

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN DE TIARET
FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT DE GÉNIE ÉLECTRIQUE



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Électronique

Spécialité : Électronique des systèmes embarqués

THÈME

**LIMITE DE FONCTIONNEMENT DES
RÉGULATEURS DE CHARGE DES
BATTERIES ACIDE-AU-PLOMB**

Préparé par : M. KACHER AHMED DIAA EDDINE
M. HALLOUZ ZAKARIA

Devant le Jury :

Nom et prénoms	Grade	Qualité
M. Belgacem SAHLI	MCA	Président
M. Djilali NASRI	MCA	Examineur
M. Mustapha BELARBI	MCA	Encadreur

PROMOTION 2018/2019

Remerciements

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

En préambule à ce mémoire

Nous remercions ALLAH qui nous a aidé et d'avoir nous donner la patience et le courage durant ces longues années d'études.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères aux Personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nous tenant à remercier sincèrement notre encadreur M. Mustapha BELARBI qui a été à l'écoute et d'avoir être toujours disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Tous nos remerciements s'adressent également aux membres du jury qui nous font l'honneur d'évaluer ce travail

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants du département de Génie électrique qui ont contribué à notre formation.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis qui nous ont toujours soutenus et encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous

Dédicaces

*Nous dédions ce modeste travail à
Nos familles
Tous nos amis et nos camarades.
Ainsi qu'à toutes les personnes qui nous sont chères*

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES.....	6
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	8
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES BATTERIES.....	10
1. Stockage d'énergie avec des batteries.....	11
2. Différents modèles de batterie.....	12
2.1. Batteries acide-au-plomb.....	12
2.2. Batteries nickel-cadmium (NiCD).....	12
2.3. Batteries nickel-metal-hydrure (NiMH).....	12
2.4. Caractéristiques principales d'une batterie solaire.....	12
2.4.1. Poids et volume.....	12
2.4.2. Tension.....	13
2.4.3. Capacité.....	13
2.4.4. Durée de vie.....	13
3. Batteries acide-au-plomb.....	13
4. Composition d'une batterie acide-au-plomb.....	14
5. Utilisation des batteries acide-au-plomb.....	16
6. Caractéristiques électriques des batteries acide-au-plomb.....	16
7. Fonctionnement de la batterie acide-au-plomb.....	17
7.1. Pendant la charge.....	18
7.2. Pendant la décharge.....	19
8. Vieillesse des batteries acide-au-plomb.....	19
8.1. Stratification de l'acide.....	19
8.2. Sulfatation dure.....	20
8.3. Corrosion.....	20
8.4. Dégagement gazeux et dessèchement des électrodes.....	20
8.5. Décohésion de la matière active.....	21
9. Charge d'une batterie acide-au-plomb.....	21
10. Algorithmes de charge des batteries acide-au-plomb.....	22
10.1. Charge à courant constant (Bulk charge).....	22
10.2. Charge d'absorption (Absorption charge).....	23
10.3. Charge de finition (Floating charge).....	23
11. Régénération des batteries par désulfatation.....	23
12. Conclusion.....	24
CHAPITRE II : ETUDE THEORIQUE.....	25
1. Algorithme de charge en trois étapes.....	26
2. Les Microcontrôleurs.....	26
3. Description générale d'un microcontrôleur PIC16F877A.....	26
3.1. Les temporisateurs du PIC16F877A.....	28
3.2. Les interruptions.....	28
3.3. Le module de conversion analogique/numérique.....	28

4. La réalisation d'un programmeur.....	29
5. Brochage et alimentation du PIC16F877A.....	31
6. Mesure de tension de la batterie.....	32
7. Mesure de courant de la batterie.....	33
8. La partie puissance.....	34
9. La partie commande charge/décharge.....	35
10. Mesure de la température.....	35
11. Représentation de l'état de charge sur un afficheur LCD.....	36
12. Interface de communication série (RS232).....	38
13. Conclusion.....	40
CHAPITRE III : RÉALISATION PRATIQUE.....	41
1. Logiciels utilisés.....	42
1.1. Programmation en C avec le logiciel CCS-PICC.....	42
1.2. Logiciel de schématisation/routage PROTEUS.....	43
1.3. Virtual Serial Port Driver.....	44
1.4. Logiciel de programmation graphique LabVIEW.....	45
2. Le Signal modulation de largeur d'impulsion (PWM).....	45
3. Configuration de PWM avec CCS PIC C pour le PIC16F877A.....	46
4. L'asservissement du courant avec PWM.....	48
5. Réalisation de la carte.....	49
6. Assemblage de la carte.....	50
7. Essai pratique du plusieurs cycles.....	53
8. Essai pratique du cycle de charge.....	55
9. Essai pratique du cycle de décharge.....	55
10. Conclusion.....	57
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	58
ANNEXE.....	60
BIBLIOGRAPHIE.....	63

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure I- 1 : Portraits et médaille de Gaston Planté.....	14
Figure I- 2 : Première batterie conçue par Gaston Planté.....	14
Figure I- 3 : Constitution d'une batterie acide-au-plomb.....	15
Figure I- 4 : Accumulateur acide-au-plomb chargé	17
Figure I- 5 : Principe de fonctionnement de l'accumulateur acide-au-plomb.....	18
Figure I- 6 : Courbe de charge et décharge d'une batterie acide-au-plomb	19
Figure I- 7 : Micrographie d'une électrode positive insuffisamment chargée	20
Figure I- 8 : Électrodes négative (à gauche) et positive (à droite) issues d'une batterie ayant cyclé à 80 % de profondeur de décharge.....	21
Figure I- 9 : Évolution de la tension durant la charge d'une batterie acide-au-plomb.....	21
Figure I- 10 : Algorithme de charge en trois étapes	22
Figure I- 11 : Grille de batterie avant et après régénération.....	23

CHAPITRE II

Figure II- 1 : Les PORTS et les différentes broches du PIC16F877A	27
Figure II- 2 : Sélection des tensions de référence du convertisseur analogique-numérique	29
Figure II- 3 : Le montage des composants du programmeur PICKIT2	30
Figure II- 4 : La programmation d'un 16F877A sur l'interface PICKIT2.....	31
Figure II- 5 : Minimum de brochage pour faire fonctionner un PIC16F877A	31
Figure II- 6 : Schéma de branchement du régulateur LM7805	32
Figure II- 7 : Circuit d'acquisition de la tension des chambres de la batterie	32
Figure II- 8 : Caractéristiques du capteur ACS712	33
Figure II- 9 : Exemple de brochage du capteur avec u-Controller	33
Figure II- 10 : Schéma de branchement pour mesurer le courant de charge/décharge.....	34
Figure II- 11 : Schéma de la partie puissance des 3 Transistors	34
Figure II- 12 : Schéma de commande charge/décharge.....	35
Figure II- 13 : Capteur de température LM35	36
Figure II- 14 : Schéma de branchement du capteur de température	36
Figure II- 15 : Schéma fonctionnel d'un afficheur LCD.....	37
Figure II- 16 : Brochage d'un afficheur LCD LM016 (2x16) avec un PIC16F877A.....	37
Figure II- 17 : Broches de connexion RS232	38
Figure II- 18 : Brochage du MAX232 au port DB9 femelle	39
Figure II- 19 : Schéma interne du MAX232.....	40

CHAPITRE III

Figure III- 1 : Logiciels utilisés pour effectuer les simulations des cartes électroniques	42
Figure III- 2 : Exemple de structure d'un programme en langage CCS-PICC.....	43
Figure III- 3 : Exemple d'un schéma créé sous le logiciel ISIS	44
Figure III- 4 : Exemple d'une partie d'un circuit imprimée créée sous le logiciel ARES	44
Figure III- 5 : L'interface graphique créée sous le logiciel LabVIEW	45
Figure III- 6 : Exemple sur le signal PWM	46
Figure III- 7 : Exemple d'un montage de PIC16F877A ADC+PWM.....	47
Figure III- 8 : Exemple d'un programme sous CCS PIC C d'un ADC+PWM.....	48
Figure III- 9 : La mesure du courant après l'asservissement	48
Figure III- 10 : Algorithme d'asservissement de courant	49
Figure III- 11 : Image de circuit dans la plaque d'essais.....	50
Figure III- 12 : Le schéma complet de la carte de régulation	51
Figure III- 13 : Le schéma de circuit créé sous Ares.....	52

Figure III- 14 : La représentation 3D de la carte	52
Figure III- 15 : Mise en marche du banc d'essai avec la communication PC.....	53
Figure III- 16 : Représentation des tensions des chambres et courant et température.....	54
Figure III- 17 : Tension des chambres par élément	54
Figure III- 18 : Les tensions des chambres dans un Cycle de charge.....	55
Figure III- 19 : Le courant pendant un cycle de charge	55
Figure III- 20 : Les tensions des chambres dans un Cycle de décharge.....	56
Figure III- 21 : Le courant pendant un cycle de décharge.....	56
Figure III- 22 : La batterie Nickel avec la possibilité de mesuré la tension de chaque chambre	57

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Actuellement, le thème des énergies renouvelables est parmi les plus importants, et le plus étudié par la recherche scientifique et les entreprises. La production de l'énergie est basée en grande partie sur des ressources fossiles limitées, notamment avec les nouvelles technologies liées aux automobiles. Du point de vue de la performance électrochimique, les batteries acides-au-plomb sont les plus adaptées pour alimenter les voitures et les motocyclettes et toutes sortes d'engins électriques. L'optimisation de ces générateurs dépend des différents éléments du système : électrolyte/électrode (négative et positive) [1].

Toutes ces batteries au plomb souffrent d'une même maladie chronique dite « la sulfatation ». Cette sulfatation est la cause de 80 % des défaillances des batteries au plomb. Une batterie fortement sulfatée sera dans l'incapacité d'assurer son service et devra être remplacée ou revitalisée (environ 60 % du coût d'un remplacement, longévité 2 à 3 ans supplémentaires). Des milliers de batteries sont considérées hors usage à cause de ce phénomène [2].

Ce phénomène de la sulfatation apparaît naturellement à chaque décharge de la batterie, et disparaît lors d'une recharge. Puisque les batteries acides-au-plomb sont composées de plusieurs éléments en série, une petite partie du sulfate de plomb se cristallise et n'est plus dissoute lors de la charge. Donc, on a le risque d'avoir quelques chambres qui sont bien chargées alors que d'autres sont mortes, ce qui va diminuer la capacité de la batterie [2].

Au lieu de détruire les batteries acides-au-plomb sulfatées, nous pouvons leur redonner une nouvelle vie en effectuant un traitement électrique qui leur restituera de nouveau toute leur efficacité. Dans le but de bien maîtriser la sulfatation des batteries acide-au-plomb, ce travail concernant l'étude de chaque élément de la batterie individuellement est un nouveau travail dans le domaine des batteries.

Le travail présenté dans ce mémoire concerne l'étude de l'état de charge individuelle pour chaque élément de la batterie pour bien estimer ses performances. La réalisation d'une carte électronique, faisant le contrôle de l'état de charge et de décharge élémentaire de la batterie, est le cœur de ce travail. Cette carte utilise le protocole de communication série, avec une interface logicielle développée sur PC par LabVIEW. Cette interface logicielle permet d'observer l'état de charge globale de la batterie, et l'état de charge élémentaire de chaque élément. En plus, elle permet d'enregistrer les différentes mesures : tensions, courants et température pour mieux analyser le comportement du système lors de la charge et de la décharge.

CHAPITRE I :
GENERALITES SUR LES BATTERIES

Dans ce chapitre, on donne une petite introduction à la théorie de base des batteries acide-au-plomb, ainsi que leurs caractéristiques. Ces batteries ont été choisies comme étant représentatives de nombreux modèles et types utilisés dans l'automobile, l'industrie ... Aucune tentative n'a été faite pour couvrir tous les types utilisés.

Tout d'abord, nous allons commencer avec l'élément de base de la conception de toutes les batteries, la cellule élémentaire. On explore la composition physique de la cellule et les méthodes utilisées pour combiner plusieurs cellules afin de fournir des choses utiles : une tension, un courant et une puissance. La chimie de la cellule et la manière de conversion de l'énergie chimique en énergie électrique sont également discutées.

Les batteries sont largement utilisées comme sources d'énergie électrique à courant continu dans les automobiles, appareils électriques/électroniques portatifs et des équipements d'éclairage.

Dans certains cas, ils sont utilisés comme la seule source de pouvoir ; tandis que dans d'autres, ils sont utilisés comme source d'alimentation secondaire ou de secours.

Une batterie se compose d'un certain nombre de cellules assemblées dans un récipient commun et reliées ensemble à fonction de source d'énergie électrique [3].

1. Stockage d'énergie avec des batteries [4] :

La batterie sert à stocker l'énergie produite par le champ de modules photovoltaïques. Il y a nécessité de stockage chaque fois que la demande énergétique est décalée dans le temps vis-à-vis de l'apport énergétique solaire.

En effet, la demande énergétique est une fonction de la charge à alimenter et les appareils utilisés. L'apport énergétique solaire est périodique (alternance jour/nuit). Ce décalage entre la demande et l'apport énergétique nécessite un stockage d'électricité.

Le système tampon utilisé le plus couramment pour les systèmes photovoltaïques est les batteries d'accumulateurs électrochimiques.

Il existe deux types de batteries :

- Les batteries ouvertes : sont des batteries au plomb contenant de l'électrolyte liquide dont l'eau doit être contrôlée.
- Les batteries étanches : ne contiennent pas de liquide, mais du gel. Ainsi, elles peuvent fonctionner dans toutes les positions et ne demandent absolument aucun entretien puisqu'il n'y a pas d'eau à rajouter.

2. Différents modèles de batterie [4] :

2.1. Batteries acide-au-plomb :

Facile à trouver, à entretenir et disposant d'un bon circuit de recyclage, la batterie au plomb domine le marché. Le plomb est toxique, mais il est stocké de façon totalement étanche.

Ce type de batterie présente le meilleur rapport qualité/prix. Le seul défaut qu'elle présente est le poids et le volume, mais dans la majorité des cas elle reste le meilleur choix.

2.2. Batteries nickel-cadmium (NiCD) :

De moins en moins utilisée à cause de leur prix et de la toxicité du cadmium ; elles ont été remplacées par les batteries nickel-metal-hydrure NiMH. Elles souffrent d'un effet mémoire, c'est-à-dire qu'il faut complètement la décharger avant de la recharger, car dans le cas contraire sa capacité diminue définitivement. Une réglementation européenne a été mise en place visant à interdire l'usage du cadmium par les particuliers.

2.3. Batteries nickel-metal-hydrure (NiMH) :

Ces batteries remplacent les batteries NiCD car elles sont moins toxiques. Elles sont cependant assez chères et sont utilisées dans les installations haut de gamme. Leur durée de vie est beaucoup plus grande que celle des batteries au plomb (50 % de plus), mais leur capacité est extrêmement faible (quelques Ah au maximum) et leur autodécharge est très forte. Leur utilisation commerciale se fait davantage autour des batteries de téléphones et des ordinateurs portables que dans des installations solaires.

2.4. Caractéristiques principales d'une batterie solaire :

Le poids et le volume sont deux caractéristiques qu'il ne faut pas les négliger. Mais ce qui définit principalement la batterie est sa tension (en volts, V), sa capacité (en ampèreheures, Ah) et sa durée de vie (en cycles).

2.4.1. 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.

2.4.2. 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 3x2 V, 6x2 V et 12x2 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.

La batterie 12 V est la plus utilisée, car un certain nombre d'appareils électriques fonctionnent sous cette tension : les lampes à économie d'énergie, la plupart des appareils électriques des camping-cars ou des bateaux, etc.

