caractéristiques techniques et leur tension de service. Certains sont dotés d'un rétro-éclairage. Cette fonction fait appel à des LEDs montées derrière l'écran du module.

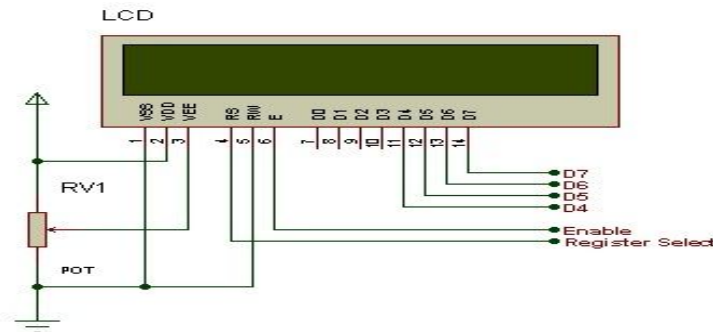


Figure III-7 : Brochage du LCD 16*2

Les différentes broches externes de l'afficheur LCD sont les suivantes :

- VCC, masse : alimentation de l'afficheur LCD avec 5 V, 0V respectivement.
- Contraste (VEE): entrée permettant de régler le contraste de l'afficheur LCD. Il faut appliquer une tension continue réglable entre 0 V et 5 V à l'aide d'un potentiomètre.
- VLED : différence de potentiel permettant de commander le rétro éclairage.
- E (ENABLE) : entrée de validation, elle permet de valider les données sur un front descendant.
- RS (Register Select) : cette entrée permet d'indiquer à l'afficheur si l'on souhaite réaliser une commande (RS=0) par des instructions spécifiques ou écrire une donnée sur le bus (RS=1).
- R/W : entrée de lecture (R/W=1) et d'écriture (R/W=0). Lorsqu'on commande l'afficheur LCD, il faut se placer en mode écriture.
- D7...D0 : bus de données bidirectionnel, il permet de transférer les instructions ou les données à l'afficheur LCD.

III.1.2.4. Led (light-emitting diode):

Une diode électroluminescente est un dispositif opto-électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique.

Une diode électroluminescente ne laisse passer le courant électrique que dans un seul sens et produit

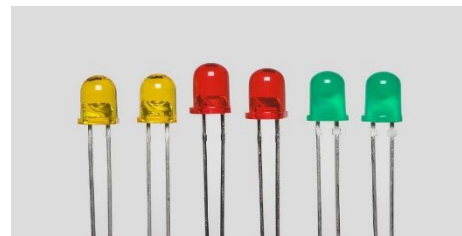


Figure III-8 : light-emitting diodes

un rayonnement monochromatique ou polychromatique non cohérent par conversion d'énergie électrique lorsqu'un courant la traverse.

On a utilisé les leds dans notre montage pour compléter la partie affichage et indiqué les phases de charge de la batterie ainsi que la charge et décharge.

III.1.2.5. Capteur de Température (DS18B20) :

Le capteur DS18B20 du fabricant Maxim (anciennement Dallas Semiconductor) est un capteur de température numérique intégrant tout le nécessaire requis pour faire la mesure : capteur analogique, convertisseur analogique / numérique, électronique de communication et alimentation.

Il communique via un bus 1-Wire et possède une résolution numérique de 12 bits (programmable, voir chapitre bonus) avec une plage de mesure de -55°C à +125°C. La précision analogique du capteur est de 0,5°C entre -10°C et +85°C, ce qui rend ce capteur très intéressant pour une utilisation "normale".[20]

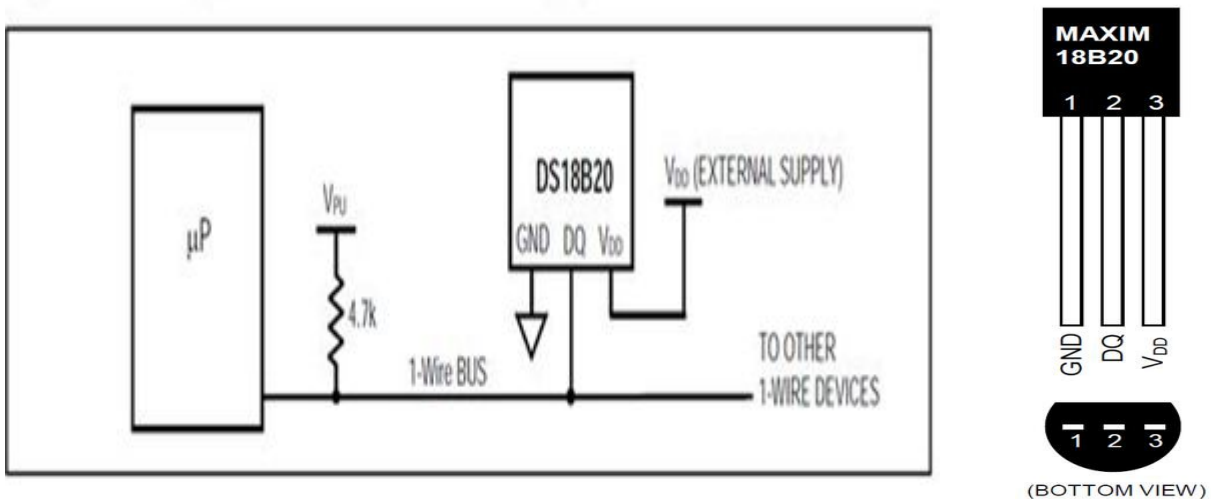


Figure III-9 : Brochage du capteur de température DS18B20

Le capteur DS18B20 est un capteur 1-Wire, cela signifie qu'il communique avec une carte maître au moyen d'un bus 1-Wire. Plusieurs capteurs peuvent être reliés sur un même bus 1-Wire. De plus, chaque capteur dispose d'une adresse unique gravée lors de la fabrication, il n'y a donc pas de risque de conflit.

Un bus 1-Wire est composé classiquement des trois fils : un fil de masse, un fil d'alimentation (5 volts) et un fil de données. Un seul composant externe est nécessaire pour faire fonctionner un bus 1-Wire : une simple résistance de 4.7K ohms en résistance de tirage à l'alimentation sur la broche de données.

III.1.2.6. Capteur de Tension (pont diviseur de tension) :

Le diviseur de tension est un montage électronique simple qui permet de diviser une tension d'entrée, constitué par exemple de deux résistances en série. Il est couramment utilisé pour créer une tension de référence ou comme un atténuateur de signal à basse fréquence.

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

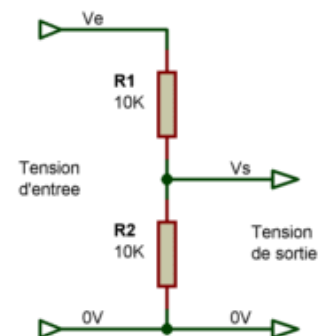


Figure III-10 : pont de diviseur de tension

III.1.2.7. Capteur de courant (ACS 712):

Le capteur ACS712s, ce capteur est basée sur l'effet hall pour mesurer les signaux AC ou DC du courant avec précision.

Le maximum de courant qui peut supporté ce module 30A .le signal de courant présente peuvent être lus via analogiques port.

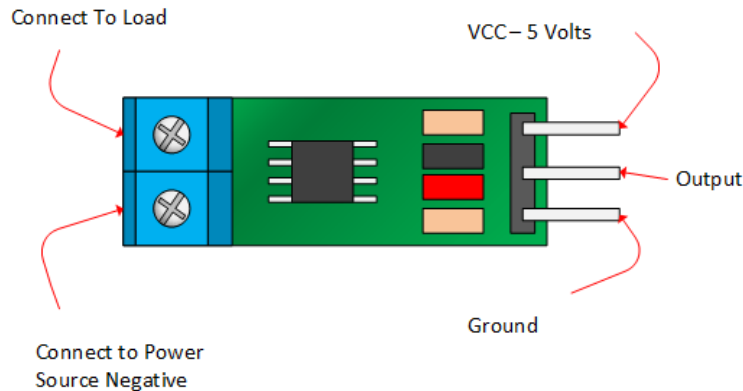


Figure III-11 : Capteur de courant ACS712 30A

III.1.2.8. Photocoupleur (circuit d'isolation)[21] :

Un optocoupleur est formé d'une LED infrarouge et d'un phototransistor ou d'une photodiode. L'optocoupleur assure une liaison entre la LED et le phototransistor tout en assurant une isolation électrique entre les deux.

Il est divisé en deux :

Émetteur : La diode électroluminescente est une diode émettant de la lumière infrarouge (émission spontanée) lorsqu'elle est soumise à une polarisation directe.

Récepteur : Le phototransistor est composé de 3 zones : l'émetteur, la base et le collecteur. Le phototransistor est une variante du transistor NPN : le courant passe du collecteur vers l'émetteur, mais à condition que la base reçoive, non plus du courant, mais de la lumière visible ou infrarouge.

Principe de fonctionnement :

Un optocoupleur repose sur une LED et un phototransistor ou une photodiode. Lorsqu'on fait passer un courant dans la LED, elle brille (elle émet de l'infrarouge) dans un boîtier bien hermétique à la lumière. La lumière émise par la LED sont captés par le phototransistor qui devient alors passant. On peut donc transmettre un courant électrique tout en isolant électriquement. Dans son principe, l'optocoupleur fait les conversions successives : courant électrique - lumière infrarouge - courant électrique.

L'optocoupleur utilisé généralement pour assurer l'isolation galvanique entre le circuit de commande et le circuit de puissance.

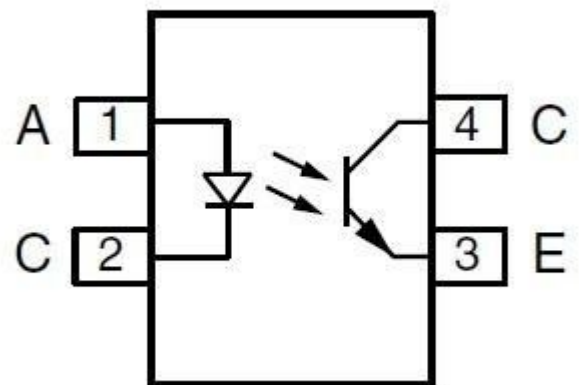


Figure III-12 : principe de fonctionnement d'un photocoupleur

III.1.2.9. Driver IR2110 :

C'est un circuit intégré qui permet le pilotage en haute fréquence de deux ou un seul Mosfet, sous des tensions pouvant atteindre 600v, en garantissant l'isolation électrique de l'Arduino et notre Mosfet.

Le rôle principal du driver IR 2110 est d'améliorer le signal de sortie de l'optocoupleur . Son signal de sortie est connecté à l'étage de puissance constituée d'un MOSFET de type IRF530.



Figure III-13 : Driver IR2110

III.1.2.10. MOSFET de puissance:

Le transistor MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) enrichi à grille isolée est utilisé en électronique de puissance pour alimenter des charges en commutation. Les applications sont nombreuses : alimentation à découpage, onduleur, alimentation de moteurs, ampli audio, etc.