2.4.3. 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 ampèreheures (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.

2.4.4. 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.

3. Batteries acide-au-plomb [5] :

La batterie acide-au-plomb a été inventée en 1859 par le français Gaston Planté. Il a été en effet le premier à avoir mis au point la première batterie rechargeable. À l'origine, les batteries acide-au-plomb étaient situées dans des cuves en verre. Par la suite, on a systématisé l'emploi des cuves en plastique.

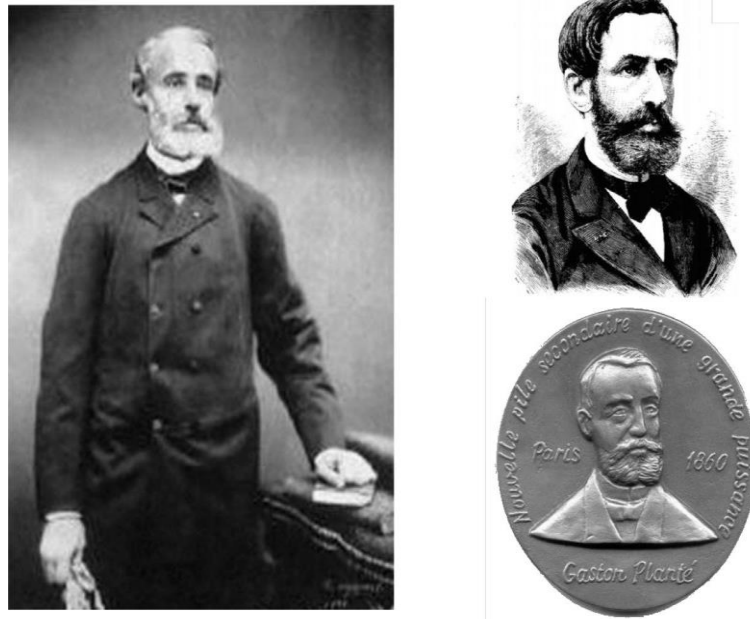


Figure I- 1 : Portraits et médaille de Gaston Planté.

Les batteries constituent aujourd'hui la principale utilisation du plomb. Cette technique simple et robuste est également très compétitive et reste à ce jour la principale technique pour les batteries de démarrage des véhicules. Ainsi, en 2010, les batteries au plomb représentaient plus de 99 % en tonnage des batteries utilisées dans l'automobile.



Figure I- 2 : Première batterie conçue par Gaston Planté

4. Composition d'une batterie acide-au-plomb [5] :

Une batterie acide-au-plomb est une source d'énergie électrique. Cette dernière est obtenue par transformation directe d'une énergie chimique en une énergie électrique. Rechargeable, il s'agit historiquement du premier dispositif de ce type qui a été développé et commercialisé. Chaque batterie acide-au-plomb est habituellement constituée de plusieurs cellules dont la tension cellulaire qui dépend de l'état de charge est de l'ordre de 2 V. Les

cellules sont associées en série et permettent ainsi d'atteindre des tensions nominales de 6, 12 et au-delà même du 24 V.

Chaque cellule est composée d'un couple d'électrodes positive et négative isolées par un séparateur microporeux, destiné à éviter les courts-circuits tout en laissant circuler les ions. Les électrodes positives sont à base de peroxyde de plomb (PbO_2), les électrodes négatives sont à base de plomb métal (Pb) et l'électrolyte est une solution aqueuse d'acide sulfurique (H_2SO_4).

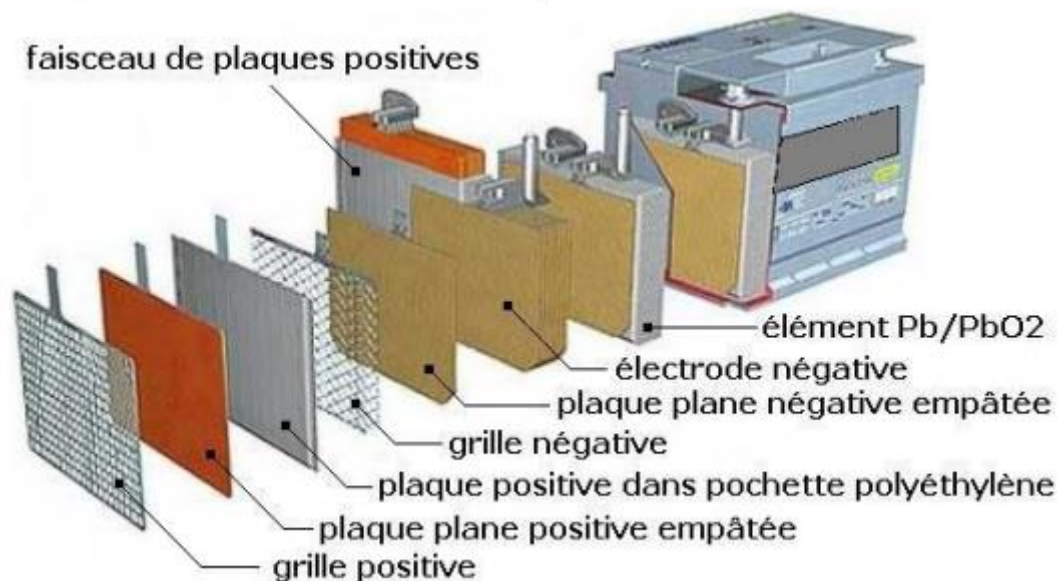
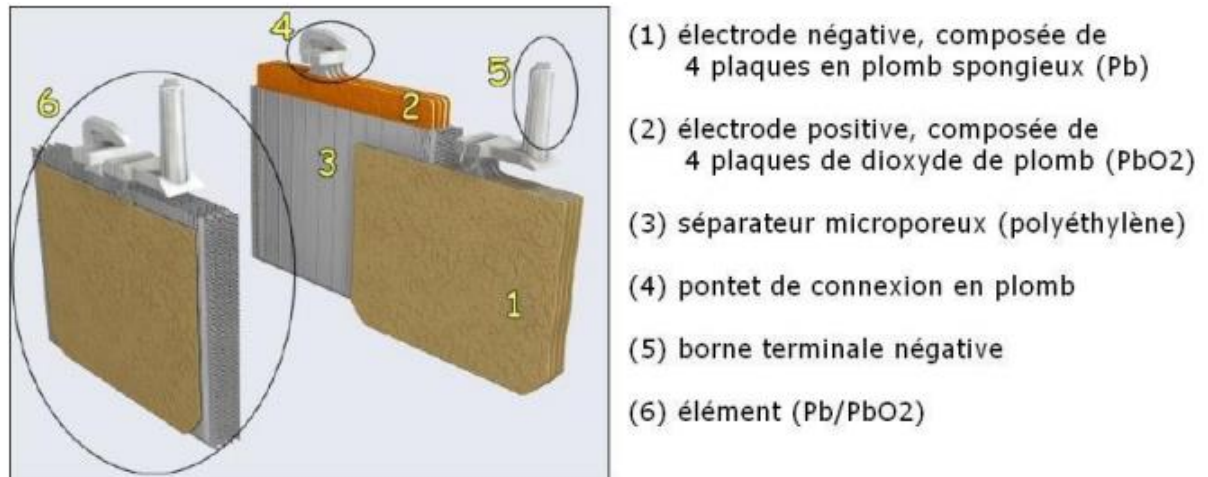


Figure I- 3 : Constitution d'une batterie acide-au-plomb

Les batteries contiennent en poids environ 60 % de plomb, de 10 à 30 % d'électrolyte, de 5 à 10 % de matériaux pour la caisse (polypropylène par exemple) et de 20 à 40 % d'autres matériaux (silicone pour les batteries à électrolyte gélifié, séparateurs des électrodes, etc.). Ces proportions sont variables en fonction des fabricants et des technologies. La concentration de l'électrolyte en acide sulfurique au repos varie entre 30 et 40 % en fonction de la technologie de la batterie.

5. Utilisation des batteries acide-au-plomb [4] :

Cette batterie sert à alimenter les composants électriques des véhicules, particulièrement le démarreur électrique. Lorsque le moteur fonctionne, elle est rechargée par un alternateur.

Historiquement, les batteries de voitures ou de motocyclettes faisaient le plus souvent 6 volts (3 éléments). À l'époque moderne, les batteries à 12 volts (6 éléments) sont généralisées sur les voitures et motocyclettes, alors que les véhicules lourds ou militaires utilisent les batteries 24 volts.

Les batteries acide-au-plomb servent aussi à alimenter toutes sortes d'engins électriques. Les voitures électriques ne se sont pas toujours imposées du fait du mauvais rapport masse/énergie des batteries, bien que le rendement d'un moteur électrique soit exceptionnel.

Ces batteries peuvent servir à stocker de l'énergie produite par intermittence, comme l'énergie solaire ou éolienne. Au niveau mondial, la technologie au plomb reste largement prédominante avec près de 75 % du marché des accumulateurs en valeur.

6. Caractéristiques électriques des batteries acide-au-plomb [5-6] :

Une batterie acide-au-plomb se caractérise essentiellement par :

- Une tension nominale U qui dépend du nombre d'éléments. Elle est égale au nombre d'éléments multiplié par 2.1 V. Généralement, on considère qu'une batterie acide-au-plomb est chargée lorsqu'elle atteint la tension de 2.3 V à 2.4 V par élément et elle est déchargée lorsqu'elle atteint la tension de 1.8 V. Donc, une batterie de 6 éléments à une tension nominale de 12.6 V, elle est chargée lorsqu'elle atteint la tension de 13.8 V à 14.4 V, et est déchargée lorsqu'elle atteint la tension de 10.8 V. La décharge profonde est considérée pour la tension de 1.6 V par élément, soit la tension de la batterie de 9.6 V.
- La capacité de stockage Q représente la quantité d'énergie disponible. Elle s'exprime en ampèreheure.
- Le courant maximal ou courant de crête que peut fournir la batterie pendant quelques instants, qui s'exprime en ampères CCA (jusqu'à 0 °F soit -17.78 °C).

Les valeurs maximales sont données par le constructeur pour une batterie neuve et chargée à 100 %, elles varient sensiblement en fonction de l'état de charge, mais elles se dégradent en fonction du temps et de l'usage de la batterie.

La batterie acide-au-plomb est celle qui a la plus mauvaise énergie massique 35 Wh/kg, après la batterie Nickel-Fer. Mais comme elle est capable de fournir un courant de grande intensité, utile pour le démarrage électrique des moteurs à combustion interne, elle est encore très utilisée dans l'automobile.

7. Fonctionnement de la batterie acide-au-plomb [5] :

Le fonctionnement de la batterie acide-au-plomb réside dans le couplage de deux électrodes : une positive (PbO₂) et une négative (Pb) qui sont immergées dans une solution d'acide sulfurique (H₂SO₄).

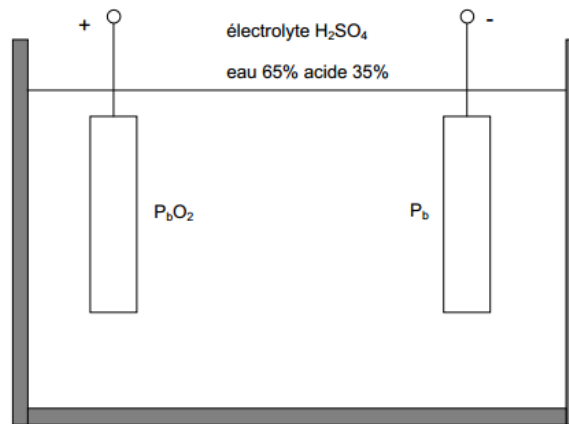
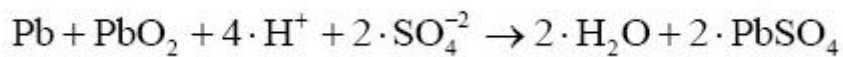


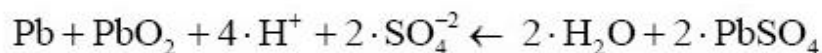
Figure I- 4 : Accumulateur acide-au-plomb chargé

Les réactions chimiques de charge et de décharge sont des réactions d'oxydoréduction entre l'électrode négative, l'électrode positive et l'électrolyte.

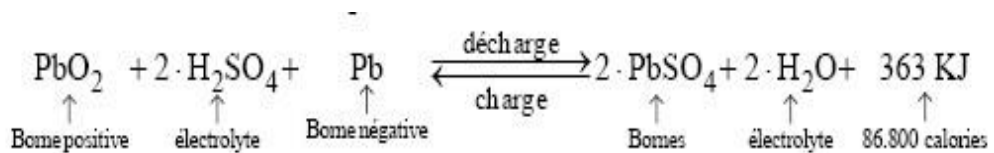
La décharge de la batterie acide-au-plomb consomme les solides des électrodes (Pb et PbO₂) et les ions H⁺ de l'électrolyte et conduit à la formation de sulfate de plomb (PbSO₄) sur les électrodes :



À l'inverse, la charge de l'accumulateur au plomb forme les solides des électrodes et les ions H⁺ de l'électrolyte (la concentration en acide augmente, le pH diminue), et le sulfate de plomb PbSO₄ disparaît des électrodes :



Les réactions électrochimiques aux électrodes se résument comme suit :



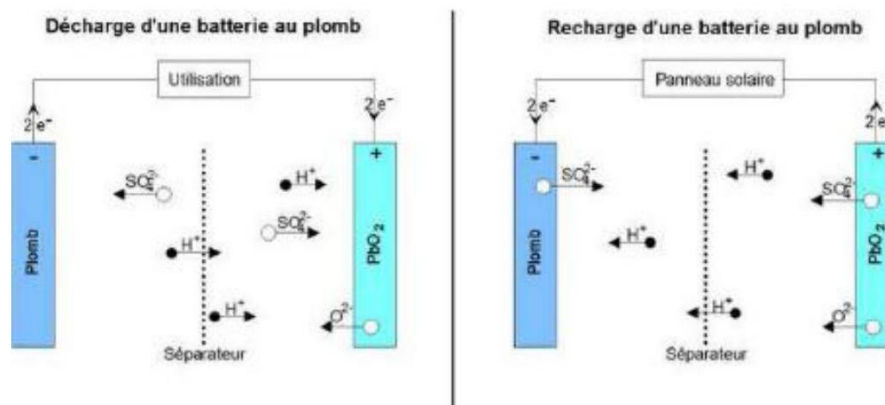


Figure I- 5 : Principe de fonctionnement de l'accumulateur acide-au-plomb

De plus, à la fin de la charge, le courant de charge déclenche l'électrolyse de l'eau contenue dans l'électrolyte, produisant un dégagement d'hydrogène à l'électrode négative et d'oxygène à l'électrode positive.

Les batteries acide-au-plomb peuvent soit être « ouvertes », les gaz peuvent alors s'échapper par les orifices prévus et il est nécessaire d'ajuster régulièrement le niveau d'eau (excepté pour les batteries dites « sans entretien »), soit « à recombinaison de gaz » (en anglais VRLA pour « Valve-Regulated Lead-Acid battery ») avec un électrolyte sous forme de gel (dit gélifié) ou absorbe dans une matière fibreuse (dit absorbe) qui ne nécessite ainsi pas d'ajustement du niveau d'eau.

7.1. Pendant la charge :

Pendant la charge, le sulfate de plomb $PbSO_4$ formé au niveau des deux électrodes se convertit au PbO_2 au niveau de l'électrode positive et au Pb au niveau de l'électrode négative, et les ions de sulfate se retournent dans la solution pour former l'acide sulfurique. Pendant cette phase, la concentration de l'acide augmente et la tension de la batterie croît également avec le temps, quand elle atteint une tension suffisamment élevée, « tension de gazéification », l'électrolyse de l'eau contenue dans la batterie devient trop rapide et un dégagement gazeux (oxygène et hydrogène) aura lieu à l'intérieur de la batterie.