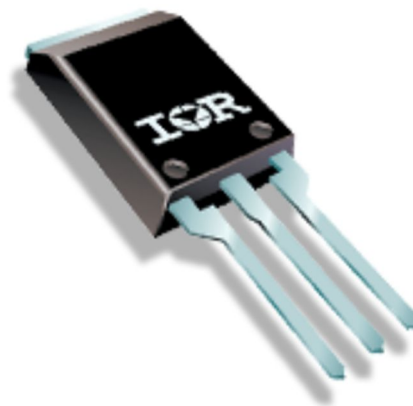
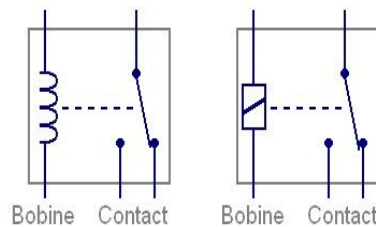


Figure III-14 : MOSFET de puissance

III.1.2.11. Load Controller :

- Relais électronique :

Un relais est un appareil dans lequel un phénomène électrique (courant ou tension) contrôle la commutation On / Off d'un élément mécanique (on se trouve alors en présence d'un relais électromécanique) ou d'un élément électronique (on a alors affaire à un relais statique). C'est en quelque sorte un interrupteur que l'on peut actionner à distance, et où la fonction de coupure est dissociée de la fonction de commande. La tension et le courant de commande (partie "Commande"), ainsi que le pouvoir de commutation (partie "Puissance") dépendent du relais, il faut choisir ces paramètres en fonction de l'application désirée. Ainsi, il faut choisir des relais différents selon qu'il faut commuter des signaux audio ou des tensions ou courants importants. Comme la Commande peut être réalisée sous faible puissance (faible tension, faible courant), et que la partie Coupure peut commuter des puissances importantes, on peut dire que ce composant est un amplificateur de courant.[22]



Symboles du relais

Figure III-15 : Relais électronique

- Transistor bipolaire NPN :

Un transistor bipolaire est un dispositif électronique à base de semi-conducteur de la famille des transistors. Son principe de fonctionnement est basé sur deux jonctions PN, l'une en direct et l'autre en inverse. La polarisation de la jonction PN inverse par un faible courant électrique (parfois appelé effet transistor) permet de « commander » un courant beaucoup plus important, suivant le principe de l'amplification de courant. Il est à noter qu'aucun électron n'est effectivement « créé » : la polarisation appropriée permet à un réservoir d'électrons libres de circuler différemment.

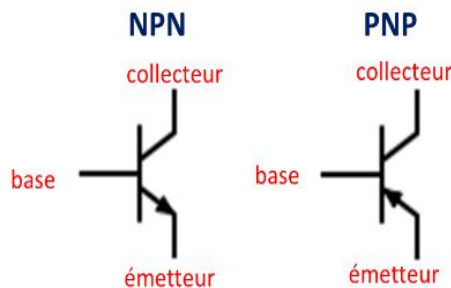


Figure III-16 : Transistor bipolaire

III.1.3. Signal PWM (Pulse Width Modulation) [12]:

Le PIC18F45K22 dispose de deux modules CCP1 et CCP2. Ces deux modules sont fortement liés aux timers 1, timers2 et au CAN. Ils sont strictement identiques, excepté la possibilité pour le module CCP2 de démarrer automatiquement la conversion A/N. Ces deux modules CCP sont capables de générer un signal PWM d'une période T_{pwm} (s) et d'un rapport cyclique variable. La résolution peut aller jusqu'à 10 bits.

Le principe est de créer un signal logique (valant 0 ou 1), à fréquence fixe mais dont le rapport cyclique est contrôlé numériquement, la valeur moyenne de ce signal étant une grandeur analogique, égale au produit du rapport cyclique par l'amplitude maximale du signal.

III.1.3.1. Principe de réalisation :

Généralement on réalise ce type de fonction à l'aide d'un microcontrôleur. Les microcontrôleurs modernes (ARM Cortex M, PIC, etc.) disposent tous de périphériques dédiées à la génération de PWM. Pour les microcontrôleurs plus anciens (8051, 68HC11), il est possible de détourner le fonctionnement d'un TIMER pour le transformer en générateur de PWM. Enfin en cas d'utilisation d'un microprocesseur, la PWM est généralement émulée.

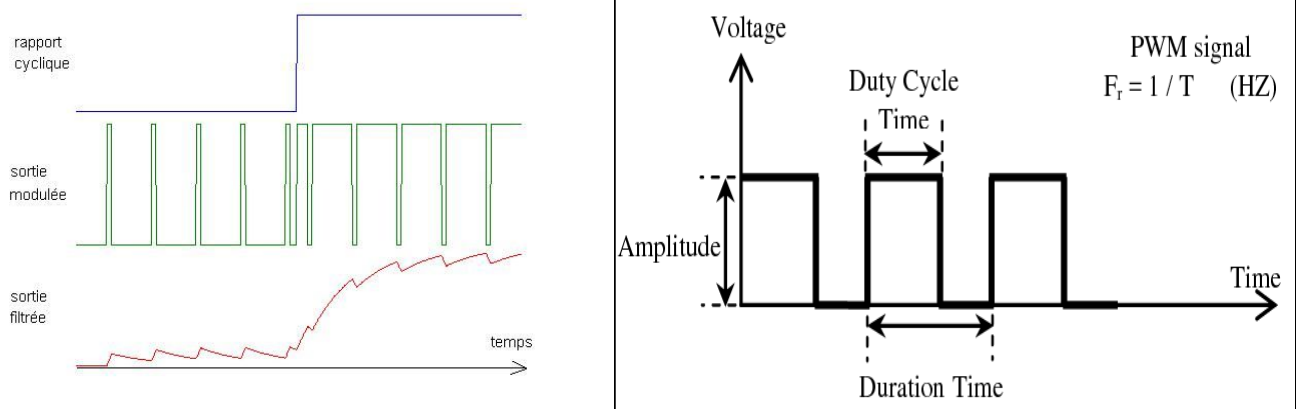


Figure III-17 : Signal de commande MLI (PWM)

III.1.3.2. Rapport cyclique :

En électronique, le rapport cyclique désigne, pour un phénomène périodique à deux états, le rapport entre la durée de l'état actif et la période.

$$\alpha = \frac{\tau}{T}$$

Où:

α est le rapport cyclique (sans dimension) ;

τ est le temps pendant lequel le signal est à l'état actif sur une période ;

T est la période du signal.

Ce rapport varie de 0 à 1, ou de 0 % à 100 % s'il est exprimé en pourcentage. La valeur moyenne « tension ou intensité » dans le circuit est la valeur à l'état haut multipliée par le rapport cyclique

III.1.4. Réalisation du circuit de commande sur Isis :

- Circuit minimal du PIC :

Le circuit minimal pour faire fonctionner le PIC est représenté sur la figure ci-dessous.

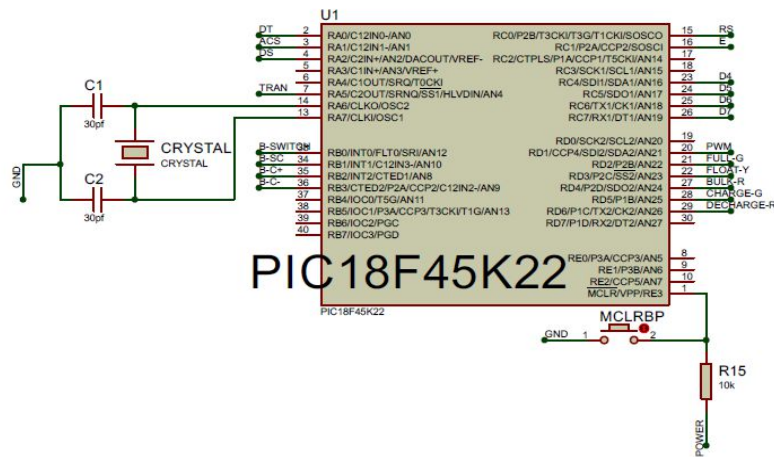


Figure III-18 : Circuit minimale du PIC18F45K22

- Partie mesure et Boutons de la capacité :

Comme nous avons vu la partie mesure composé d'un pont diviseur de tension et un capteur de courant ACS712 30A (pour la mesure de tension et courant de la batterie) avec un capteur de température DS18B20 associé au microcontrôleur 18F45K22.

Pour l'écran LCD nous avons utilisée quarts boutons poussoirs pour le changement de l'écran, sauvegarder dans EEPROM, augmenter et diminuer la valeur de la capacité batterie.

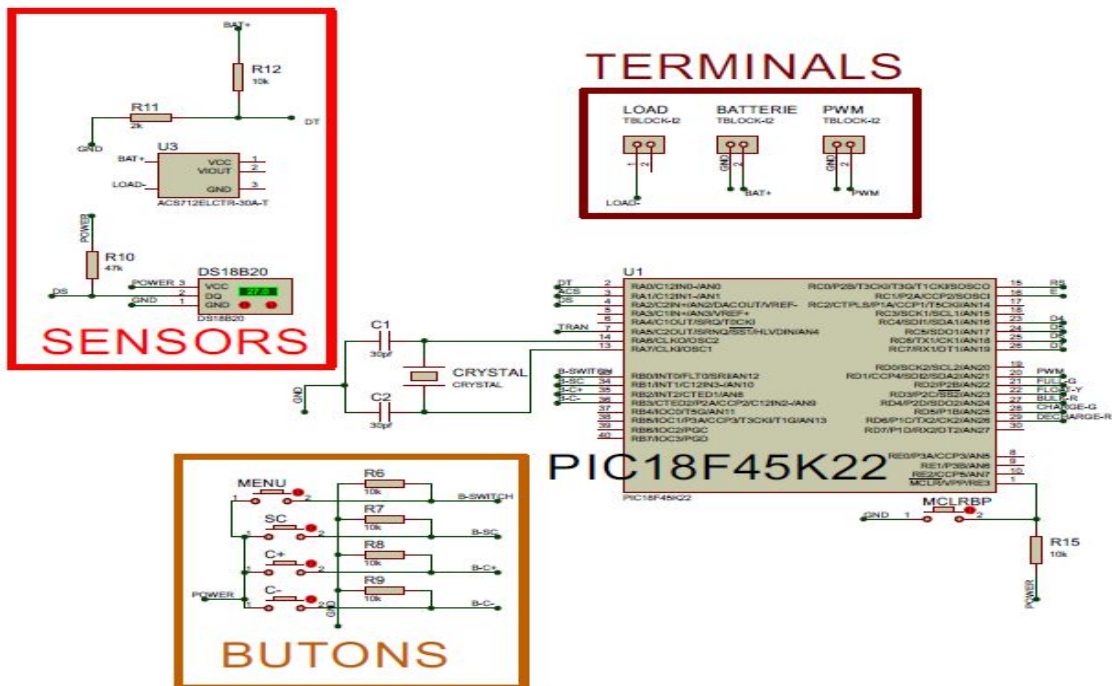


Figure III-19 : Circuit de mesures et de commande par les boutons

- Partie affichage, Led d'état de charge et le signal PWM:

Sur notre carte électronique, nous allons brancher trois LED : rouge, vert et jaune pour indiquer l'état de charge de la batterie, ainsi que le mode de fonctionnement et deux autres LED pour indiquer si la est entrain de charger ou bien décharger . De même, nous pouvons utiliser un afficheur LCD pour visualiser différentes informations.

Pour le control de load on a utilisé un relais électronique avec un transistor pour l'amplification du courant passé par le relais (à cause de faible courant du PIC).

Pour le signal PWM il sera produit par la pâte CCP4 du microcontrôleur. Ces modules sont capables de générer un signal PWM d'une période T_{pwm} (fixe) et d'un rapport cyclique variable. Qui va relire directement à la partie puissance du régulateur (Driver IR2110).

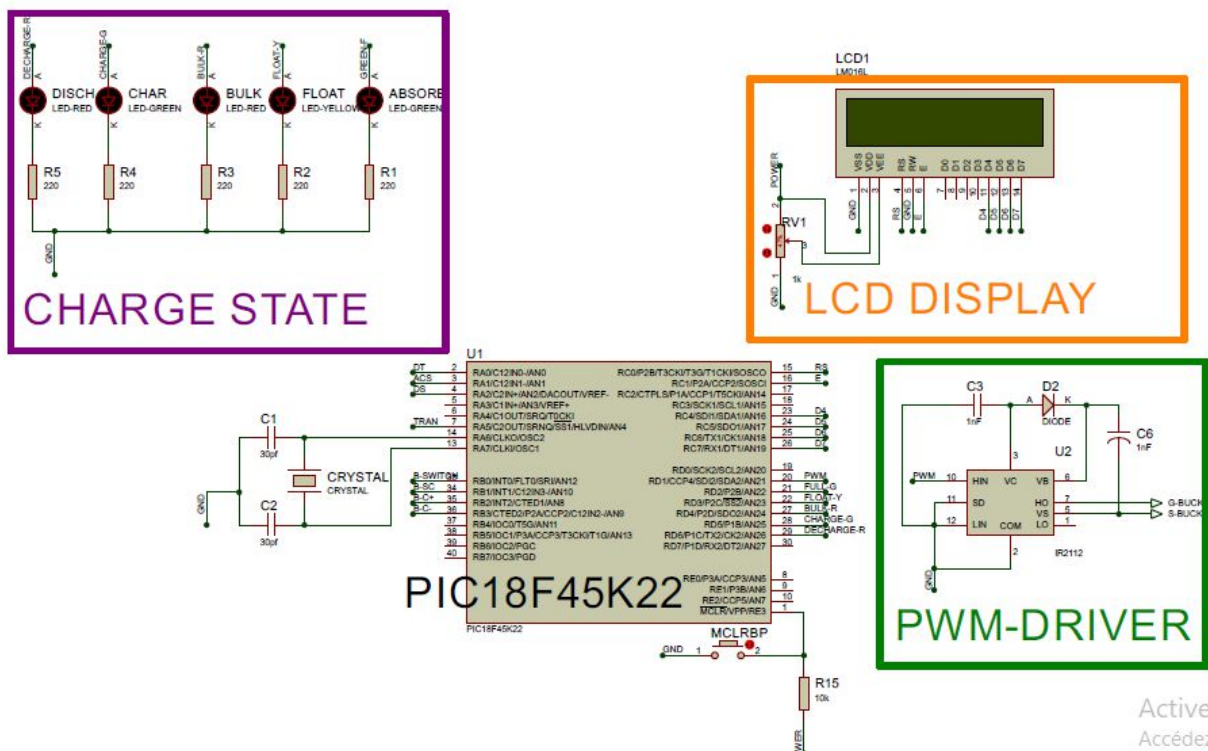


Figure III-20 : Circuit d'affichage avec la commande MLI (PWM)

Les trois dispositifs précédentes (Led, LCD et signal PWM) sont changer directement selon la variation des données récupérer dans la partie Mesure et control du load.

- Contraintes :

Dans la simulation on a travaillé avec le driver IR2112 car Isis Proteus ne contient pas la série IR2110.

- Contrôle du load et le régulateur 5v (VCC) :

Le contrôleur du load est un circuit contient : un relais, un transistor bipolaire NPN, une diode d'anti-retour et une résistance lié au microcontrôleur (pour la commande du relais). Le fonctionnement de ce contrôleur est très simple, quand la batterie est en état faible le relais marche comme un interrupteur ouvert (load débranché avec la batterie) et pour une batterie pleine le relais marche comme un interrupteur fermé (load débranché avec la batterie).

Le régulateur 5v est un régulateur AMS1117 qui fournit une tension de sortie 5v à base d'une source tension d'entrée 12v (batterie de stockage). Le régulateur à son tour alimente le microcontrôleur et les autres composants (LCD, capteurs, buttons ...) par 5v.

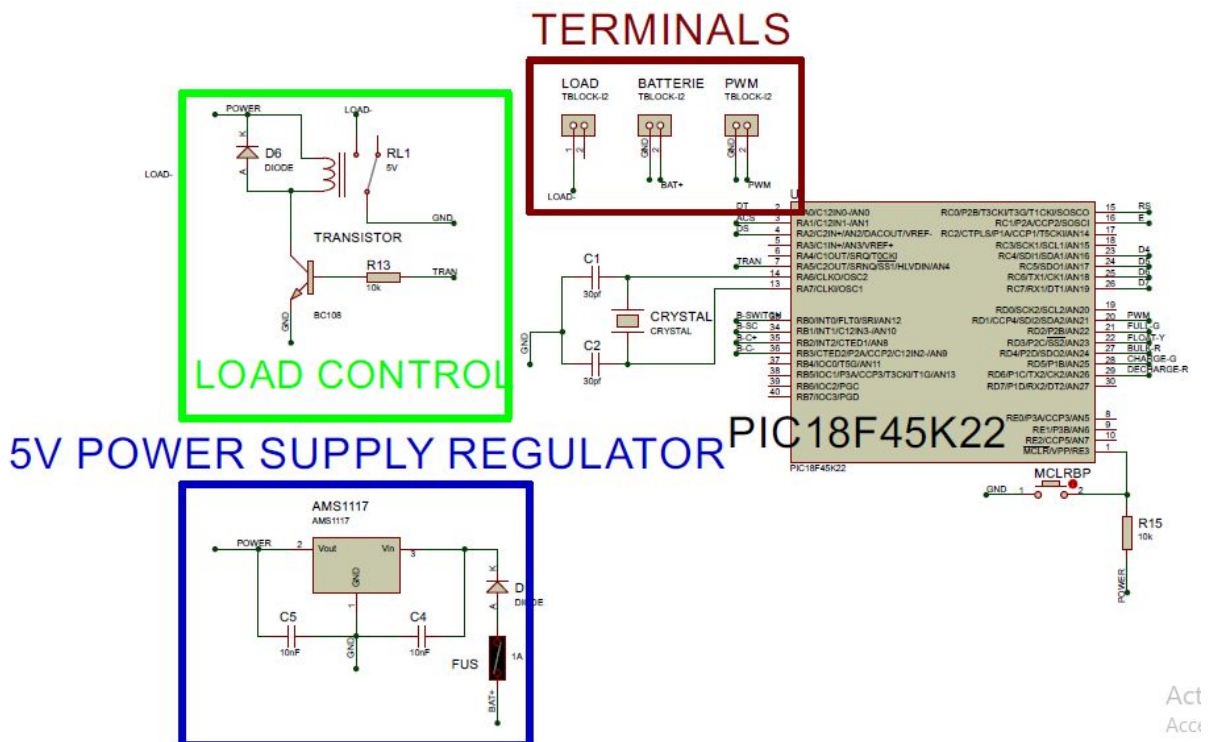


Figure III-21 : Circuit d'alimentation 5V et contrôle du Load

- Contraintes :

Le régulateur AMS1117 n'est pas disponible sur logiciel de simulation Isis Proteus alors on a créé un dispositif qui possède les mêmes caractéristiques avec le dispositif réelle et aussi pour la bonne coïncidence entre la partie simulation et la partie réalisation (PCB et carte électronique) comme il 'est représenté sur la figure précédentes (par un carreau bleu), Dans le cadre du bon fonctionnement de la simulation et de la bonne promenade de programme et circuit on a travaillé avec le régulateur 7805 (à la place de AMS1117 parce qu'ils ont presque les mêmes caractéristiques sauf que AMS1117 est plus précis).

La méthode d'inclusion du dispositif AMS1117 dans l'Isis Proteus est assez simple. Premièrement on va créer un mode boîte graphique 2D « 2D graphics box mode » après on inclut les broches du dispositif comme il est indiqué au datasheet avec l'instruction « Device pins mode ». Ensuite, nous nommons les broches en cliquant chacun avec le bouton droit du souris et finalement on sélectionne notre dispositif nous allons à « Library » ensuite « make

device » on rentre le nom, le préfix du dispositif et nous ajoutons le package du dispositif le plus correspond au comportement de notre dispositif crée (AMS1117 et 7805 dans notre cas).

- Schéma final du circuit de commande de la carte de régulation :

Après assemblage des différentes parties du régulateur de charge, on va récupérer un schéma final montrant les différents branchements entre le coeur de la carte le PIC18F45K22 et les différents organes associés.