En fin de charge, la tension de la batterie augmente rapidement, donc on doit limiter le courant de charge pour maintenir la tension de la batterie à une tension inférieure à la tension de gazéification.

Si on trace en fonction du temps la différence de potentiel entre les deux bornes de la batterie, on constate qu'après un court régime transitoire elle s'établit aux environs de 2.2 V. En fin de charge (le point 2.4 V/élément), on remarque un accroissement rapide de la tension.

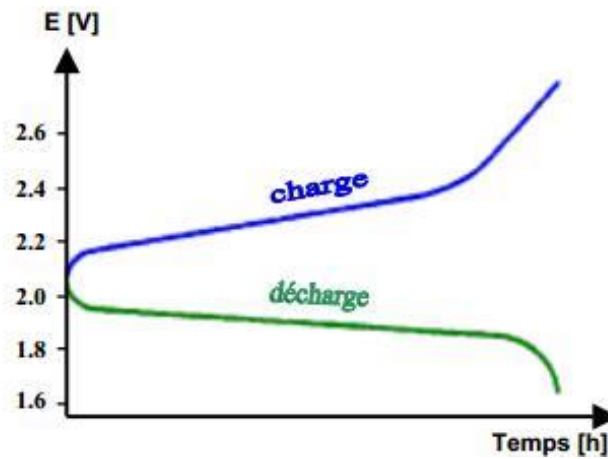


Figure I- 6 : Courbe de charge et décharge d'une batterie acide-au-plomb

7.2. Pendant la décharge :

Quand la batterie se décharge, les matériaux actifs : le dioxyde de plomb au niveau de l'électrode positive et le plomb spongieux au niveau de l'électrode négative réagit avec l'acide sulfurique pour former le sulfate de plomb $PbSO_4$ et de l'eau H_2O .

Pendant cette phase, la concentration de l'acide décroît et la tension de la batterie décroît également avec le temps ; si elle dépasse une certaine limite, ceci peut attaquer les plaques (formation du sulfate de plomb $PbSO_4$), qui ne sont plus détruites par la suite ; ce phénomène aura comme conséquences la sulfatation de l'accumulateur qui entraîne une perte de capacité, et un vieillissement de la batterie.

Pendant la décharge, la tension de la batterie varie en fonction du temps, on remarque que pendant une assez longue période d'utilisation, elle reste constante à une valeur proche de 2 V/élément. À partir du point 1.8 V/élément, elle diminue brusquement ; d'où, il faut interrompre la décharge de la batterie pour éviter la sulfatation.

8. Vieillessement des batteries acide-au-plomb [7] :

Plusieurs processus de dégradations peuvent conduire au vieillissement de la batterie. Certains sont réversibles, mais nécessitent le recours à un mode de charge adapté pour réhabiliter l'accumulateur. D'autres conduisent à la fin de vie de l'accumulateur.

8.1. Stratification de l'acide :

La stratification de l'électrolyte est un problème propre aux batteries ouvertes (électrolyte liquide) : la stratification est généralement provoquée par un état prolongé de sous charge ou par des surcharges qui ne sont pas assez fréquentes, car la surcharge crée des bulles d'oxygène et d'hydrogène qui permettent d'agiter l'électrolyte.

Un des objectifs des charges est de lutter contre les effets néfastes de la stratification en créant ce bouillonnement gazeux qui agite l'électrolyte et uniformise sa concentration.

8.2. Sulfatation dure :

Durant la décharge, des cristaux de sulfate de plomb (PbSO_4) se forment sur les électrodes positives et négatives. Si la batterie reste longtemps déchargée, ces cristaux de sulfate de plomb grossissent et coalescent. Ils peuvent alors déformer les électrodes et provoquer des courts-circuits en perforant les séparateurs.

Si la batterie reste déchargée trop longtemps, la transformation des (Pb et PbO_2) en sulfate peut devenir irréversible, ce qui réduit la capacité de la batterie. De plus, les sulfates augmentent la résistance interne des batteries, car ils ne sont pas de bons conducteurs.

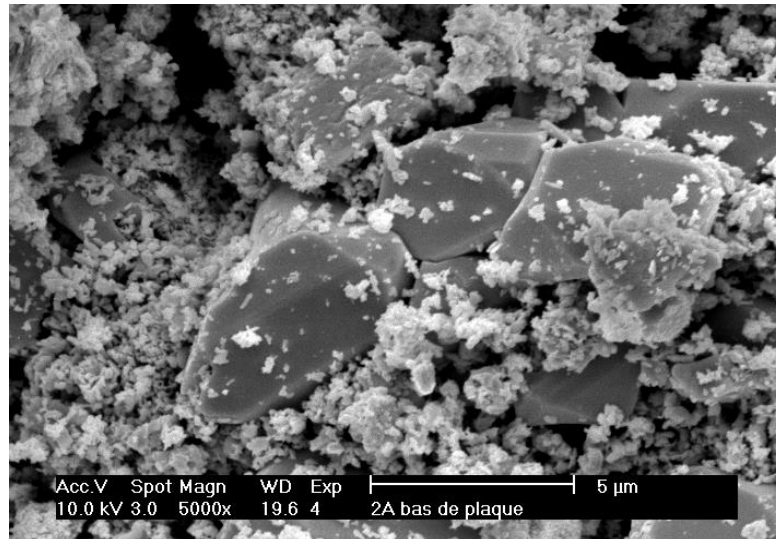


Figure I- 7 : Micrographie d'une électrode positive insuffisamment chargée

8.3. Corrosion :

Les électrodes, surtout positives, sont sensibles à la corrosion : le plomb de la grille se transforme en dioxyde de plomb PbO_2 . La vitesse de corrosion augmente avec la concentration en acide sulfurique, la température et quand la batterie vieillit.

La corrosion provoque un gonflement des électrodes positives, car le dioxyde de plomb est 37 % plus volumineux que le plomb. Ceci induit des contraintes mécaniques qui déforment les électrodes et fragilisent la liaison entre la grille et les matériaux actifs : la capacité de la batterie diminue alors, car la résistance interne augmente. Si la corrosion devient trop importante, les matériaux actifs tombent peu à peu au fond de la batterie, et l'ensemble des électrodes se désagrège. L'ensemble de ces débris peut alors créer des courts circuits. Ainsi, dans certaines batteries, les séparateurs enveloppent les électrodes afin d'éviter l'accumulation de débris au fond de la batterie.

8.4. Dégagement gazeux et dessèchement des électrodes :

Les réactions parasites en surcharge conduisent à des dégagements gazeux et à une consommation d'eau de l'électrolyte. Ceci engendre la nécessité de maintenance de la batterie par ajustement du niveau de l'électrolyte en ajoutant de l'eau. Si cette étape n'est pas

correctement réalisée, il y a un dénoyage puis dessèchement du haut des électrodes qui conduit à une oxydation des électrodes négatives par l'air (formation de PbO_2), et donc à un travail non homogène des électrodes.

8.5. Décohésion de la matière active :

Elle est liée au cyclage et vient de la transformation de la matière active en sulfate de plomb qui est 1.94 fois plus volumineux que le dioxyde de plomb et deux fois et demie plus que le plomb. Ces changements de volume répétés conduisent à une perte de connexion entre la matière active et le reste de l'électrode. Ce phénomène augmente avec la profondeur de décharge. Cela engendre une perte de capacité de la batterie et peut engendrer des courts circuits. La figure qui suit illustre l'importance de la dégradation engendrée par ce phénomène.

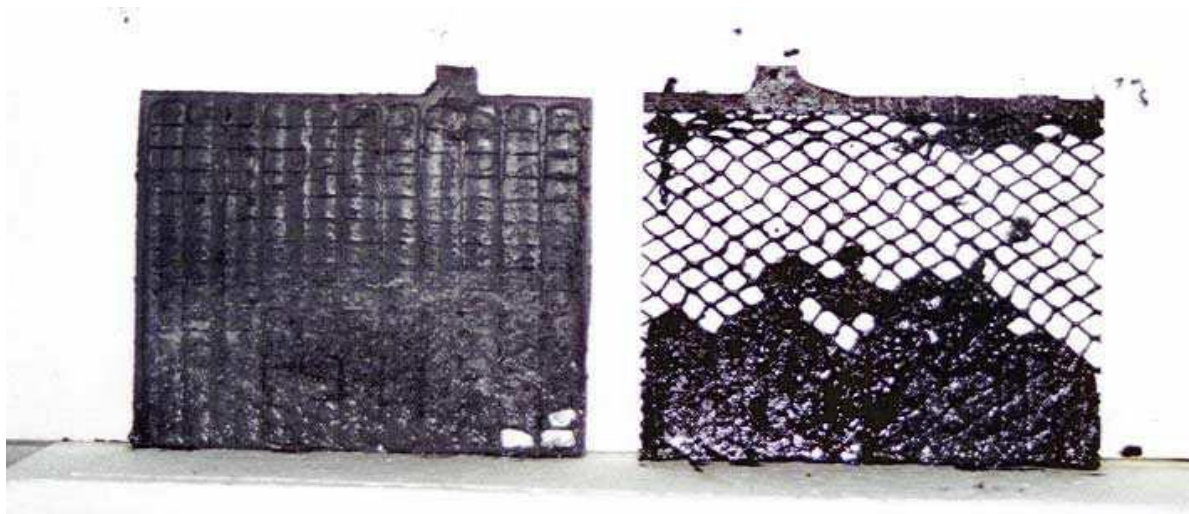


Figure I- 8 : Électrodes négative (à gauche) et positive (à droite) issues d'une batterie ayant cyclé à 80 % de profondeur de décharge

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

9. Charge d'une batterie acide-au-plomb [8] :

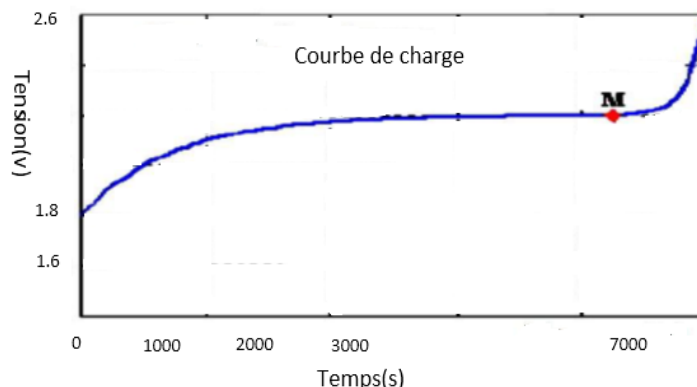


Figure I- 9 : Évolution de la tension durant la charge d'une batterie acide-au-plomb

Pendant la charge, les ions du sulfate de plomb sont progressivement libérés sous forme d'ions HSO_4^- dans l'électrolyte. Il en résulte une augmentation de la concentration d'acide sulfurique dans l'électrolyte. La concentration d'acide croît rapidement à proximité de l'interface réactionnelle. Ce phénomène est amplifié, côté positif, par une consommation d'eau. En fin de charge (point M de la Figure I.9), on note un accroissement rapide de la tension, les plaques complètement polarisées ne retiennent plus de courant, car la densité de matériel actif baisse. Ce courant tend alors à électrolyser l'eau, produisant de l'oxygène et de l'hydrogène (O_2 sur l'électrode positive et H_2 sur l'électrode négative). Ce phénomène est appelé gazéification.

10. Algorithmes de charge des batteries acide-au-plomb [4] :

Avant de passer 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 tension nominale et sa température extrême de fonctionnement.

On charge une batterie acide-au-plomb en lui appliquant un courant continu d'une valeur quelconque (sous réserve de limites technologiques liées à la batterie elle-même ou à ses connexions), pourvu qu'elle n'entraîne pas aux bornes de la batterie l'apparition d'une tension supérieure à 2.35 – 2.40 V/élément (valeur à 25 °C).

Il existe plusieurs méthodes de charge des batteries au plomb. Les deux grandes méthodes sont : charge à tension constante et charge à courant constant.

Pour aboutir aux meilleures performances, on combine ces deux méthodes dans un seul algorithme dit : « algorithme de charge en trois étapes », où une phase de charge à courant constant est suivie par deux phases de charge à tension constante : charge d'absorption ou égalisation, et charge de maintien (Floating charge) ou fin de charge.

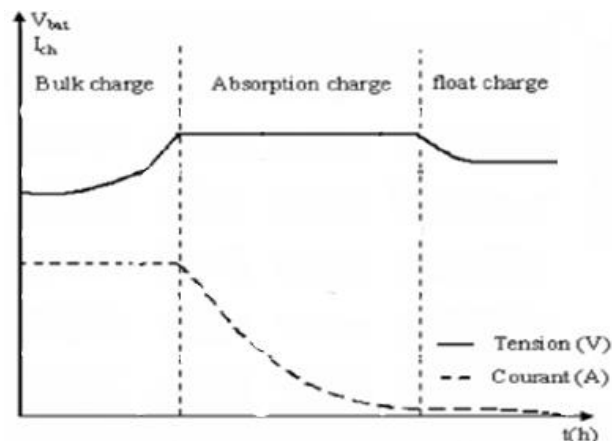


Figure I- 10 : Algorithme de charge en trois étapes

10.1. Charge à courant constant (Bulk charge) :

On applique par exemple à une batterie acide-au-plomb déchargée (batterie de 12 V) un courant constant jusqu'à ce que la tension de la batterie atteigne environ 14.4 Volts. À ce

moment, l'état de charge de la batterie est restauré à presque 80 %. Ce mode de charge assure une récupération rapide de la capacité de la batterie.

10.2. Charge d'absorption (Absorption charge) :

Durant cette étape à tension constante limitée à quelques heures, la tension est maintenue égale à 14.4 V, alors que le courant baisse, car la batterie est de plus en plus chargée. La fin de cette étape marque le presque plein état de charge.

10.3. Charge de finition (Floating charge) :

Durant cette dernière étape, la tension est baissée à environ 13 V tandis que le courant de charge, devenue très faible, est presque constant ; c'est l'état de pleine charge.

11. Régénération des batteries par désulfatation [4] :

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 de soufre entrent en collision avec les plaques, ce qui a pour effet de dissoudre le sulfate de plomb qui les recouvre.

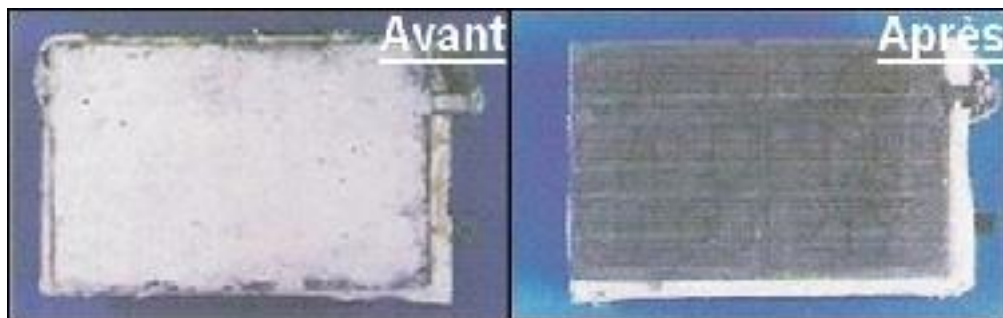


Figure I- 11 : Grille de batterie avant et après régénération

Cette activité de désulfatation des batteries acide-au-plomb est un marché en cours de développement. Les industriels pratiquant la désulfatation la définissent comme un procédé qui a pour objectif le prolongement d'usage des batteries en luttant contre la sulfatation. Parmi ces procédés on cite :

- Procédé électrique.
- Procédé chimique.
- Procédé combiné électrique et chimique.