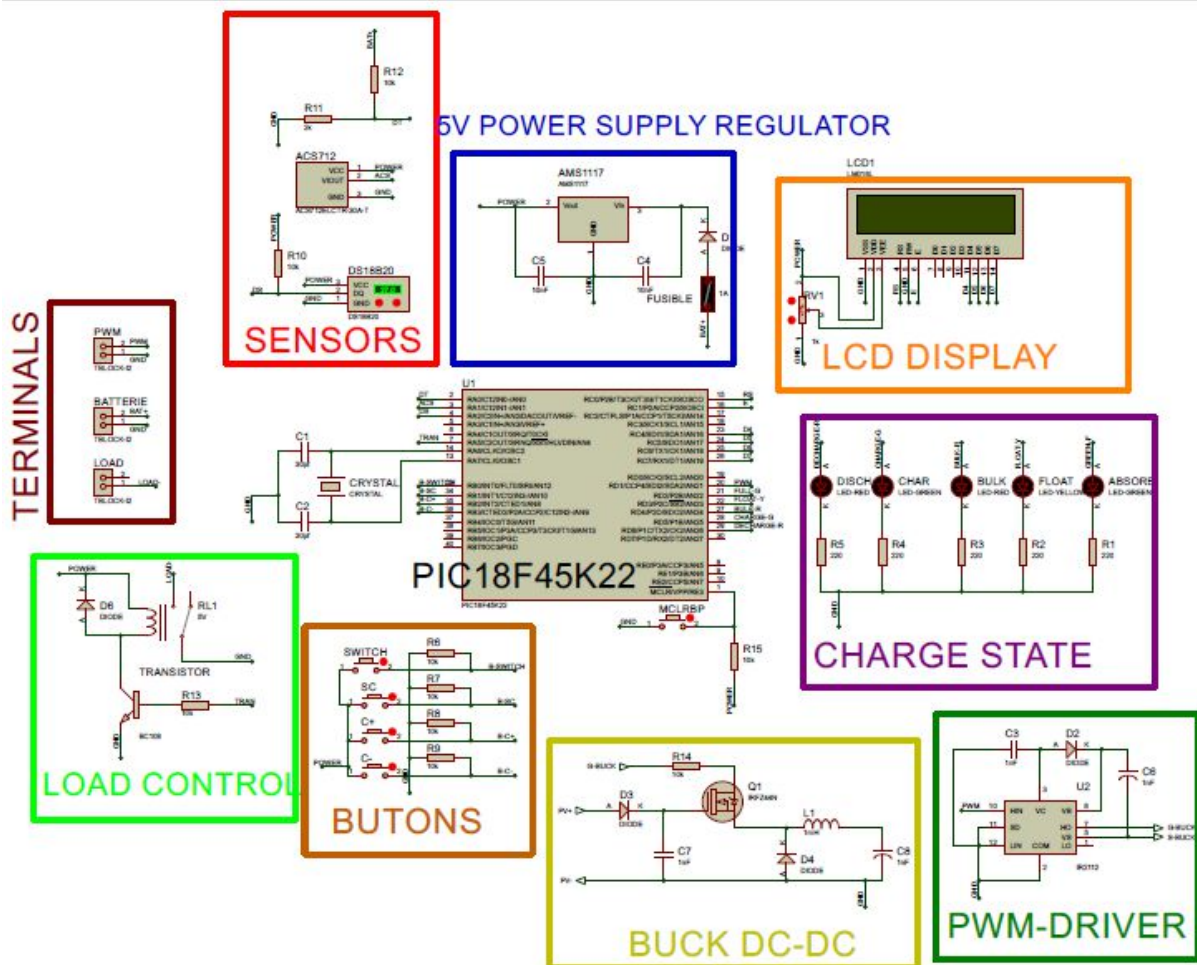


Figure III-22 : Schéma finale de la carte de commande du régulateur

Voilà notre circuit final complet qui apporte la partie commande (sensors, 5v power regulator, LCD display, charge state, load control, buttons et le signal PWM) réalisé par nous et la partie puissance (PWM-driver et convertisseur BUCK DC-DC) réalisé par un autre binôme de notre classe d'étude.

III.1.5. Programmation du régulateur de charge :

On a utilisé le logiciel « Proteus ISIS » pour concevoir notre carte de régulation de charge. À la base du schéma de la figure ..., nous développerons le programme du microcontrôleur pour qu'il puisse communiquer avec les différents organes qui l'entourent.

Le microcontrôleur PIC18F45K22 mesure les deux tensions : de la source et de la batterie. Si la tension de la source est supérieure à la tension de la batterie et la tension de cette dernière ne dépasse pas les 13.8 V, un cycle de charge commence et la LED rouge s'allume en indiquant que la batterie est en cycle de charge.

Quand la tension de la batterie est inférieure au V_{deep} (tension de décharge profond 11v), on va déconnecter le récepteur (load Controller), les Led sont éteint indiquant la décharge profonde et LCD affiche « Brancher au chargeur ». Si la tension de la source est branchée, La Led rouge s'allume en permanence indiquant une batterie chargée à moitié.

La batterie continue a chargé...

Quand la tension de la batterie atteint V_{max} (14.4v), La Led rouge éteint et la Led verte s'allume indiquant l'arrêt de charge, le rapport cyclique s'abaisser et LCD affiche « absorption » et le récepteur sera connecté.

La tension de la batterie est 14.4, le courant diminué et l'autodécharge commence. Quand V_{batt} atteinte 13.8v et le courant inférieur à I_{min} la Led jaune s'allume indiquant la phase d'entretien (Floating).

Si la tension de la batterie est inférieure à V_{ft} (13.8v) le rapport cyclique augmente et vice versa.

Le cycle de charge reprend quand la tension de la batterie descend en dessous de V_{min} (10.8v), la Led rouge cliente est le chargeur (panneau) sera branchée indiquant le début d'un nouveau cycle de charge (Bulk).

```
REGULATEUR DE CHARGE
12V/25A */

//----- LCD module connections-----
sbit LCD_RS at RC0_bit;
sbit LCD_EN at RC1_bit;
sbit LCD_D4 at RC4_bit;
sbit LCD_D5 at RC5_bit;
sbit LCD_D6 at RC6_bit;
sbit LCD_D7 at RC7_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISC0_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISC1_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISC4_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISC5_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISC6_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISC7_bit;
// ----- declaration des Variables -----
int Sw=0;
float ADC_Amp , ADC_Volt ,Volt_rd, Amp_rd , Tem , fact ;
unsigned char txt[15];
unsigned char txt1[15];
```

Figure III-23 : Un aperçu sur la programmation sous MIKROC

La figure suivante représente l'algorithme de fonctionnement de la carte de régulation :

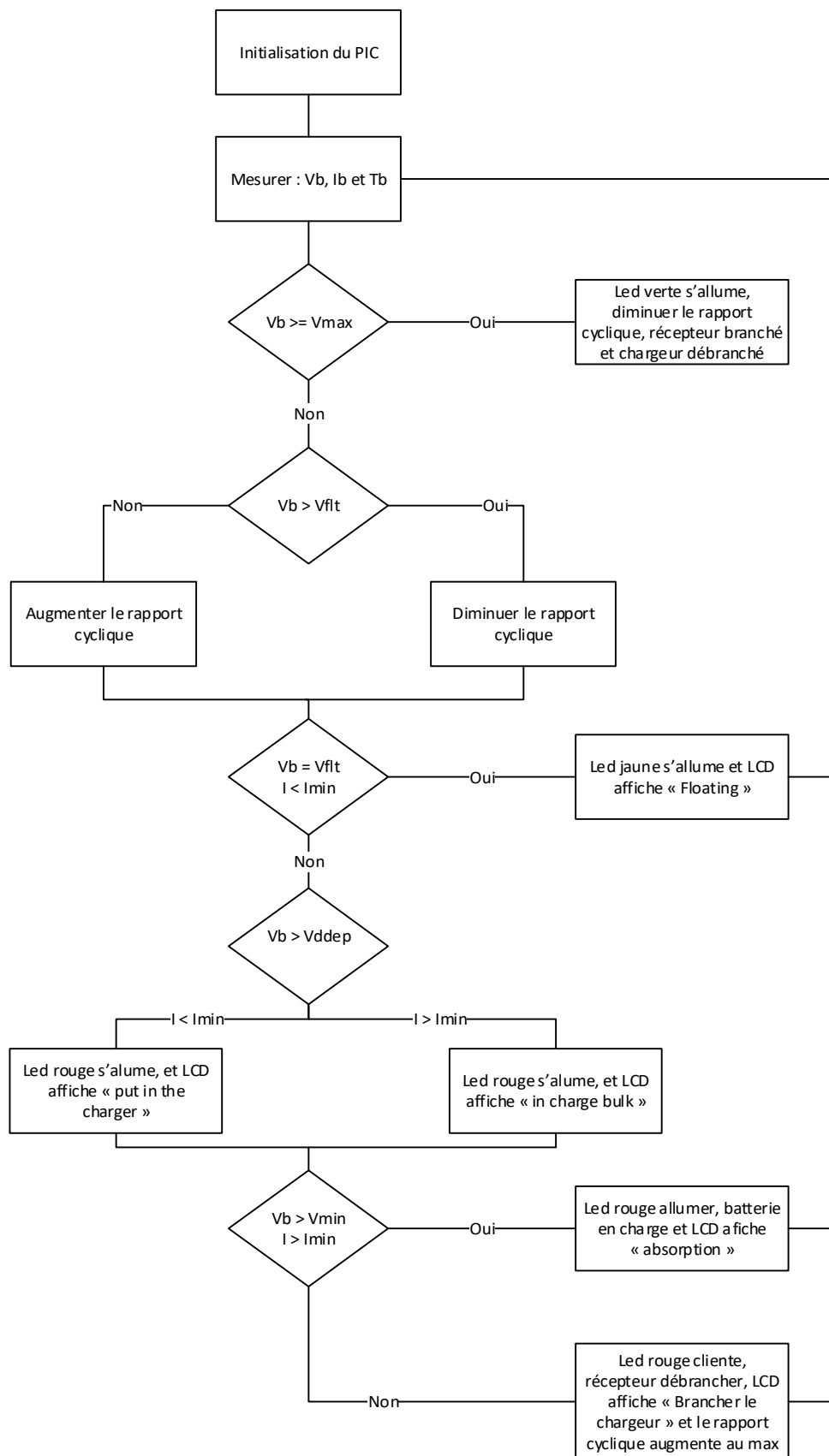


Figure III-24 : Algorithme de fonctionnement de la carte de régulation

- Tests et résultats :

Dans cette partie, nous avons simulé le fonctionnement du régulateur de charge initialement sous l'environnement virtuel du logiciel « Proteus ISIS » afin qu'on puisse vérifier le programme développé du microcontrôleur. Ce programme contrôle les différents états de charge de la batterie qui peuvent se produire tout en commandant une MOSFET de liaison entre la source d'alimentation et la batterie de stockage.

Pour tester le bon fonctionnement du programme avant son implantation réelle sur le microcontrôleur, nous avons effectué plusieurs tests avec le mode charge et par la suite le mode de décharge.

Quand l'utilisateur lance la simulation notre système demande la capacité de la batterie utilisée en Ah.

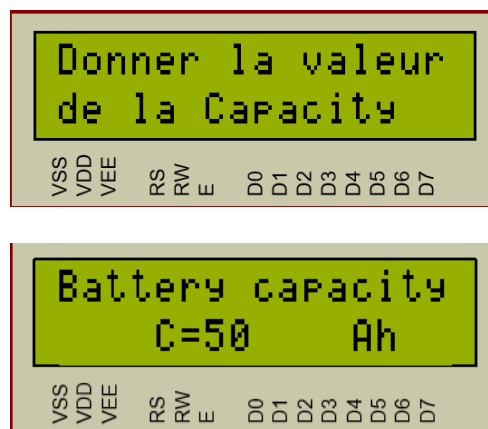


Figure III-25 : Demande la capacité de la batterie

Ensuite, l'utilisateur détermine la valeur de la capacité par les deux boutons « C+ » et « C- » après il clique sur le troisième bouton « SC » ce qui signifie la rétention de la valeur de la capacité dans la mémoire EEPROM de notre PIC.

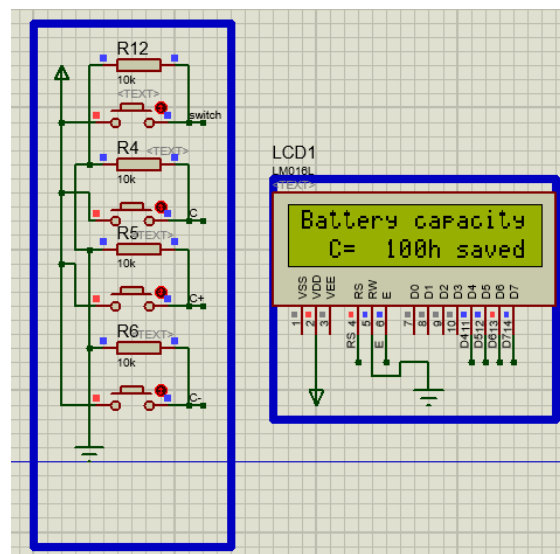


Figure III-26 : Sauvegarde de la capacité dans EEPROM

La capacité de la batterie est sauvegarder, l'algorithme continue son fonctionnement et sauter au deuxième affichage qui contient deux écrans, un pour le « Menu » qui porte la tension, le courant et la température de la batterie et l'autre pour le signal PWM produit et l'indication de la phase de charge de la batterie.

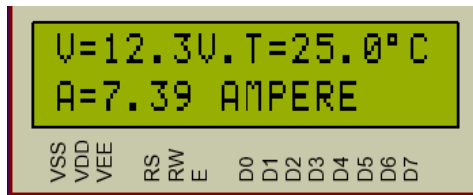


Figure III-27 : Ecran d'affichage N°1

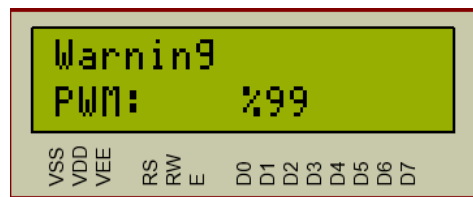


Figure III-28 : Ecran d'affichage N°2

❖ Phase 1 :

C'est Bulk phase, quand la tension de la batterie est entre 10.8v et 14,4v. La led rouge s'allume et le signal PWM est dans sa valeur maximale.

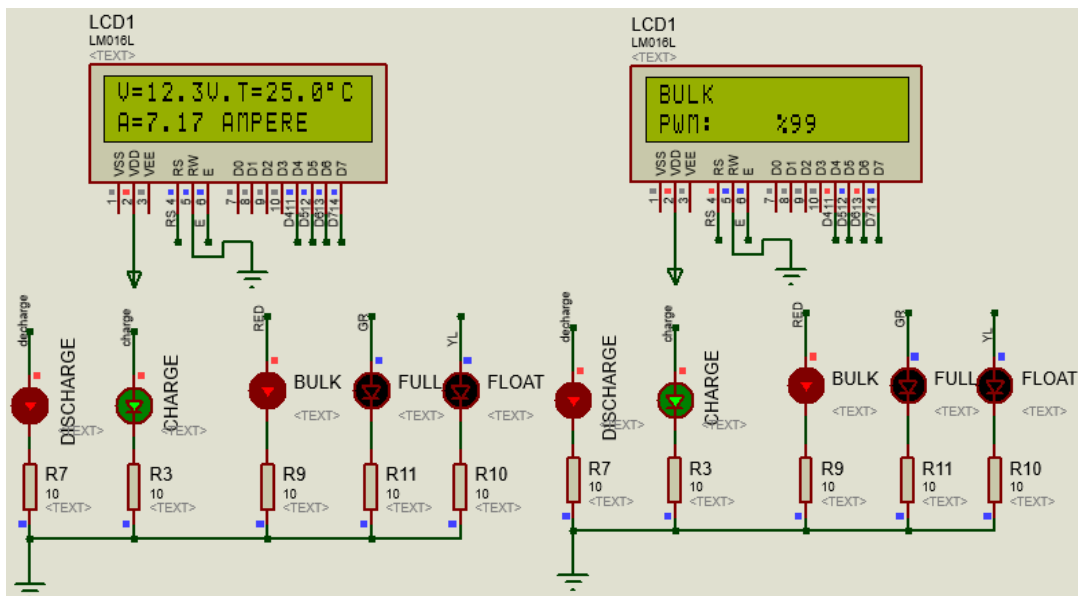


Figure III-29 : Batterie dans la phase Bulk

❖ Phase 2 :

Quand la tension de la batterie atteint 14.4, le signal PWM diminue et la led verte s'allume indiquant la phase d'absorption (stop charging).

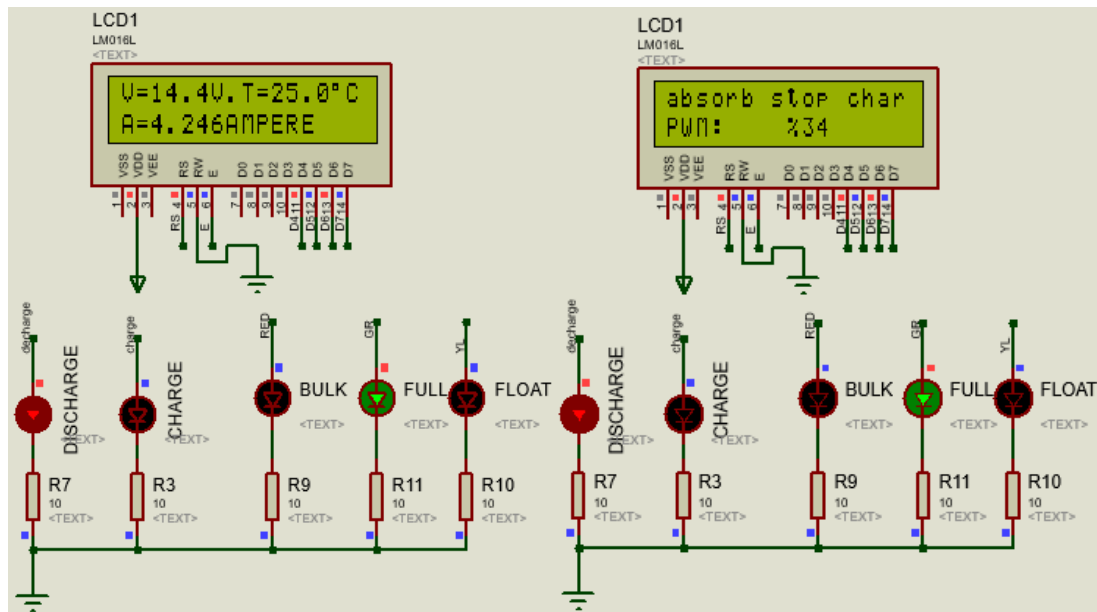


Figure III-30 : Batterie dans la Phase d'absorption

❖ Phase 3 :

La phase finale du chargement de la batterie. La tension égale a 13.8 et le courant de charge moins que I_{min} (1.7A dans notre cas).

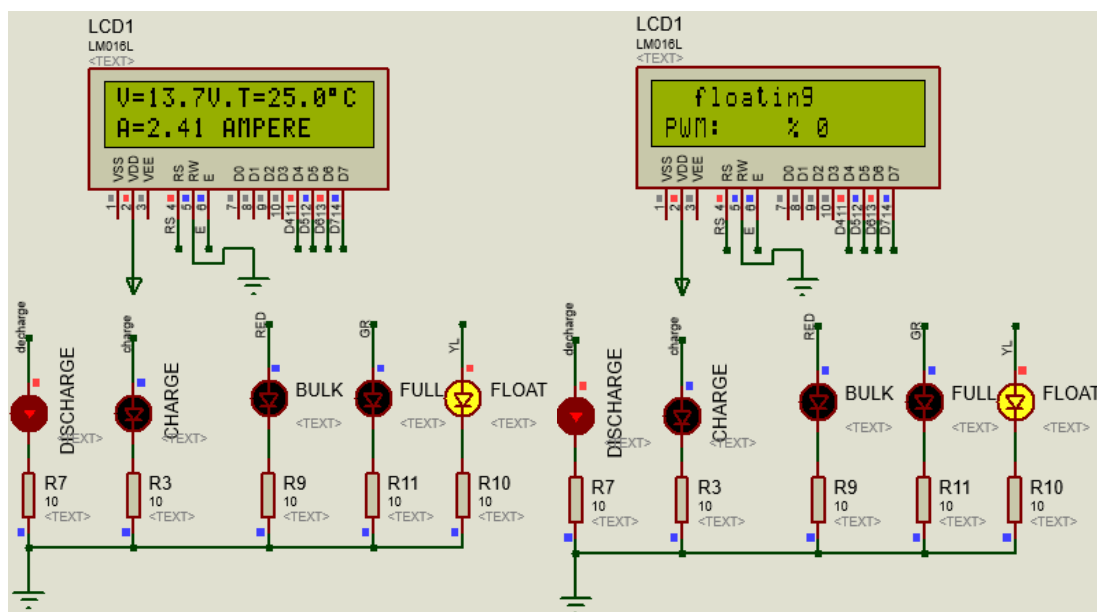


Figure III-31 : Phase d'entretien (float)

❖ Décharge profonde :

La phase où la tension de la batterie est inférieure ou égale à 10.8v s'appelle la décharge profonde, il faut brancher le chargeur rapidement si non la batterie être endommagé rapidement. Dans ce cas la led rouge cliente et LCD affiche « warning ».

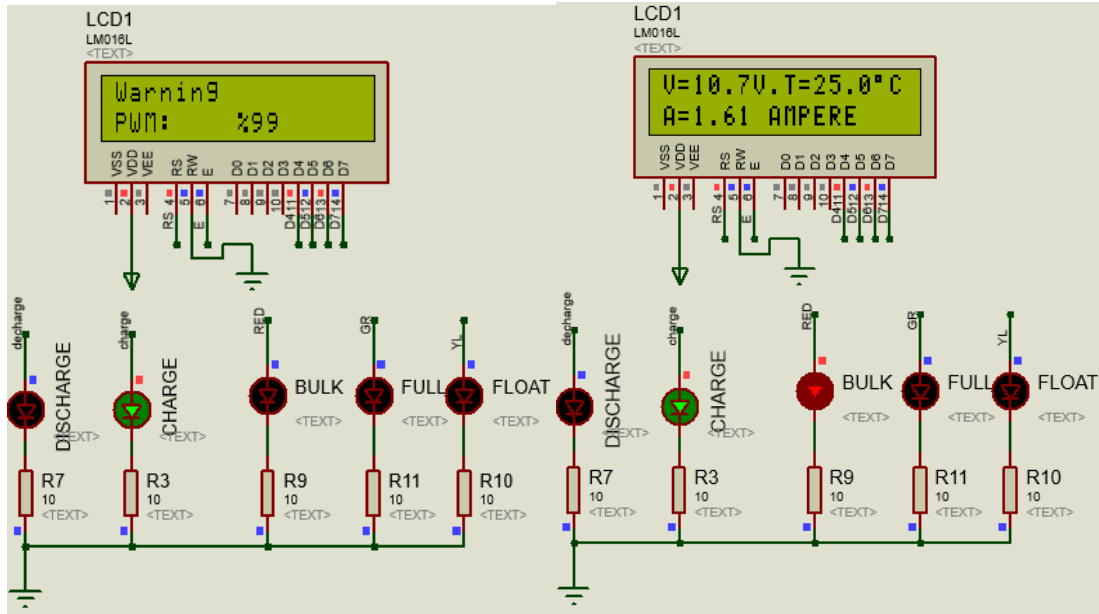


Figure III-32 : phase de décharge profonde

❖ Charge et décharge de la batterie :

Les deux figures suivantes indiquant l'état de relais par rapport à l'état de charge de la batterie.

Si la tension de la batterie est inférieure ou égale à 11.7 le relais sera ouvert indiquant que la batterie n'est pas en état de décharge et vice versa.