La plupart des industriels utilisant un procédé de désulfatation électrique indiquent que les impulsions électriques appliquées à une fréquence spécifique dans la batterie provoquent la mise en résonance des cristaux de sulfate de plomb. Ceux-ci se détachent alors de la plaque sur laquelle ils se sont fixés au cours du temps (augmentant ainsi la résistance interne de la batterie). Une fois ces cristaux détachés, la surface d'échange de la batterie est alors restaurée, et la charge et la décharge de la batterie sont à nouveau possibles. Il est à noter qu'un industriel a indiqué que son procédé électrique ne provoque pas de mise en résonance,

mais une désulfatation plus douce, car elle utilise des ondes spécifiques. Le détail de ce procédé est néanmoins confidentiel, et connu de son seul inventeur.

La désulfatation est provoquée par l'application d'impulsions électriques. Ces impulsions sont d'intensité variable selon ces industriels : forte le plus souvent (120 – 300 Ampères), mais faible pour d'autres (8 Ampères).

La désulfatation complète d'une batterie dure de trois heures à quatre jours selon le type de batterie et son état initial.

Quant au procédé chimique, il semble s'agir d'une réaction de dissolution des cristaux de sulfate de plomb par l'additif chimique injecté dans la batterie. Le résultat est donc également une désulfatation des plaques, et une restauration de la surface d'échange.

Le procédé combiné électrique et chimique serait basé sur l'association de ces deux opérations ; mise en résonance électrique et dissolution chimique des cristaux.

Le succès de la désulfatation est principalement mesuré pour les trois types de procédés via la mesure de la capacité post-désulfatation. La grande majorité des professionnels de la désulfatation (tous procédés confondus) utilisent la capacité comme mesure du succès de la désulfatation. Si la capacité est satisfaisante pour l'utilisateur, ou supérieure à un seuil défini au préalable, ils considèrent la batterie comme étant désulfatée. La capacité peut en effet être mesurée de façon immédiate ; il est donc intéressant de retenir cet indicateur pour valider la désulfatation.

La désulfatation d'une batterie selon le procédé électrique est un regroupement d'un système matériel et logiciel défini par le système embarqué.

12. Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre des généralités concernant les batteries on a commencé par le stockage de l'énergie avec des batteries, puis, nous avons présenté une étude grossière sur le principe de fonctionnement, différents modèles mathématiques, paramètres influençant le fonctionnement ...

Nous avons présenté les différents types de batteries utilisées pour le stockage de l'énergie et leurs caractéristiques. Parmi ces différents types, nous sommes intéressés à la batterie acide au plomb qui est la plus utilisée. Nous l'avons étudié grossièrement et nous avons présenté les équations chimiques générales.

Dans le prochain chapitre, nous allons expliquer comment travailler avec les tensions limites de charge/décharge et les éléments de la carte du contrôle.

CHAPITRE II :

ETUDE THEORIQUE

Notre objectif dans ce chapitre est de décrire la méthode détaillée pour faire une communication série dans un projet électronique à base de microcontrôleur.

Nous utiliserons ici un microcontrôleur PIC16F877A de la firme MICROCHIP qui intègre la fonctionnalité série RS232. Nous expliquerons le fonctionnement de microcontrôleur en mode de communication série.

1. Algorithme de charge en trois étapes [9] :

Les utilisateurs des batteries ont remarqué qu'il existe une grande différence entre les deux méthodes de charges (charge à tension constante et charge à courant constant), 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 » (Three state charge algorithm), où une phase de charge à courant constant est suivie par deux phases de charge à tension constante :

- Bulk ou charge normale,
- Absorption charge ou égalisation,
- Floating ou fin de charge.

Cet algorithme intègre les avantages de la charge à courant constant ; d'égaliser et de charger rapidement la batterie, et les avantages de charge à tension constante ; d'un contrôle performe de la surcharge. Pour faciliter la compréhension de cet algorithme, on a défini les paramètres de la batterie au plomb acide disponible.

Pour assurer ce fonctionnement, on a utilisé un microcontrôleur pour faire le contrôle de la charge/décharge automatiquement.

2. Les Microcontrôleurs :

Un microcontrôleur PIC est une unité de traitement et d'exécution de l'information à laquelle a été ajoutés des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants annexes.

Le microcontrôleur est généralement moins puissant qu'un microprocesseur en termes de rapidité ou de taille mémoire, il se contente le plus souvent d'un bus de huit ou seize bits. On le programme afin qu'il effectue une ou plusieurs tâches au sein d'un appareil électronique. Les microcontrôleurs sont bien adaptés pour piloter plusieurs applications dans de nombreux domaines (Informatique, Vidéo, Contrôle...).

3. Description générale d'un microcontrôleur PIC16F877A [4] :

Concernant notre travail on a choisi un microcontrôleur de la société américaine MICROCHIP un PIC16F877A sous sa forme de boîtier DIL40 il est caractérisé par :

- Une mémoire programme de type EEPROM flash de 8 K mots de 14 bits
- Une RAM donnée de 368 octets

- Une mémoire EEPROM de 256 octets
- Cinq ports d'entrée sortie, A (6 bits), B (8 bits), C (8 bits), D (8 bits), E (3bits)
- Convertisseur Analogique-Numérique 10 bits à 8 canaux
- USART, Port série universel, mode asynchrone (RS232) et mode synchrone
- SSP, Port série synchrone supportant I2C
- Trois TIMERS avec leurs Prescalers, TMR0, TMR1, TMR2
- Deux modules de comparaison et Capture CCP1 et CCP2
- Un chien de garde
- Générateur d'horloge, à quartz (jusqu'à 20 MHz)
- Fonctionnement en mode Sleep pour réduction de la consommation
- Programmation par mode ICSP (In Circuit Serial Programming) 12V ou 5V
- Possibilité aux applications utilisateur d'accéder à la mémoire programme
- Tension de fonctionnement de 2 à 5.5 V

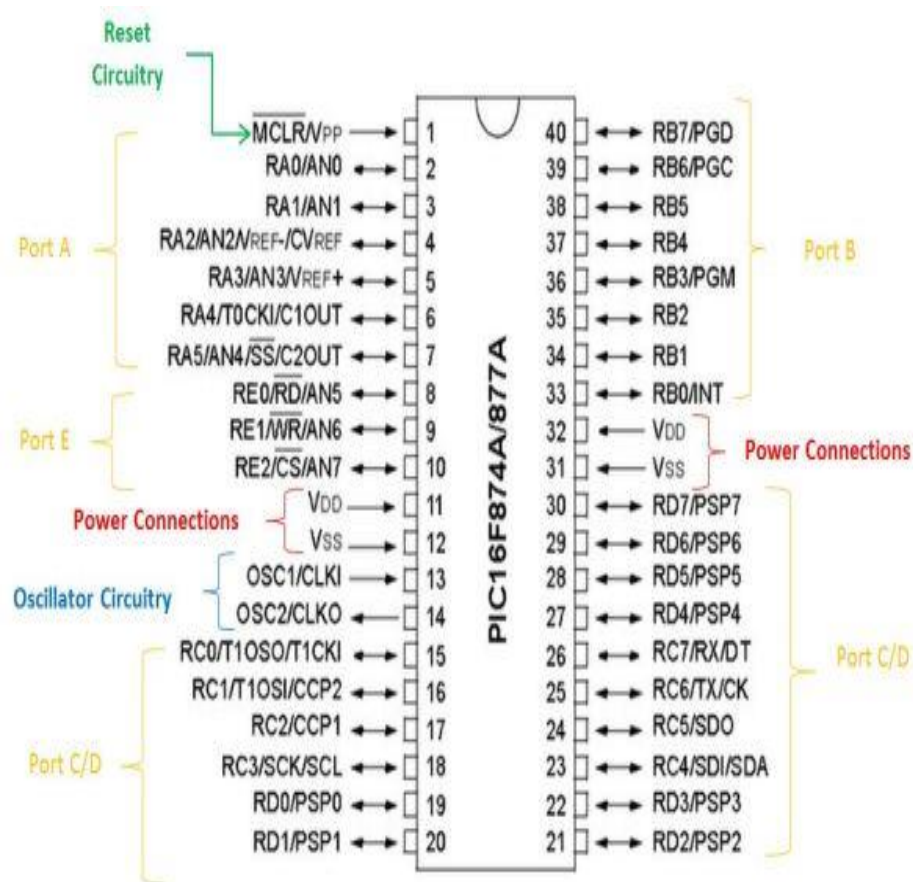


Figure II- 1 : Les PORTS et les différentes broches du PIC16F877A

Tous les ports sont pilotés par deux registres. Ces 5 ports sont des ports bidirectionnels (entrées/sorties) :

- Le port A (6 bits) : peut fonctionner en I/O pure ou comme convertisseur analogique numérique ; la broche RA4 de type « drain ouvert » sera utilisée comme entrée du TIMER0.
- Le port B (8 bits) : peut fonctionner en I/O pure ou programmation sur circuit ICSP/ICD, ou comme entrées d'interruptions externes.
- Le port C (8 bits) : peut fonctionner en I/O pure ou SPI/I2C ou USART.

- Le port D (8 bits) : peut fonctionner en I/O pure ou port parallèle 8 bits associé au Port E.
- Le port E (3 bits) : peut fonctionner en I/O pure ou pilotage du port D (RE0/RD, RE1/WR et RE2/CS).

Le registre TRISx est le registre de direction. Il détermine si le PORTx ou certaines lignes du port sont des entrées ou des sorties. L'écriture d'un « 1 » logique (1 comme Input) correspond à une entrée et l'écriture d'un « 0 » logique (0 comme Output) correspond à une sortie.

Au RESET toutes les lignes des ports sont configurées en entrées.

3. 1. Les temporisateurs du PIC16F877A :

Le PIC16F877 possède 3 temporisateurs qui sont :

- Le Timer0 (8bits) : il peut être incrémenté par des impulsions extérieures à travers la broche RA4 ou par l'horloge interne (FOSC/4),
- Le Timer1 (16 bits) : il peut être incrémenté soit par l'horloge interne par des impulsions sur la broche RC0 ou par un oscillateur (RC ou quartz) connecté sur les broches RC0 et RC1.
- Le Timer2 (8bits) : il est incrémenté par l'horloge interne, elle peut être pré divisé.

Tous ces temporisateurs peuvent déclencher une interruption interne, si cette dernière a été autorisée.

3.2. Les interruptions :

Le programme principal se déroule normalement, mais dès qu'un évènement spécifique survient, il s'interrompt. Quand il traite cet évènement d'interruption, il reprend le fonctionnement à l'endroit où il a été interrompu.

Le microcontrôleur dispose de plusieurs sources d'interruptions ; parmi lesquelles peut-on citer :

- Une interruption externe sur la broche RB0,
- Débordement du TIMER0, TIMER1, TIMER2,
- Fin de conversion analogique-numérique,
- Réception d'une information sur la liaison série,
- Fin d'émission d'une information sur la liaison série,
- Interruption du registre de capture ou de comparaison (CCPI1E, CCPI2E).

3.3. Le module de conversion analogique/numérique :

Pour son fonctionnement, le convertisseur analogique/numérique n'a besoin que de la tension d'entrée analogique et des deux tensions de référence. Les PICs considèrent par défaut

que les valeurs minimale et maximale correspondent respectivement aux tensions d'alimentation V_{DD} et V_{SS} . Le nombre numérique résultant sera de huit ou dix bits.

Le PIC16f877A dispose de 8 canaux d'entrée analogique/numérique. Les canaux AN0 à AN4 sont les dénominations analogiques des broches RA0 à RA3 et RA5, tandis que les canaux AN5 à AN7 sont les dénominations analogiques des broches RE0 à RE2.

Les entrées analogiques doivent être configurées en entrée à l'aide des registres TRISA et/ou TRISE. L'échantillonneur bloqueur intégré est constitué d'un interrupteur d'échantillonnage et d'une capacité de blocage de 120 pF.

Les tensions de références permettant de fixer la dynamique du convertisseur. Elles peuvent être choisies parmi V_{DD} , V_{SS} , V_{REF+} ou V_{REF-} .

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	V_{DD}	V_{SS}	8/0
0001	A	A	A	A	V_{REF+}	A	A	A	AN3	V_{SS}	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	V_{DD}	V_{SS}	5/0
0011	D	D	D	A	V_{REF+}	A	A	A	AN3	V_{SS}	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	V_{DD}	V_{SS}	3/0
0101	D	D	D	D	V_{REF+}	D	A	A	AN3	V_{SS}	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0/0
1000	A	A	A	A	V_{REF+}	V_{REF-}	A	A	AN3	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	V_{DD}	V_{SS}	6/0
1010	D	D	A	A	V_{REF+}	A	A	A	AN3	V_{SS}	5/1
1011	D	D	A	A	V_{REF+}	V_{REF-}	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	V_{REF+}	V_{REF-}	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	V_{REF+}	V_{REF-}	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	V_{DD}	V_{SS}	1/0
1111	D	D	D	D	V_{REF+}	V_{REF-}	D	A	AN3	AN2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

C/R = # of analog input channels/# of A/D voltage references

Figure II- 2 : Sélection des tensions de référence du convertisseur analogique-numérique

4. La réalisation d'un programmeur [10] :

PICKIT2 est un programmeur conçu par Microchip pour programmer ses microcontrôleurs pic, PICKIT2 prend en charge de nombreuses séries de microcontrôleurs d'image 8 bits. PICKIT2 supporte presque tous les microcontrôleurs Pic-10/12/16/18/24 et DSPIC-30/33 flash.

PICKIT 2 est un programmeur ICSP (In-circuit serial programmer). Dans l'interface ICSP, le microcontrôleur peut être programmé pendant son fonctionnement dans le circuit.

Un programmeur ICSP (In-circuit serial programmer) utilise 5 broches pour programmer le microcontrôleur. PICKIT 2 utilise un microcontrôleur intégré PIC18F2550 qui programme le microcontrôleur prévu.

PIC18F2550 communique avec le logiciel de l'ordinateur via son interface USB et parle avec le microcontrôleur cible via son interface ICSP. Grâce à la micro-puce qu'ils ont libéré le logiciel du programme PIC18F2550.