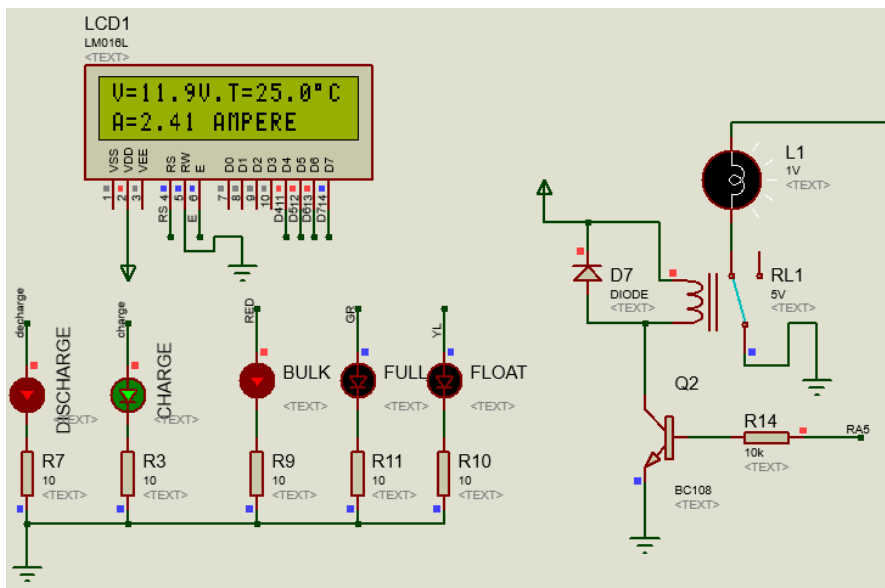


Figure III-33 : Batterie en état de charge et décharge

La led « décharge » est allumée dans la figure précédente ce qui signifie la batterie est prête d'alimenter le load.

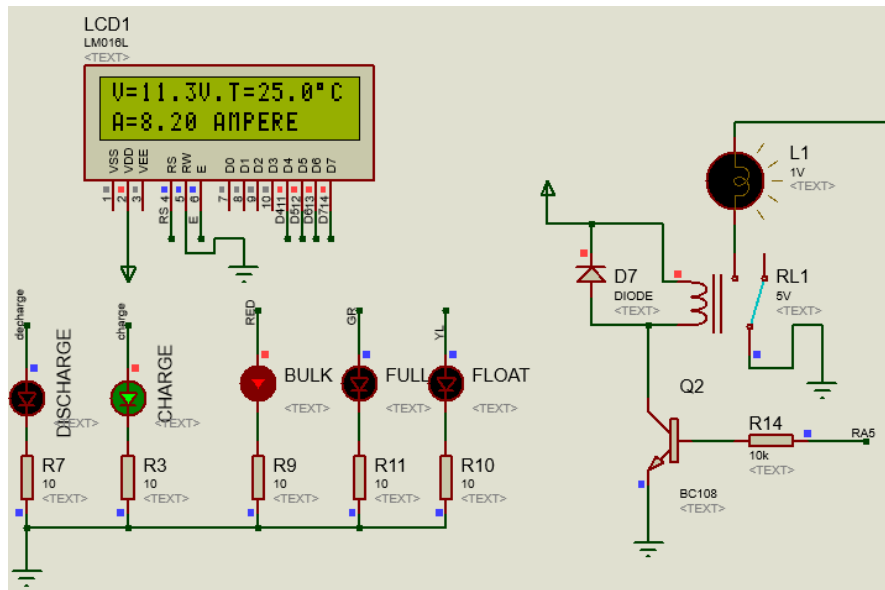


Figure III-34 : Batterie en état de charge seulement

Dans la figure précédente la led « charge » allumée ça veut dire que la batterie est en état mais n'est pas capable de décharger (led « décharge » est éteinte).

Le relais marche comme un interrupteur ouverte est le load est éteint.

❖ Graphes :

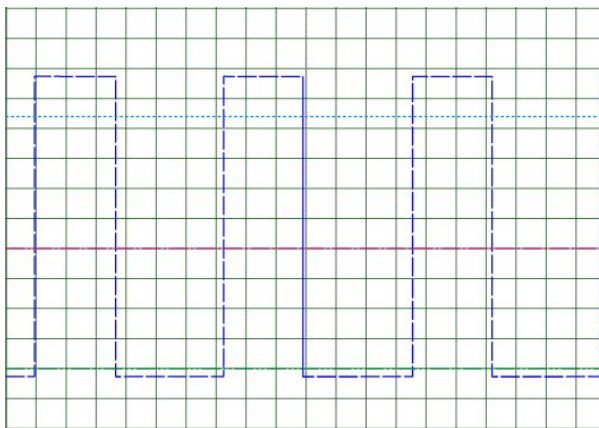


Figure III-35 : Signal MLI avec rapport cyclique de 43%

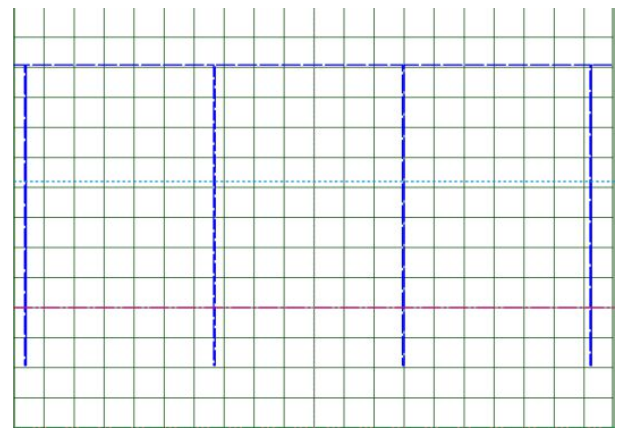


Figure III-36 : Signal MLI avec rapport cyclique de 99%

III.1.6. Réalisation pratique de la carte de commande :

Après la validation du bon fonctionnement en simulation, on s'occupera en dernier lieu avec la réalisation pratique de la carte de régulation. Pour le faire, plusieurs étapes sont à suivre avec précaution afin de réaliser une carte électronique fiable.

En premier lieu, il faut être sûr de la partie schématique qu'elle est opérationnelle.

Ensuite, on convertira le schéma obtenu en simulation en un typon. Ce dernier est le schéma d'emplacement des composants sur la carte réelle prévue pour la réalisation, ainsi que le routage entre composants ; c'est-à-dire les connexions entre composants.

Afin d'obtenir rapidement le typon et avec une bonne qualité, on a utilisé la partie « Proteus ARES ». Après un placement manuel des composants, un routage semi-automatique a été effectué pour choisir la bonne section des fils en fonction de notre besoin. A la fin, nous avons obtenu le circuit imprimé.

Nous voyons les connexions en bleu montrant les connexions de la face arrière de la carte à réaliser et la zone colorée en bleu représente le plan de masse (GND).

Le plan de masse sur une carte de circuit imprimé est généralement une grande zone de cuivre connectée à la masse. Cette zone de cuivre peut couvrir une petite zone, ou la carte entière dans une conception multicouche. Suivant les besoins de la conception, cette zone peut occuper plusieurs couches.

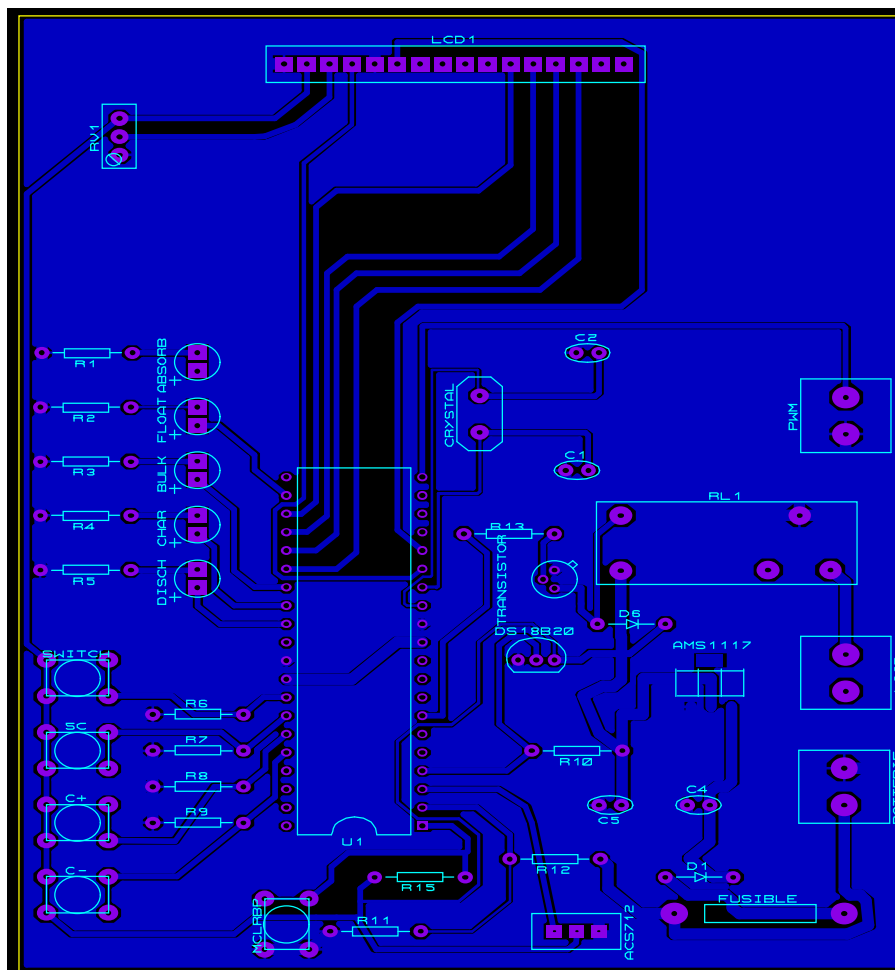


Figure III. 37 La carte électronique du régulateur de charge

Le logiciel ISIS PROTEUS nous donne aussi la possibilité de voir la carte électronique réalisée en 3D en cliquant sur « 3D visualizeur » en haut de l'ISIS PROTEUS.