Le PICKIT 2 nécessite les broches de microcontrôleur pic suivant pour le programmer :

- PGC (Entrée horloge au microcontrôleur)
- PGD (Entrée des données dans le microcontrôleur)
- Vpp (tension du mode de programmation)
- Vdd (Broche d'alimentation Appliquer 5v à lui)
- Gnd (Mettez cette broche à la terre)

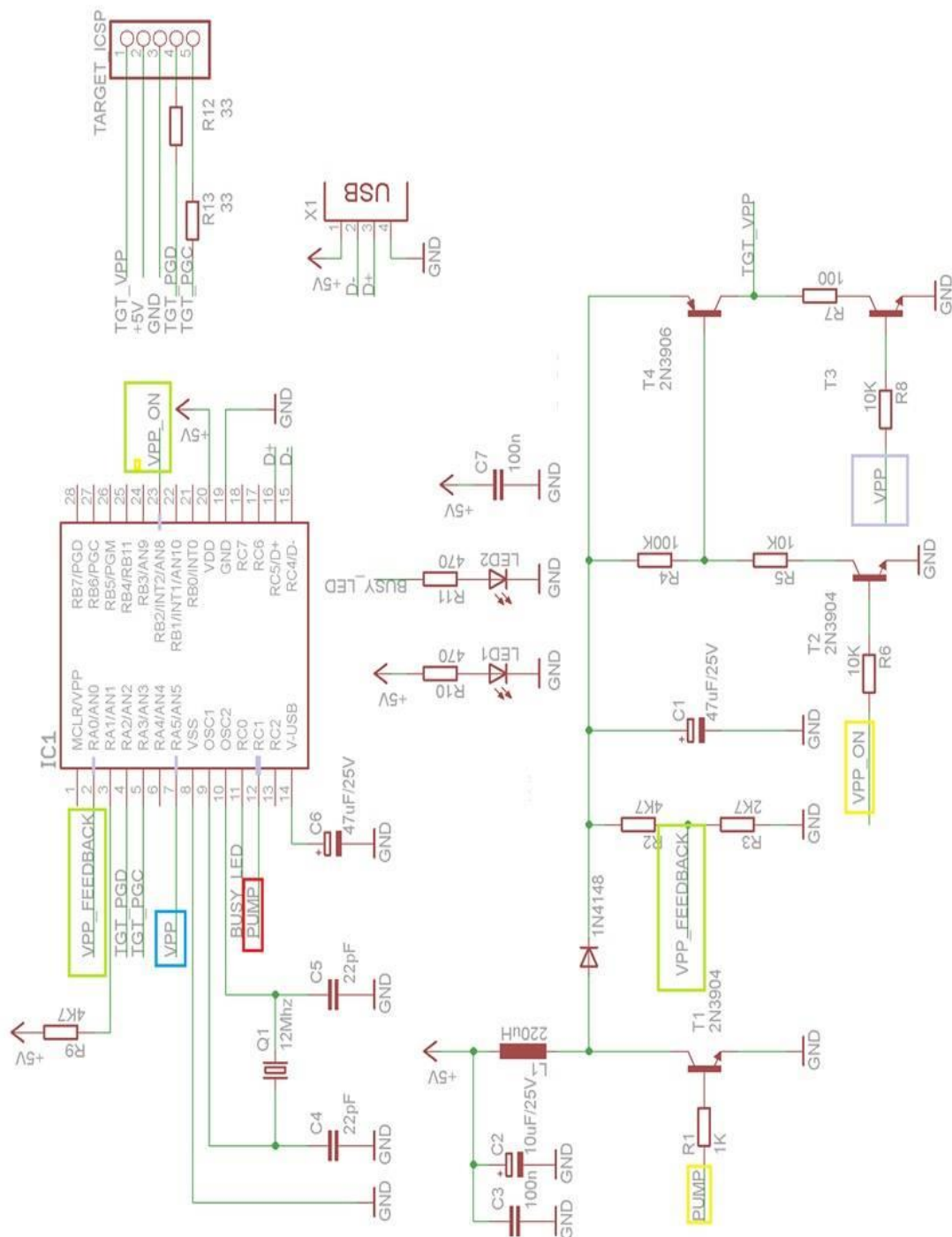


Figure II- 3 : Le montage des composants du programmeur PICKIT2

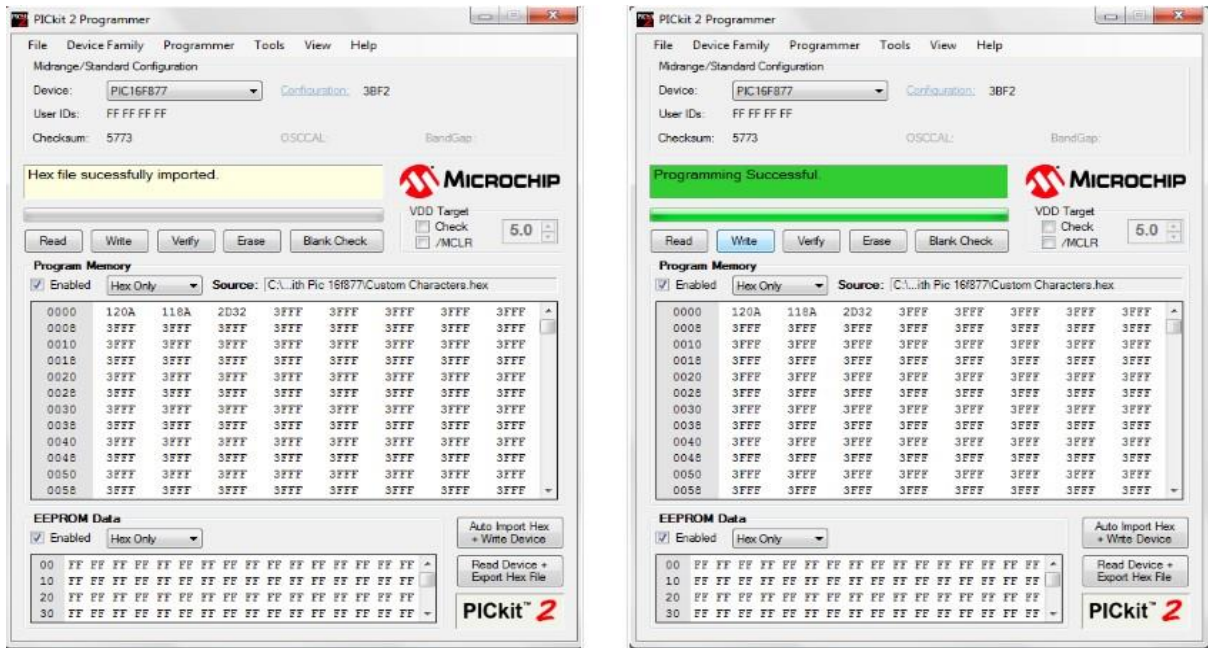


Figure II- 4 : La programmation d'un 16F877A sur l'interface PICKIT2

5. Brochage et alimentation du PIC16F877A :

Comme notre microcontrôleur PIC16F877A ne peut pas supporter une tension supérieure à 5.5 V, le régulateur de tension LM7805 avec ses capacités de découplage a été utilisé pour régler la tension d'alimentation du microcontrôleur sur 5 V. L'alimentation du microcontrôleur se fait par le biais des broches 11, 32 sur la tension VDD, et les broches 12, 31 sur la tension VSS.

Pour passer directement en mode RUN, la broche MCLR a été reliée directement à la tension d'alimentation à travers une résistance 1 kΩ. Pour cadencer le fonctionnement de notre microcontrôleur, une horloge (par exemple un quartz et ses deux capacités) doit être branchée sur les broches 13, 14 (OSC1 et OSC2).

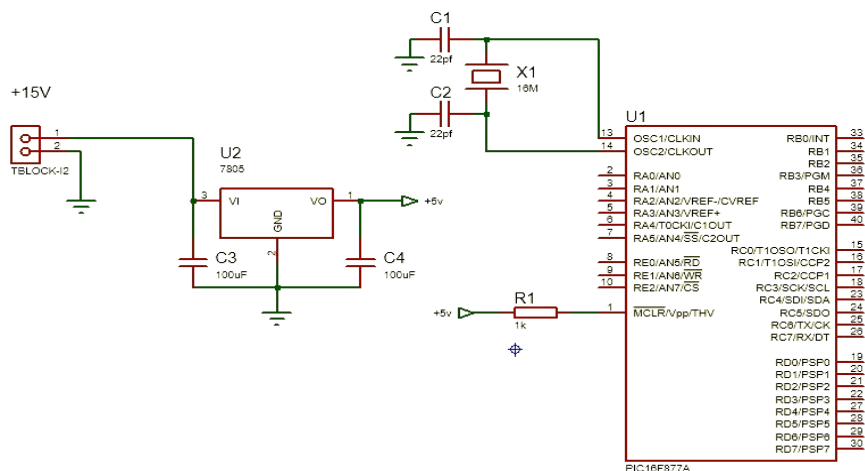


Figure II- 5 : Minimum de brochage pour faire fonctionner un PIC16F877A

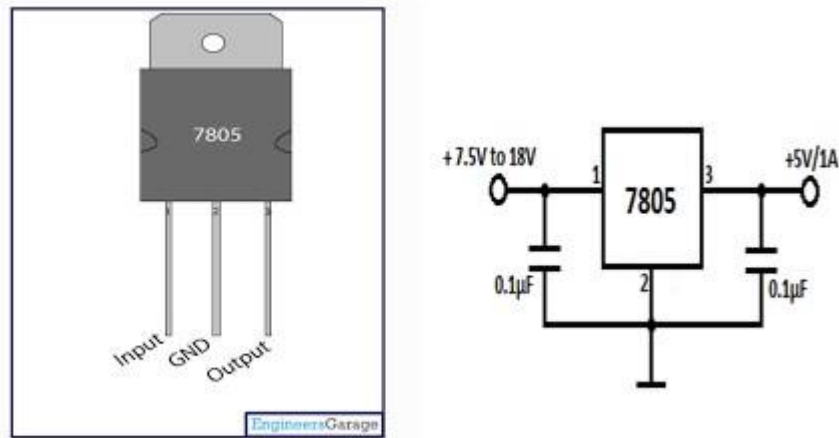


Figure II- 6 : Schéma de branchement du régulateur LM7805

6. Mesure de tension de la batterie :

Nous allons utiliser les broches RA0, RA1, RA2, RA3, RA5, RE0, configurée comme entrée A/N pour acquérir les tensions des chambres de la batterie. On a la tension maximale de la première chambre de la batterie est égale à 2.4 V et la deuxième chambre 4.8 V elles ne dépassent pas la limite de la tension de la broche (5 V). Mais comme la tension des derniers 4 chambres de la batterie (presque 7.2 V, 9.6 V, 12.0 V, 14.4 V) dépasse largement la tension limite de la broche d’acquisition (5 V), on a utilisé un diviser de tension 1/3 pour les 4 dernières chambres constituées de deux résistances pour ramener la tension maximale des chambres pour cela, nous avons utilisé la formule suivante :

$$V_{\text{max - analogique}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{\text{chambre -max}}$$

La valeur mesurée sur chaque broche sera multipliée par 3 pour retrouver la valeur réelle de la tension de chambre de batterie.

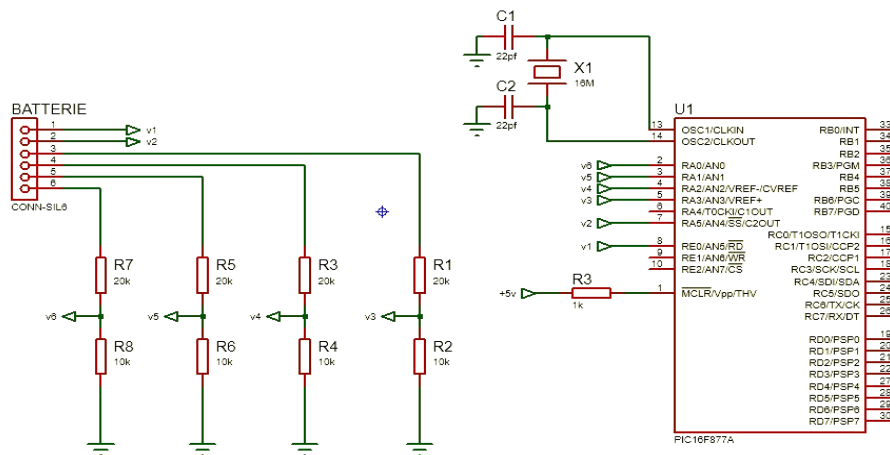


Figure II- 7 : Circuit d’acquisition de la tension des chambres de la batterie

7. Mesure de courant de la batterie [11] :

Les capteurs de courant ACS712 sont conçus pour être facilement utilisés avec des microcontrôleurs. Ces capteurs de courant sont offerts avec des valeurs de 5 A, 20 A et 30 A.

Sensor Specifications

	5A Module	20A Module	30A Module
Supply Voltage (VCC)	5Vdc Nominal	5Vdc Nominal	5Vdc Nominal
Measurement Range	-5 to +5 Amps	-20 to +20 Amps	-30 to +30 Amps
Voltage at 0A	VCC/2 (nominally 2.5Vdc)	VCC/2 (nominally 2.5Vdc)	VCC/2 (nominally 2.5VDC)
Scale Factor	185 mV per Amp	100 mV per Amp	66 mV per Amp
Chip	ACS712ELC-05A	ACS712ELC-10A	ACS712ELC-30A

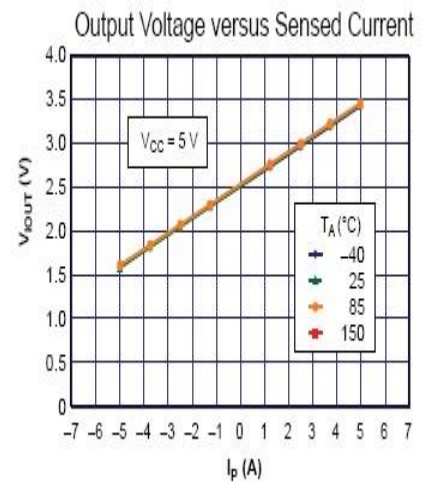


Figure II- 8 : Caractéristiques du capteur ACS712

L'image ci-dessous identifie les sorties de broches pour les modules ACS172.

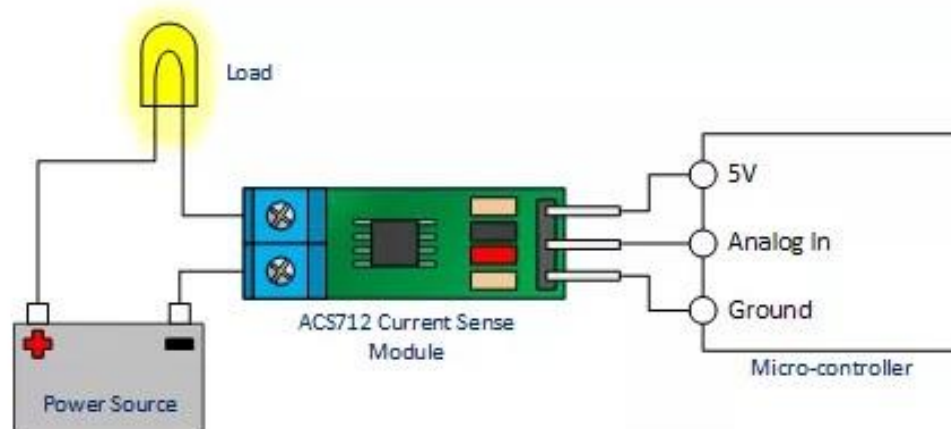


Figure II- 9 : Exemple de brochage du capteur avec u-Controller

Comme mentionné précédemment, ces modules sont principalement conçus pour être utilisés avec des microcontrôleurs dans ces applications, les connexions seraient comme image ci-dessous.

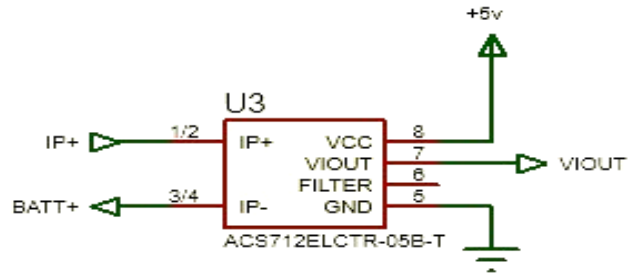


Figure II- 10 : Schéma de branchement pour mesurer le courant de charge/décharge

8. La partie puissance :

La partie puissance sur une carte électronique sert, comme son nom l’indique, à acheminer la puissance vers le récepteur électrique. Elle est généralement composée du disjoncteur divisionnaire de protection du circuit électrique des transistors de puissance, par exemple, dans notre cas.

On a la sortie charge qui vient du pic avec un courant faible, mais on a besoin de +15 V pour charger la batterie cependant pour que +15 v passe il faut que le transistor NPN 2n2222a sature ($V_{ce} < 0.5$) au même temps le transistor puissant NPN TIP142 sature ($V_{ce} < 2$).

Donc on est obligé de séparer les 2 transistors par un autre transistor PNP BC640 qui va saturer dans le cas ou 2N2222a sature le schéma final dans la figure suivante permet de nous régler le problème et qui vas assurer le bon fonctionnement de ce circuit.

Ce montage permet de varier le courant avec le signal PWM.

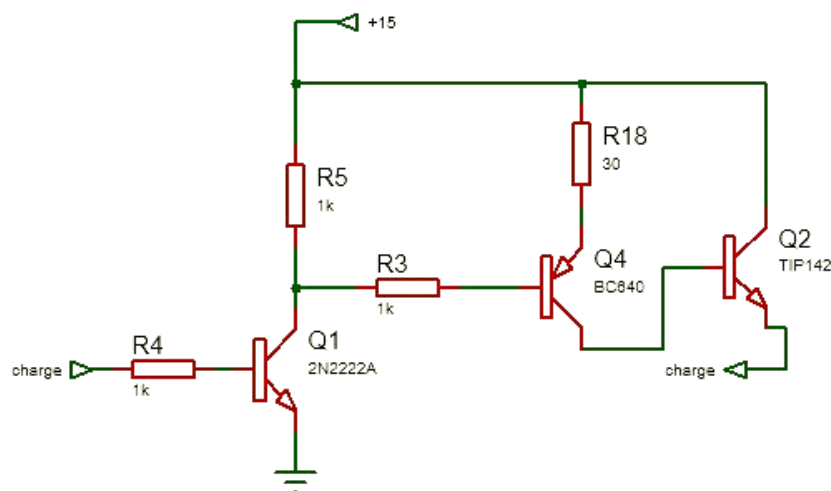


Figure II- 11 : Schéma de la partie puissance des 3 Transistors

9. La partie commande charge/décharge :

La partie commande sert à donner les ordres qui pilotent l'état de charge/décharge, elle permet d'activer ou d'éteindre la partie puissance.

La partie puissance sur une carte électronique sert à acheminer la puissance vers le récepteur électrique (charge). Elle est généralement composée par un relai ou par exemple, dans notre cas par 3 transistors.

La séparation entre la charge et la décharge peut se faire avec des relais de 5 V,

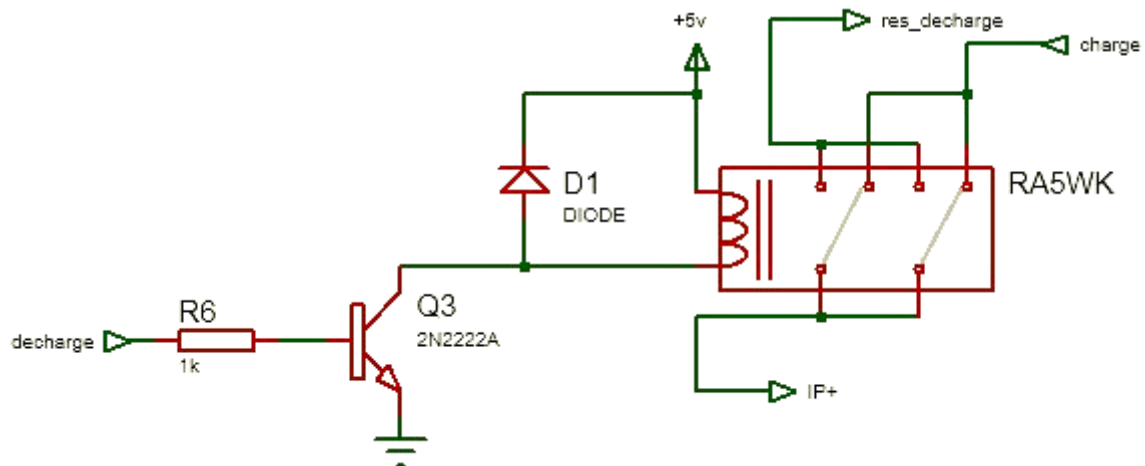


Figure II- 12 : Schéma de commande charge/décharge

La partie puissance a été branchée sur l'état du repos du relai qui permette une ouverture naturelle du circuit de charge quand il n'est pas alimenté.

Dans l'excitation de la bobine de commande de notre relai nécessite un courant qui dépasse le courant maximal de sortie de la broche du microcontrôleur, nous avons ajouté un transistor de commande de type NPN (2N2222A dans notre montage). Ce transistor a la capacité de véhiculer le courant de la bobine du relai, et rendre le relai vers l'état de décharge (dans notre cas la batterie va se décharge dans une résistance de puissance).

On a lié les pins communs et les pins de repos pour diviser le courant sur les deux lames pour éviter l'échauffement de relai.

10. Mesure de la température :

Le capteur de température LM35 est un capteur analogique de température fabriqué par la société Texas Instruments. Il est extrêmement populaire en électronique, car précis, peu coûteux, très simple d'utilisation et d'une fiabilité à toute épreuve.

Le capteur de température LM35 est capable de mesurer des températures allant de -55 °C à +150 °C dans sa version la plus précise et avec le montage adéquat, de quoi mesurer n'importe quelle température.

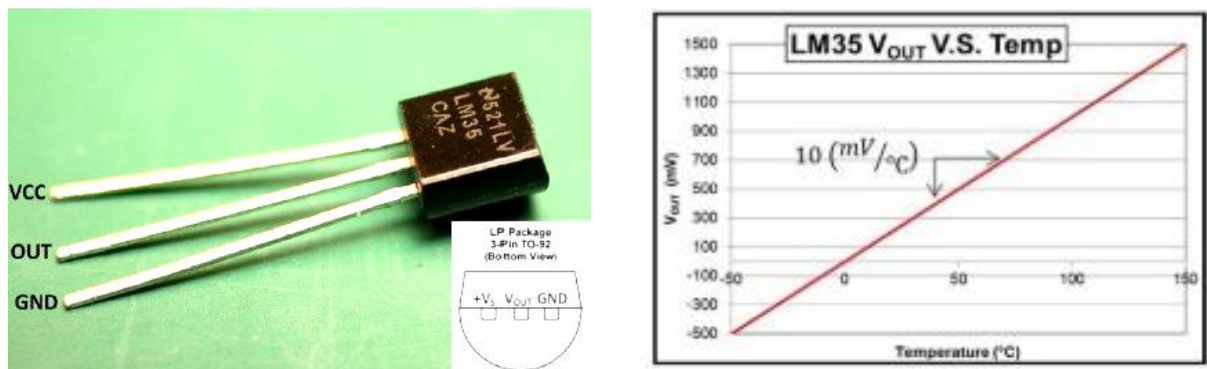


Figure II- 13 : Capteur de température LM35

Le capteur LM35 est commercialisé dans boîtier 3 broches classiques, comme illustré dans la Figure II.10 Brochage du LM35 :

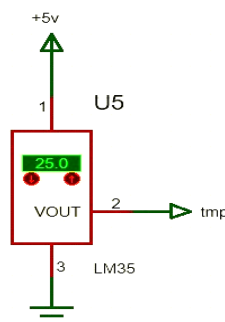


Figure II- 14 : Schéma de branchement du capteur de température

On a utilisé le capteur LM35 pour mesurer la température de la batterie dans le cycle charge/décharge.

11. Représentation de l'état de charge sur un afficheur LCD [12] :

Pour indiquer l'état de charge de la batterie, on a utilisé deux méthodes :

- Visualisation de l'état avec 3 LED : Rouge pour batterie déchargée, Jaune pour batterie moyennement chargée et Vert pour batterie totalement chargée.
- Affichage sur un écran LCD.

Les afficheurs LCD sont devenus indispensables dans les systèmes embarqués qui nécessitent l'affichage de paramètres de fonctionnement. Ils disposent d'un circuit intégré spécialisé chargé de la gestion du module. Il remplit une double fonction d'une part il commande l'afficheur et d'autre part, il se charge de la communication avec l'extérieur.

Grâce à la commande par un microcontrôleur ces afficheurs permettent de réaliser un affichage de messages aisés.

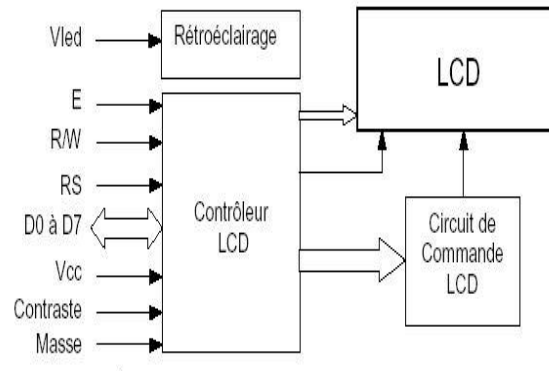


Figure II- 15 : Schéma fonctionnel d'un afficheur LCD

Les différentes broches de l'afficheur LCD ont comme rôle :

- VCC, Masse : alimentation de l'afficheur LCD avec 5 V, 0 V respectivement,
- Contraste : entrée entre 0 V et 5 V permettant le réglage du contraste de l'afficheur,
- VLED : tension permettant de commander le rétroéclairage,
- E (Enable) : entrée de validation permettant de valider les données sur un front descendant. Lorsque E=0 alors le bus de données est à l'état haute-impédance.
- 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 (envoi du code du caractère à afficher) sur le bus (RS=1).
- R/W : entrée de lecture (R/W=1) et d'écriture (R/W=0).
- D7 ... D0 : bus de données bidirectionnel, il permet de transférer les instructions ou les données à l'afficheur LCD.

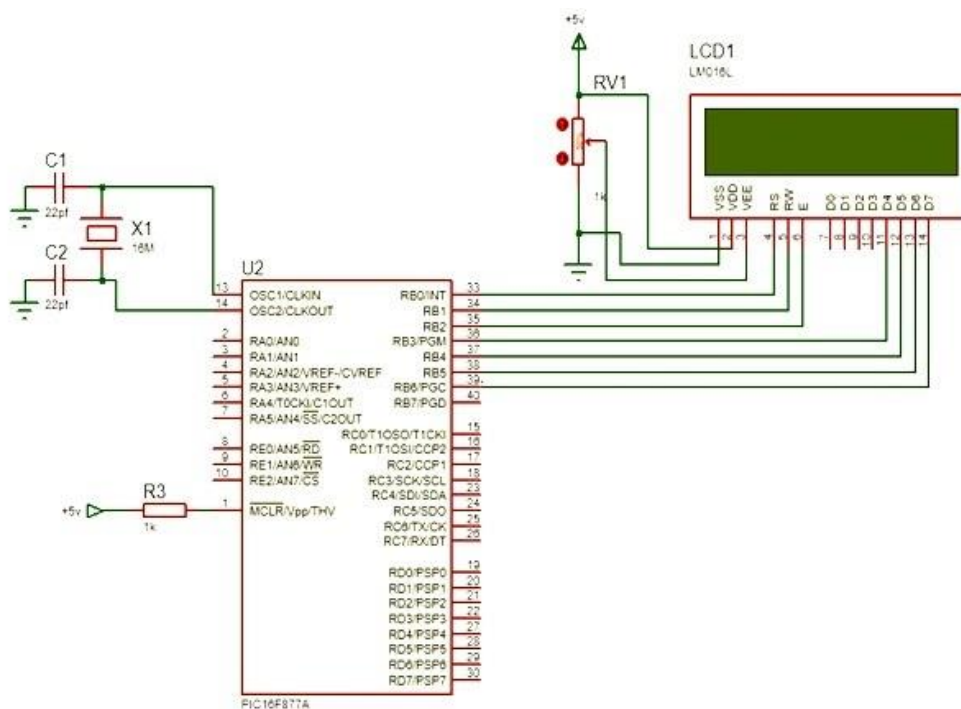


Figure II- 16 : Brochage d'un afficheur LCD LM016 (2x16) avec un PIC16F877A

En fonction du mode de commande choisi de l'afficheur LCD la mise en œuvre matérielle sera différente. Il existe deux modes de commande d'un afficheur LCD :

- En mode de commande 4 bits l'intérêt est de limiter le nombre de broches du microcontrôleur. Il faut utiliser 7 broches des ports d'entrées/sorties du microcontrôleur (configurées en sorties) de manière à commander l'afficheur.
- En mode de commande 8 bits on utilise plus de broches du microcontrôleur. Il faut utiliser 11 broches des ports d'entrées/sorties de microcontrôleur (configurées en sorties) de manière à commander l'afficheur.

12. Interface de communication série (RS232) [12]:

L'interfaçage permet l'échange d'informations entre deux ou plusieurs périphériques.

Pour notre cas, on s'intéresse à l'interfaçage entre le PC et la carte électronique. Pour cela, on a réalisé une interface série (RS232) avec le PIC16F877A.

Les liaisons séries permettent la communication entre deux systèmes numériques en limitant le nombre de fils de transmission. La liaison série aux normes de RS232 est utilisée dans tous les domaines de l'informatique. Elle est de type asynchrone, c'est-à-dire qu'elle ne transmet pas le signal de l'horloge.

La transmission série nécessite au moins 2 fils de communication, l'un pour la transmission (Tx) et l'autre pour la réception (Rx) et un fil de masse.

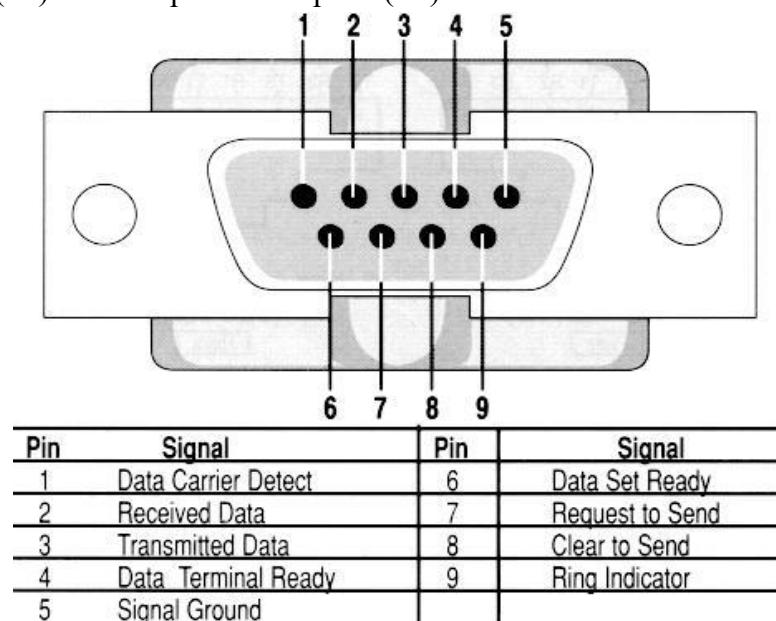


Figure II- 17 : Broches de connexion RS232

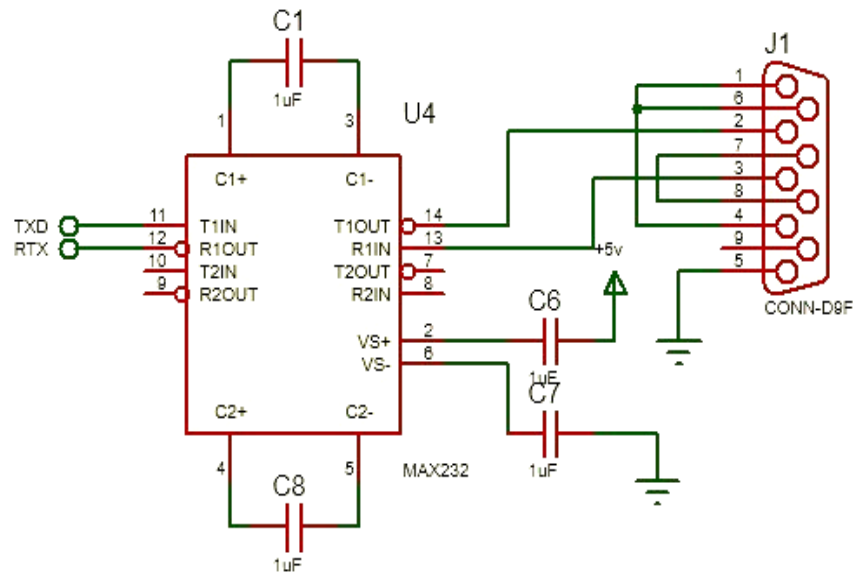


Figure II- 18 : Brochage du MAX232 au port DB9 femelle

Le microcontrôleur PIC16F877A utilise les niveaux de tension 0 V et 5 V pour définir respectivement des signaux « 0 » et « 1 ». La norme de communication série RS232 définit des niveaux +12 V et -12 V pour établir ces mêmes niveaux.