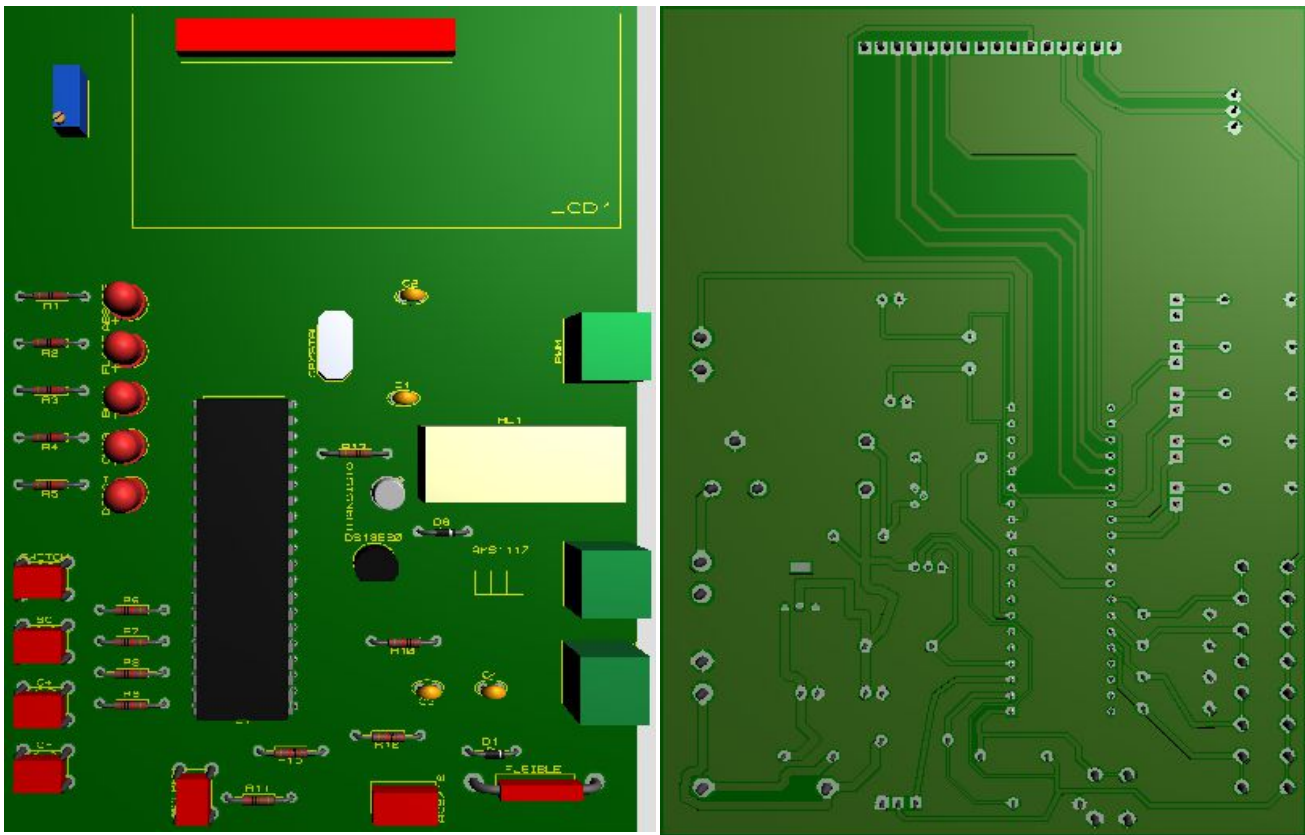


Figure III-38 : Représentation en 3D de la carte électronique du régulateur de charge

ISIS PROTEUS nous donne aussi la possibilité de voir le fichier GERBER de notre carte qui est le standard de-facto utilisé pour transmettre des informations concernant la fabrication des circuits imprimés. Il implique la description des diverses couches de connexions électriques (les pistes, les pastilles, les plages CMS, les vias...). Pour avoir le fichier Gerber il suffit d'entrer notre plaque PCB sure ISIS PROTEUS ensuite « Generate Gerber/ Excellon files », après on va choisir l'emplacement de notre fichier en cliquant sure OK à la fin d'opération.

Et voilà le fichier obtenu montrant sur la figure ci-dessus :

- 📄 New Project - CAD/CAM Bottom Copper
- 📄 New Project - CAD/CAM Bottom SMT Pas...
- 📄 New Project - CAD/CAM Bottom Solder R...
- 📄 New Project - CAD/CAM Drill
- 📄 New Project - CAD/CAM Mechanical 1
- 📄 New Project - CAD/CAM READ-ME
- 📄 New Project - CAD/CAM Top Copper
- 📄 New Project - CAD/CAM Top Silk Screen
- 📄 New Project - CAD/CAM Top SMT Paste ...
- 📄 New Project - CAD/CAM Top Solder Resist

Figure III-39 : Fichier GERBER

Remarque :

Notre réalisation pratique dans le centre de recherche d'énergies renouvelables « CDER » à bouzereah, Alger qui est représenté par la carte de régulation qui commande les phases de charge et décharge d'une batterie acide au plomb dans un système photovoltaïque réel a été interrompu à cause de la pandémie COVID-19.

III.1.7. Conclusion :

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté les différentes étapes et la méthodologie suivie pour la conception et la réalisation d'un circuit de commande pour la régulation d'un régulateur de charge photovoltaïque à base d'un microcontrôleur en passant par le choix des différentes composants. Par la suite, nous avons fait la simulation virtuelle pour tester le bon fonctionnement du programme, plus que l'explication et clarification de la simulation et la réalisation de notre circuit imprimé (PCB). Notons qu'on a trouvé des problèmes au niveau de quelque composants lors de la réalisation du schématique.

Conclusion générale

Les travaux présentés durant cette thèse ont pour objectif l'amélioration du fonctionnement des générateurs solaires photovoltaïques utilisés dans des sites autonomes. Ils comportent deux buts principaux, l'un concerne l'amélioration du fonctionnement des panneaux solaires et l'autre concerne la maintenance des batteries de stockage d'énergie électrochimique.

Dans le premier chapitre, des notions sur l'énergie solaire et ses caractéristiques ont été annoncées ainsi que les différents types de systèmes photovoltaïques existants, les cellules, les performances d'un générateur photovoltaïque avec son fonctionnement à sa puissance maximale, en deuxième temps nous avons donné un aperçu général sur les batteries et systèmes de stockage, son principe de fonctionnement, l'emplacement des batteries dans un système solaire photovoltaïque, ses types et les caractéristiques d'une batterie solaire.

Dans le second chapitre, a fait l'étude de l'unité de stockage (batterie), son principe de fonctionnement, ses caractéristiques, sa modélisation, sa différence avec une batterie classique et son couplage direct avec un GPV avec les causes de dégradation de ce type de batterie et l'algorithme de charge des batteries acide au plomb. Dans la deuxième partie du chapitre nous avons parlé du régulateur de charge, son rôle, ses paramètres, modes et technologies de régulation, les régulateurs PWM et MPPT et le principe de régulateur utilisé dans notre système photovoltaïque.

Concernant le troisième chapitre, nous avons basé sur la descriptions des composants de notre circuit de commande, le signal PWM généré par le microcontrôleur qui commande le circuit de puissance (réalisé par notre camarades) et la simulation de carte dans logiciel ISIS Proteus utilisant aussi logiciel bien connu de MikroElektronika MikroC PRO pour la programmation du PIC18F45K22 suivant un organigramme bien défini.

Comme perspectives, nous envisageons:

- au niveau de la simulation sous MikroC ou il a été difficile d'atteindre la compatibilité entre la partie mesure et la partie affichage et la partie mesure avec le signal PWM (algorithme de régulation) ainsi que les problèmes reçus dans ISIS Proteus à propos de capteur DS18B20.
- Implémenter différentes commandes dans notre système.
- Réaliser une communication entre applications distantes.
- Des problèmes d'incertitude au niveau des composants utilisés.

mais ça valait la peine puisque c'était un domaine nouveau pour nous. Cette application nous a permis de connaître plein de trucs et comment gérer le problème. Cela nous a aidé aussi de faire une recherche bibliographique plus approfondie en comparant avec celle entreprise durant la phase de simulation.

Références bibliographiques

- [1] « Énergie solaire — Wikipédia ». https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_solaire (consulté le oct. 13, 2020).
- [2] « Énergie solaire photovoltaïque ? - Production d'électricité écologique », Énergie solaire 1. <https://www.energiesolaire1.com/quest-ce-que-energie-solaire-photovoltaique/> (consulté le oct. 13, 2020).
- [3] « Les différents types d'installations solaires photovoltaïques - Écohabitation ». <https://www.ecohabitation.com/guides/2590/les-differents-types-dinstallations-solaires-photovoltaïques/> (consulté le oct. 13, 2020).
- [4] « Thème. Modélisation des paramètres d'une batterie Plomb-Acide, et son intégration dans un système photovoltaïque autonome. - PDF Free Download ». <https://docplayer.fr/22619844-Theme-modelisation-des-parametres-d-une-batterie-plomb-acide-et-son-integration-dans-un-systeme-photovoltaïque-autonome.html> (consulté le oct. 13, 2020).
- [5] « Cellule photovoltaïque », Wikipédia. juin 07, 2020, Consulté le: oct. 13, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Cellule_photovolta%C3%AFque&oldid=171772037.
- [6] « GuidEnR PHOTOVOLTAÏQUE > Point de fonctionnement électrique d'un module photovoltaïque ». http://www.photovoltaïque.guidenr.fr/III_4_point-fonctionnement-electrique-module-photovoltaïque.php (consulté le oct. 13, 2020).
- [7] « Stocker l'énergie produite ». <https://www.ecologie-shop.com/conseils/installation-photovoltaïque-pour-site-isole-batterie-solaire-pour-stocker-l-energie-16> (consulté le oct. 13, 2020).
- [8] « Comment stocker l'énergie solaire ? », <https://c-r-e.fr/guide/>. <https://c-r-e.fr/guide/photovoltaïque/foire-aux-questions-energie-solaire/comment-fonctionne-energie-solaire/comment-stocker-energie-solaire/> (consulté le oct. 13, 2020).
- [9] « Quels sont les différents types de batteries solaires ? », Libow, août 24, 2018. <https://www.libow.fr/blog-avis/blog/quels-sont-les-differents-types-de-batteries-solaires/> (consulté le oct. 13, 2020).
- [10] « Introduction à l'Etude du Système de Stockage dans un Système Photovoltaïque - PDF Téléchargement Gratuit ». <https://docplayer.fr/amp/6941813-Introduction-a-l-etude-du-systeme-de-stockage-dans-un-systeme-photovoltaïque.html> (consulté le oct. 13, 2020).
- [11] « Batterie au plomb », Wikipédia. juin 16, 2020, Consulté le: oct. 13, 2020. [En ligne]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Batterie_au_plomb&oldid=172050378.
- [12] « Memoire Online - Réalisation d'un régulateur solaire à base de microcontrôleur pour le contrôle de l'état de charge et la protection des accumulateurs - Souade Zaamta ». <https://www.memoireonline.com/08/09/2558/Realisation-dun-regulateur-solaire--base-de-microcontrleur-pour-le-contrle-de-letat-de-ch.html> (consulté le oct. 13, 2020).
- [13] B. K. Johnson et al., « Power Management of Small Naval Vessels », 2011, Consulté le: oct. 13, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AV2012074906>.
- [14] « Régulateur de charge. Qu'est-ce que c'est et que fait-il? » <https://lenergie-solaire.net/energie-solaire-photovoltaïque/elements/installations-autonomes/regulateurs-charge> (consulté le oct. 13, 2020).

- [15] « GuidEnR PHOTOVOLTAÏQUE > Régulation photovoltaïque “tout ou rien” ». <http://www.photovoltaique.guidenr.fr/cours-photovoltaïque-autonome-1/regulation-photovoltaïque-tout-ou-rien.php> (consulté le oct. 13, 2020).
- [16] « GuidEnR PHOTOVOLTAÏQUE > Régulation photovoltaïque MLI ». <http://www.photovoltaique.guidenr.fr/cours-photovoltaïque-autonome-1/regulation-photovoltaïque-mli.php> (consulté le oct. 13, 2020).
- [17] « Les différentes technologies des contrôleurs de charge ». <https://www.lepanneausolaire.net/les-differentes-technologies-contrôleurs-charge.php> (consulté le oct. 13, 2020).
- [18] « Chargement de la batterie IUoU - IUoU battery charging - qaz.wiki ». https://fr.qaz.wiki/wiki/IUoU_battery_charging (consulté le oct. 13, 2020).
- [19] « République Algérienne Démocratique et Populaire. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique - PDF Free Download ». <https://docplayer.fr/61742402-Republique-algerienne-democratique-et-populaire-ministere-de-l-enseignement-superieur-et-de-la-recherche-scientifique.html> (consulté le oct. 13, 2020).
- [20] F. Batteix, « Mesurer une température avec un capteur 1-Wire DS18B20 et une carte Arduino / Genuino », !-APP.SHORT_TITLE-!, oct. 22, 2016. <https://www.carnetdumaker.net/articles/mesurer-une-temperature-avec-un-capteur-1-wire-ds18b20-et-une-carte-arduino-genuino/> (consulté le oct. 13, 2020).
- [21] « Photocoupleur », Wikipédia. janv. 10, 2020, Consulté le: oct. 13, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Photocoupleur&oldid=166214560>.
- [22] « Électronique les Relais ». <http://www.zpag.net/Electroniques/relais.htm> (consulté le oct. 13, 2020).