Pour établir cette communication, nous avons besoin d'un circuit permettant d'adapter les niveaux de tensions entre le PIC16F877 et le port série du PC.

La broche TX du PIC16F877 émettra en 0/5 V ; cette tension sera convertie en ± 12 V quand elle arrive au port série du PC. La broche RX du PIC16F877A recevra les signaux en provenance du PC, signaux qui seront convertis de ± 12 V en 0/5 V par le biais de notre circuit de pilotage du bus ; le célèbre circuit MAX232.

Le circuit MAX232 inclut deux récepteurs et deux émetteurs transformant les signaux RS232 en signaux TTL et inversement. Pour fournir les niveaux de +12 V et -12 V à partir du +5 V, ce circuit est doté d'un convertisseur de tension. Il est bien sûr évident que ce circuit intégré est muni de tout un système électronique. À travers les capacités C1 et C3, il génère une tension de +10 V à partir de 5 V (doubleur de tension), et au moyen des capacités C2 et C4, il génère une tension de -10 V à partir de la tension de 10 V (inverseur de tension).

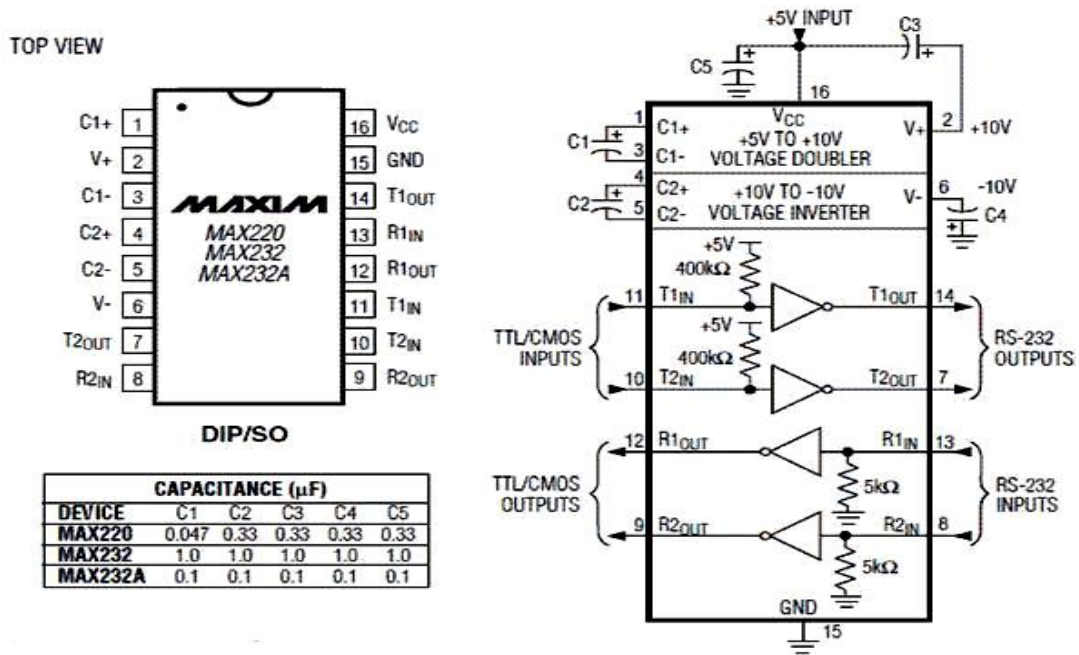


Figure II- 19 : Schéma interne du MAX232

13. Conclusion :

Nous avons utilisé ces informations dans notre projet pour concevoir la liaison série entre le PIC et l'ordinateur, ce qui nous a permis d'établir une ligne de communication avec l'ordinateur pour étudier la charge/décharge de la batterie acide-au-plomb qui se base sur le microcontrôleur PIC16F877A qui dispose d'une unité d'acquisition et de contrôle, ainsi qu'un afficheur LCD qui nous indique la tension présente.

L'interfaçage avec le PC se fait à l'aide du port de communication série RS232 pour une éventuelle visualisation sur une interface graphique.

CHAPITRE III : **RÉALISATION PRATIQUE**

Dans ce chapitre nous présentons une description sur un système de mesure de courant et de tension des chambres de la batterie et sa réalisation sur une carte électronique qui communique avec le pc à travers la liaison RS232, et à l'aide d'un PIC16F877A.

On peut faire la visualisation du comportement du schéma électronique grâce à des logiciels spécifiques (dans notre cas on utilise LABVIEW) qui indiquent les données qui entrent et qui sortent depuis le microcontrôleur. Dans ce travail, nous avons réalisé la carte électronique.

1. Logiciels utilisés :

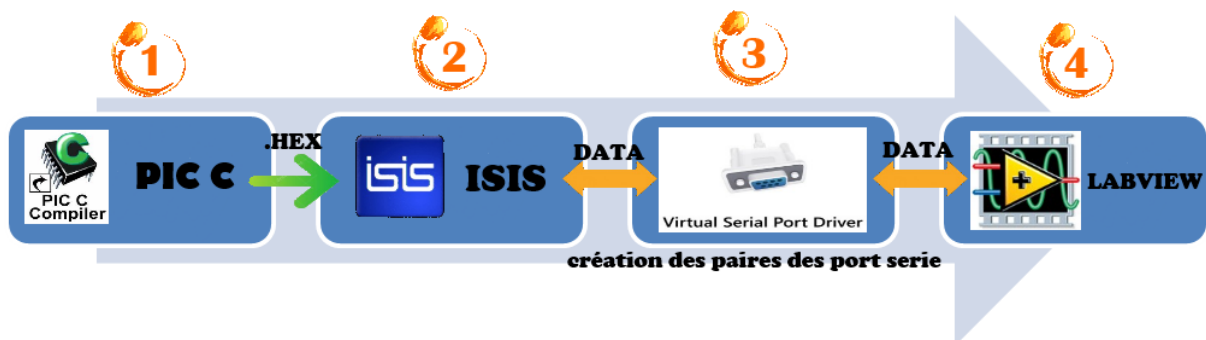


Figure III- 1 : Logiciels utilisés pour effectuer les simulations des cartes électroniques

1.1. Programmation en C avec le logiciel CCS-PICC :

CCS est l'un des principaux fournisseurs mondiaux de logiciels embarqués et d'outils de développement matériel qui permettent aux entreprises de développer des produits hauts de gamme basés sur les dispositifs Microchip PIC, MCU et dsPIC, DSC.

Les compilateurs CCS C sont les plus avancés, les plus développés et les plus utilisés dans l'industrie. Ces compilateurs comprennent une généreuse bibliothèque de fonctions intégrées, des commandes et des programmes d'exemples prêts à l'emploi pour démarrer rapidement tout projet.

Pour la simplicité et la facilité de la programmation, plusieurs langages ont été évolués dans le temps. La programmation des microcontrôleurs PIC est supportée par plusieurs compilateurs comme : CCS-PICC, MPLAB, MikroC, HI-TECH C ...

Dans notre projet nous avons travaillé avec le compilateur CCS-PICC qui est un compilateur en langage évolué (langage C). Ce choix est un choix personnel et technologique.

```

1  #include <16F877A.h>           //déclaration de la bibliolthèque du composant utilisé
2  #device ADC=10                //Réglez la résolution ADC sur 10 bits
3  #use delay(crystal=16M)       //La fréquence du Crystal utilisé
4  #include <lcd.c>              //déclaration de la bibliothèque du LCD
5
6  #define LCD_RS_PIN PIN_C0
7  #define LCD_RW_PIN PIN_C1
8  #define LCD_ENABLE_PIN PIN_C2
9  #define LCD_DATA4 PIN_C3      // Les pins de connections du LCD
10 #define LCD_DATA5 PIN_C4
11 #define LCD_DATA6 PIN_C5
12 #define LCD_DATA7 PIN_C6
13 //Fin de connection du module LCD
14
15
16
17 unsigned int16 i;             //déclaration des variables
18 void main(){                  //programme principale(main),void indique qu'il ya pas paramètres d"entres
19     lcd_init();                // Initialiser le module LCD
20     setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_32); // Réglez le temps de conversion ADC sur 32 Tosc
21     setup_adc_ports(AN0);      // Configurer AN0 comme analogique
22     set_adc_channel(0);        // Seleccionner l'entrée du canal 0
23     delay_ms(100);            // Attendre 100ms
24     lcd_gotoxy(3, 1);         // Allez à la colonne 3 ligne 1
25     lcd_putc("ADC reading:"); //Afficher le Msg sur LCD
26     while(TRUE){
27         i = read_adc();        //lire a partir AN0 et stocker dans i
28         lcd_gotoxy(7, 2);     // Allez à la colonne 7 ligne 2
29         printf(lcd_putc,"%4Lu",i); // Ecrire i avec 4 chiffres maximum
30         delay_ms(10);         // Attendre 10ms
31     }
32 }

```

Figure III- 2 : Exemple de structure d'un programme en langage CCS-PICC

1.2. Logiciel de schématisation/routage PROTEUS :

Le logiciel « Proteus ISIS » est un logiciel professionnel, utilisé dans l'électronique pour simuler des circuits et créer des typons à l'aide de son complément « Proteus ARES », il est également capable de simuler le fonctionnement du microcontrôleur PIC avec tous les périphériques associés. Il permet également de mieux visualiser le bon déroulement du système ainsi que d'avoir une idée claire sur la partie matérielle et la conception des circuits imprimés. Il permet en plus de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception.

Le logiciel « Proteus ARES » est un outil de routage qui complète parfaitement ISIS, un schéma électrique réalisé sur la partie « ISIS » peut alors être exporté facilement sur la partie ARES pour réaliser le circuit imprimé ou le PCB (Printed Circuit Board) de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficiente lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement.

1.4. Logiciel de programmation graphique LabVIEW :

Le langage de programmation LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) de la société américaine National Instruments est un environnement de programmation et un puissant logiciel de conception de systèmes basé sur un langage de programmation graphique appelé langage G.

Le programme en langage G se présente comme un schéma, un diagramme, réunissant différentes icônes reliées par des fils de couleur. Chaque fil symbolise le passage d'une donnée depuis une source dont elle provient comme résultat, vers une cible où elle entre comme paramètre.

Le plus grand avantage du LabVIEW, c'est qu'il permet une programmation intuitive, contrairement aux autres langages de programmation de type « textuel ». De plus, offrant une large palette de VI's (Virtual Instrument) et d'outils de traitements mathématiques entre autres, LabVIEW permet de développer des applications de commande et de mesures citant l'acquisition des données, contrôle/commande d'instruments de mesure, de dispositifs expérimentaux, dans une multitude de domaines différents.

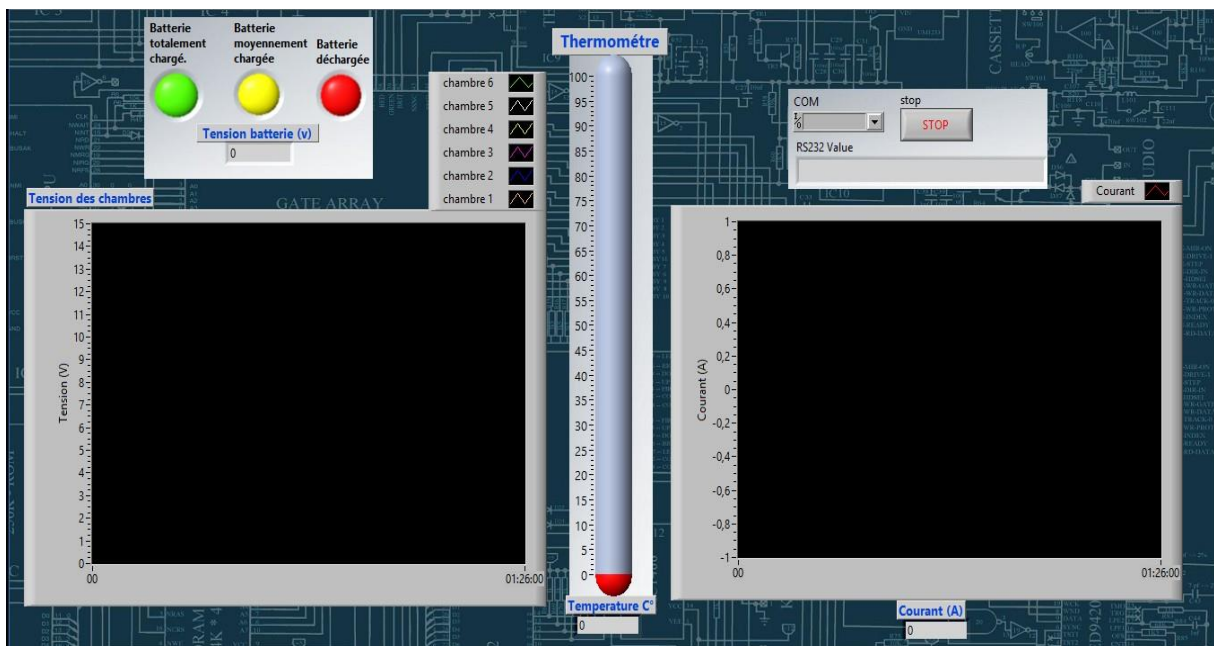


Figure III- 5 : L'interface graphique créée sous le logiciel LabVIEW

2. Le Signal modulation de largeur d'impulsion (PWM) [13] :

La modulation de largeur d'impulsions (MLI ; en anglais : Pulse Width Modulation, soit PWM), est une technique couramment utilisée pour synthétiser des signaux pseudo analogiques à l'aide de circuits à fonctionnement tout ou rien, ou plus généralement à états discrets.

Elle sert à générer un signal pseudo analogique à partir d'un environnement numérique ou analogique pour permettre un traitement de ce signal par des composants en commutation (se comportant comme des interrupteurs ouverts ou fermés).

Le principe général est qu'en appliquant une succession rapide d'états discrets avec des ratios de durée bien choisis, on peut obtenir en ne regardant que la valeur moyenne du signal n'importe quelle valeur intermédiaire.