Liste des annexes

Annexe A :

PIC18F45K22 DATASHEET



PIC18(L)F2X/4XK22

28/40/44-Pin, Low-Power, High-Performance Microcontrollers with nanoWatt XLP Technology

High-Performance RISC CPU:

- C Compiler Optimized Architecture:
 - Optional extended instruction set designed to optimize re-entrant code
- Up to 1024 Bytes Data EEPROM
- Up to 64 Kbytes Linear Program Memory Addressing
- Up to 3896 Bytes Linear Data Memory Addressing
- Up to 16 MIPS Operation
- 16-bit Wide Instructions, 8-bit Wide Data Path
- Priority Levels for Interrupts
- 31-Level, Software Accessible Hardware Stack
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier

Flexible Oscillator Structure:

- Precision 16 MHz Internal Oscillator Block:
 - Factory calibrated to $\pm 1\%$
 - Selectable frequencies, 31 kHz to 16 MHz
 - 64 MHz performance available using PLL – no external components required
- Four Crystal modes up to 64 MHz
- Two External Clock modes up to 64 MHz
- 4X Phase Lock Loop (PLL)
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if peripheral clock stops
 - Two-Speed Oscillator Start-up

Analog Features:

- Analog-to-Digital Converter (ADC) module:
 - 10-bit resolution, up to 30 external channels
 - Auto-acquisition capability
 - Conversion available during Sleep
 - Fixed Voltage Reference (FVR) channel
 - Independent input multiplexing
- Analog Comparator module:
 - Two rail-to-rail analog comparators
 - Independent input multiplexing
- Digital-to-Analog Converter (DAC) module:
 - Fixed Voltage Reference (FVR) with 1.024V, 2.048V and 4.096V output levels
 - 5-bit rail-to-rail resistive DAC with positive and negative reference selection
- Charge Time Measurement Unit (CTMU) module:
 - Supports capacitive touch sensing for touch screens and capacitive switches

Extreme Low-Power Management with nanoWatt XLP:

- Sleep mode: 100 nA, typical
- Watchdog Timer: 500 nA, typical
- Timer1 Oscillator: 500 nA @ 32 kHz
- Peripheral Module Disable

Special Microcontroller Features:

- Full 5.5V Operation – PIC18FXXK22 devices
- 1.8V to 3.6V Operation – PIC18LFXXK22 devices
- Self-Programmable under Software Control
- High/Low-Voltage Detection (HLVD) module:
 - Programmable 16-Level
 - Interrupt on High/Low-Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR):
 - With software enable option
 - Configurable shutdown in Sleep
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 4 ms to 131s
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™):
 - Single-Supply 3V
- In-Circuit Debug (ICD)

Peripheral Highlights:

- Up to 35 I/O Pins plus 1 Input-Only Pin:
 - High-Current Sink/Source 25 mA/25 mA
 - Three programmable external interrupts
 - Four programmable interrupt-on-change
 - Nine programmable weak pull-ups
 - Programmable slew rate
- SR Latch:
 - Multiple Set/Reset input options
- Two Capture/Compare/PWM (CCP) modules
- Three Enhanced CCP (ECCP) modules:
 - One, two or four PWM outputs
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-Shutdown and Auto-Restart
 - PWM steering
- Two Master Synchronous Serial Port (MSSP) modules:
 - 3-wire SPI (supports all 4 modes)
 - I²C™ Master and Slave modes with address mask

Annexe B :

DS18B20 DATASHEET

PRELIMINARY

DS18B20
Programmable Resolution
1-Wire® Digital Thermometer

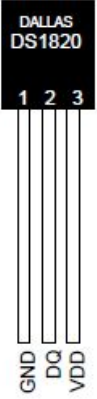
DALLAS SEMICONDUCTOR

www.dalsemi.com

FEATURES

- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to +125°C. Fahrenheit equivalent is -67°F to +257°F
- ±0.5°C accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT




DALLAS
DS18B20

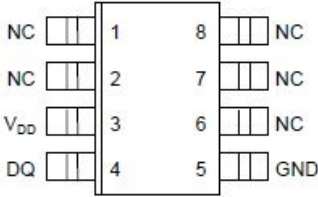
1 2 3

GND DQ VDD

BOTTOM VIEW



DS18B20 To-92
Package



DS18B20Z
8-Pin SOIC (150 mil)

PIN DESCRIPTION

GND - Ground
DQ - Data In/Out
V_{DD} - Power Supply Voltage
NC - No Connect

DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit (configurable) temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS18B20 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS18B20. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS18B20 contains a unique silicon serial number, multiple DS18B20s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control.

Annexe C :

AMS1117 DATASHEET

**Advanced
Monolithic
Systems**

AMS1117

1A LOW DROPOUT VOLTAGE REGULATOR

FEATURES

- Three Terminal Adjustable or Fixed Voltages*
1.5V, 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.3V and 5.0V
- Output Current of 1A
- Operates Down to 1V Dropout
- Line Regulation: 0.2% Max.
- Load Regulation: 0.4% Max.
- SOT-223, TO-252 and SO-8 package available

APPLICATIONS

- High Efficiency Linear Regulators
- Post Regulators for Switching Supplies
- 5V to 3.3V Linear Regulator
- Battery Chargers
- Active SCSI Terminators
- Power Management for Notebook
- Battery Powered Instrumentation

GENERAL DESCRIPTION

The AMS1117 series of adjustable and fixed voltage regulators are designed to provide 1A output current and to operate down to 1V input-to-output differential. The dropout voltage of the device is guaranteed maximum 1.3V at maximum output current, decreasing at lower load currents.

On-chip trimming adjusts the reference voltage to 1%. Current limit is also trimmed, minimizing the stress under overload conditions on both the regulator and power source circuitry.

The AMS1117 devices are pin compatible with other three-terminal SCSI regulators and are offered in the low profile surface mount SOT-223 package, in the 8L SOIC package and in the TO-252 (DPAK) plastic package.

ORDERING INFORMATION:

PACKAGE TYPE			OPERATING JUNCTION TEMPERATURE RANGE
TO-252	SOT-223	8L SOIC	
AMS1117CD	AMS1117	AMS1117CS	-40 to 125° C
AMS1117CD-1.5	AMS1117-1.5	AMS1117CS-1.5	-40 to 125° C
AMS1117CD-1.8	AMS1117-1.8	AMS1117CS-1.8	-40 to 125° C
AMS1117CD-2.5	AMS1117-2.5	AMS1117CS-2.5	-40 to 125° C
AMS1117CD-2.85	AMS1117-2.85	AMS1117CS-2.85	-40 to 125° C
AMS1117CD-3.3	AMS1117-3.3	AMS1117CS-3.3	-40 to 125° C
AMS1117CD-5.0	AMS1117-5.0	AMS1117CS-5.0	-40 to 125° C

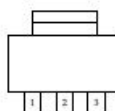
*For additional available fixed voltages contact factory.

PIN CONNECTIONS

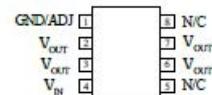
3 PIN FIXED/ADJUSTABLE
VERSION

- 1- Ground/Adjust
- 2- V_{OUT}
- 3- V_{IN}

SOT-223 Top View



8L SOIC Top View



TO-252 FRONT VIEW



Advanced Monolithic Systems, Inc. www.advanced-monolithic.com Phone (925) 443-0722 Fax (925) 443-0723

Annexe D :

ACS712 30A DATASHEET



ACS712

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

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage



Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1



Description

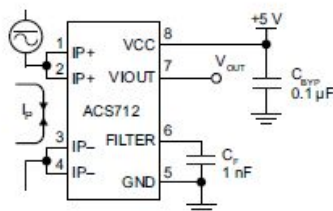
The Allegro® ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power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

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

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

Continued on the next page ...

Typical Application

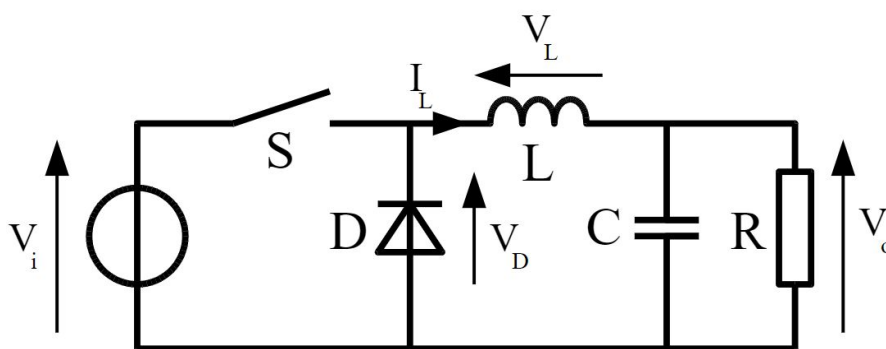


Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current, I_p , within the range specified. C_f is recommended for noise management, with values that depend on the application.

Annexe E :

Convertisseur BUCK DC-DC

Un convertisseur buck, ou hacheur série, est une alimentation à découpage qui convertit une tension continue en une autre tension continue de plus faible valeur. Un convertisseur Buck bien conçu possède un fort rendement (jusqu'à 95 %) et offre la possibilité de réguler la tension de sortie.



Application :

Ce type de convertisseur est utilisé pour des applications que l'on peut classer en deux catégories :

- Les applications visant à obtenir une tension continue fixe (et parfois régulée) à partir d'un générateur de tension continue supérieure.
- Conversion des 12-24V fournis par une batterie d'ordinateur portable vers les quelques Volts nécessaires au processeur.
- Conversion de la tension du secteur redressée en continu fixe.
- Les applications permettant d'obtenir une tension réglable mais toujours inférieure à celle présente à l'entrée.
- Variateur de tension continue.

Principe de Fonctionnement :

Le circuit est alimentée par une source de tension V_e , la sortie est chargée par une résistance R et débite un courant I_s .

L'interrupteur S , symbolisé ici comme un MOSFET de puissance, et rendu périodiquement conducteur avec un rapport cyclique à la fréquence $F = 1/T$.

On distingue deux modes de fonctionnement de ce circuit selon que le courant circulent dans l'inductance est ou non continu (ne s'annule pas au cours de la période).

Le mode conduction continue étant le plus intéressant pour ce convertisseur, nous n'étudierons que ce mode.