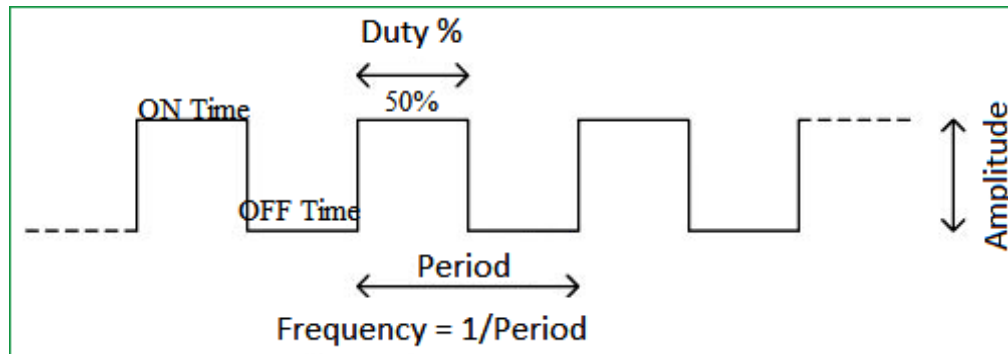


Figure III- 6 : Exemple sur le signal PWM

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.

3. Configuration de PWM avec CCS PIC C pour le PIC16F877A [14] :

Le microcontrôleur PIC16F877A a deux modules CCP et avec ces modules, nous pouvons générer deux signaux PWM (Pulse Width Modulation) PWM 1 liés à CCP1 et PWM2 liés à CCP2. Les deux modules PWM utilisent TIMER2 pour générer des signaux, ce qui signifie que les deux modules auront la même fréquence.

Cette rubrique montre comment utiliser les modules PWM PIC16F877A à l'aide du compilateur CSC PIC C.

Tout d'abord, nous devons configurer le module CCP pour exécuter en tant que PWM en utilisant les commandes CCS suivantes :

```
setup_ccp1 (CCP_PWM);      Configurez CCP1 en tant que PWM
```

```
setup_ccp2 (CCP_PWM);      Configurez CCP2 en tant que PWM
```

Ensuite, nous devons utiliser TIMER2 pour configurer la fréquence PWM. Utilisez l'équation suivante pour calculer la fréquence PWM :

$$[\text{Période PWM}] = [(\text{PR2}) + 1] \cdot 4 \cdot \text{Tosc} \cdot (\text{TMR2 valeur de Prescale})$$

Où la fréquence PWM est définie comme $1/[\text{période PWM}]$.

$$T_{osc} = 1/(\text{MCU_frequency})$$

TMR2 la valeur de Prescale peut être 1, 4 ou 16.

Par exemple pour PR2 = 255, fréquence de microcontrôleur = 8 MHz et Prescale = 16 nous obtenons une fréquence PWM de 488 Hz.

La configuration CCS TIMER2 a la forme suivante :

```
setup_timer_2 (mode, période, postscale)
```

Où : mode est TMR2 valeur de Prescale, la période est de PR2, et le post-scaler n'est pas utilisé dans la détermination de la fréquence PWM (reste 1).

L'exemple précédent donne la commande de configuration TIMER2 suivante :

```
setup_timer_2 (T2_DIV_BY_16, 255, 1);
```

La dernière commande CCS est la commande de cycle de service PWM :

```
set_pwm1_duty (valeur);
```

Cet exemple montre comment utiliser la valeur numérique de la lecture analogique pour régler le cycle de service du signal PWM. Cet exemple utilise deux canaux analogiques AN0 et AN1 et les deux modules CCP1 and CCP2 pour contrôler la luminosité de deux LEDs connectées à RC2 (sortie CCP1) et RC1 (sortie CCP2) comme illustré dans le schéma de circuit suivant.

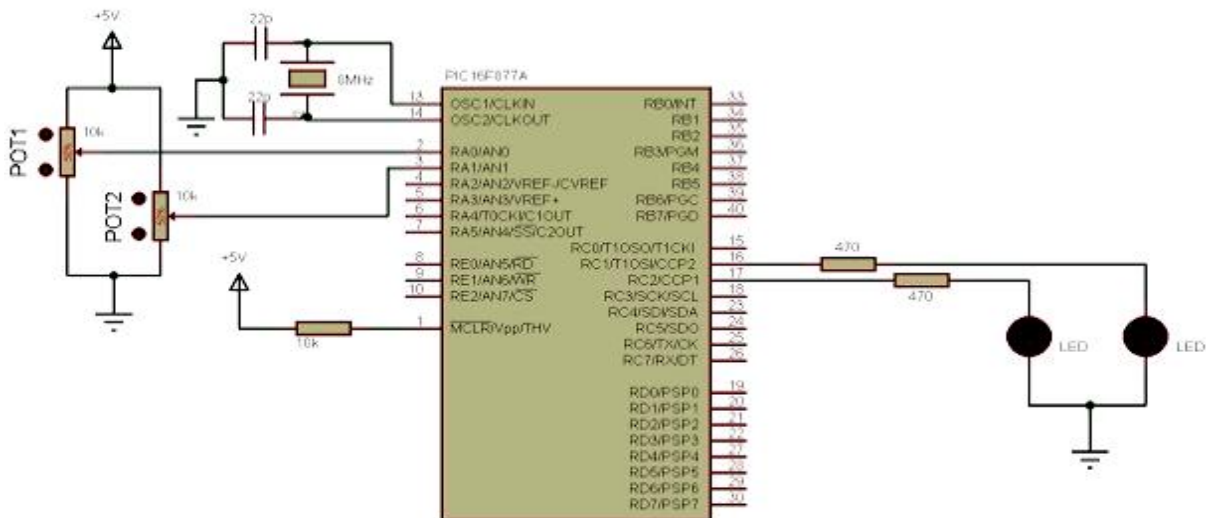


Figure III- 7 : Exemple d'un montage de PIC16F877A ADC+PWM

```

1  #include <16F877A.h>
2  #fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
3  #device ADC=10 // Réglez la résolution ADC sur 10 bits
4  #use delay(clock=8000000)
5
6  unsigned int i, j;
7  void main(){
8      setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_32); // Réglez le temps de conversion ADC sur 32Tosc
9      setup_adc_ports(AN0_AN1_AN3); // Configurez AN0, AN1 et AN3 en tant qu'analogue
10     setup_ccp1(CCP_PWM); // Configurez CCP1 en tant que PWM
11     setup_ccp2(CCP_PWM); // Configurez CCP2 en tant que PWM
12     delay_ms(100); // Attendez 100ms
13     setup_timer_2(T2_DIV_BY_16, 255, 1); // Réglez la fréquence PWM à 488Hz
14     while(TRUE){
15         set_adc_channel(0); // Sélectionnez le canal AN0
16         delay_ms(1); // Attendez 1ms
17         i = read_adc(); // Lire à partir de AN0 et stocker dans i
18         delay_ms(1); // Attendez 1ms
19         set_adc_channel(1); // Sélectionnez le canal AN1
20         delay_ms(1); // Attendez 1ms
21         j = read_adc(); // Lire à partir de AN1 et stocker dans j
22         set_pwm1_duty(i);
23         set_pwm2_duty(j);
24         delay_ms(1); // Attendez 1ms
25     }
26 }

```

Figure III- 8 : Exemple d'un programme sous CCS PIC C d'un ADC+PWM

4. L'asservissement du courant avec PWM :

On a utilisé un algorithme pour la régulation du courant avec le signal PWM, en utilisant une fréquence fixe de 100 KHZ et un rapport cyclique variable.

On a utilisé une haute fréquence pour que le transistor prenne la valeur moyenne de la tension.

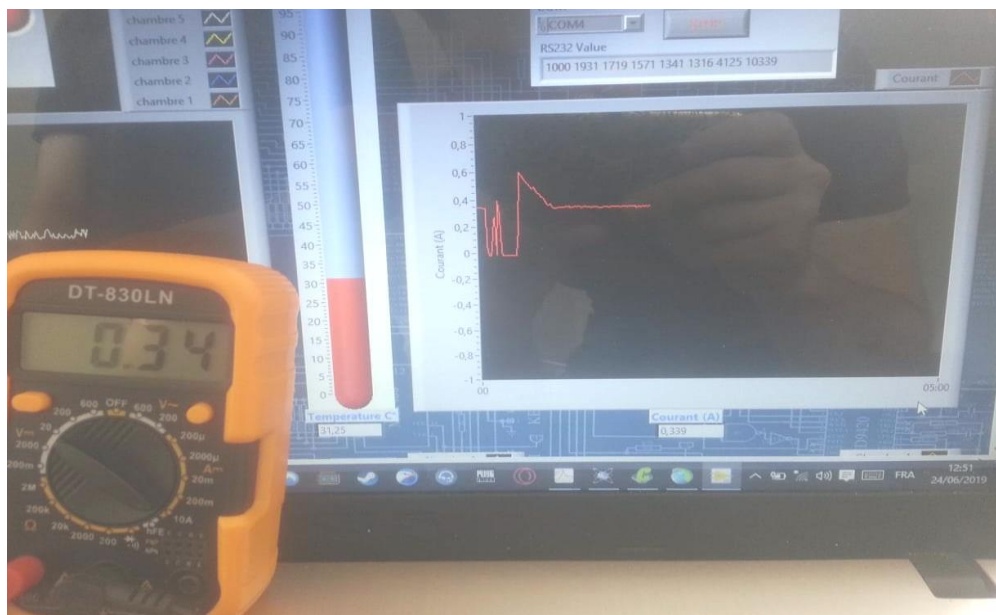


Figure III- 9 : La mesure du courant après l'asservissement

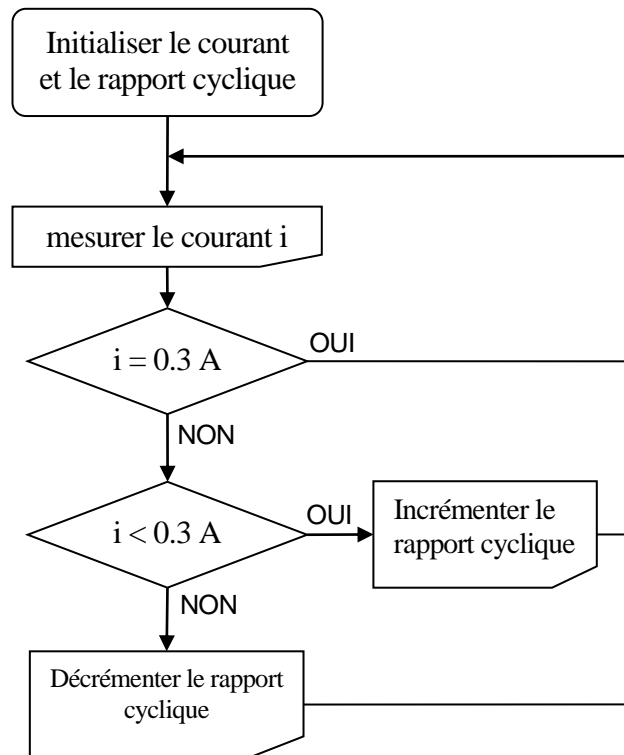


Figure III- 10 : Algorithme d'asservissement de courant

5. Réalisation de la carte :

On a proposé un circuit qui peut avoir l'information sur la tension de chaque chambre de la batterie tout le temps de la charge et la décharge au même temps on peut avoir la température de chaque chambre.

Ce circuit permet aussi de réguler le courant de la charge de la batterie.

Avant de réaliser le circuit imprimé, il faut qu'on assure le bon fonctionnement de circuit dans la simulation et la programmation.

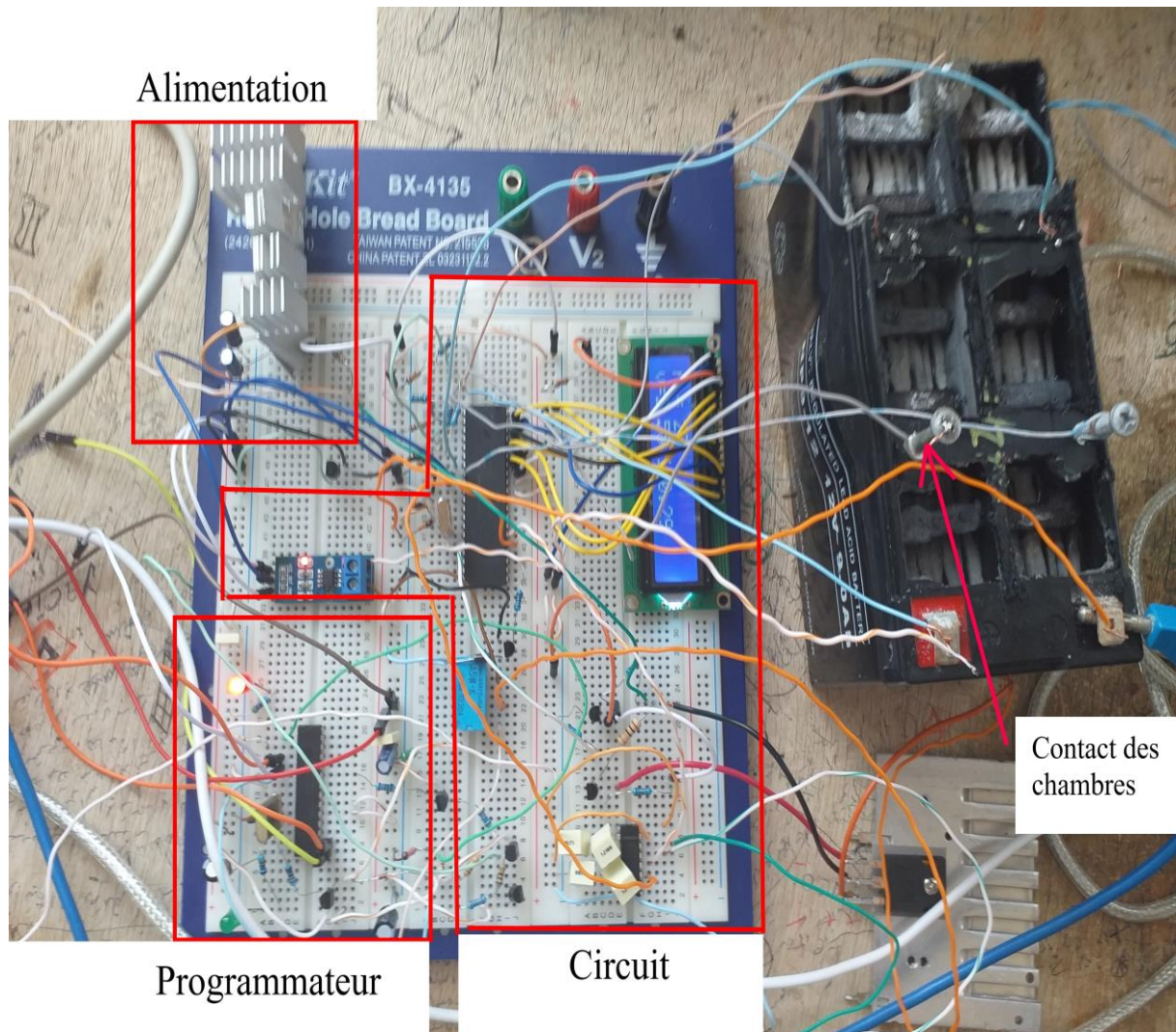


Figure III- 11 : Image de circuit dans la plaque d'essais

Dans la batterie acide au plomb il est difficile de trouver le bon contact des chambres pour cela on a utilisé un contact mécanique par le perçage de la batterie et des vices qui ont en contact avec les chambres, mais l'inconvénient de cette méthode c'est le problème de défaut de contact qui peut affecter sur l'information.

6. Assemblage de la carte :

Au début on doit simuler le circuit avec Proteus puis on passe à routage dans ARES qui nous permet de visualiser le circuit en 3 D. Le schéma de notre carte est représenté par la figure suivante :

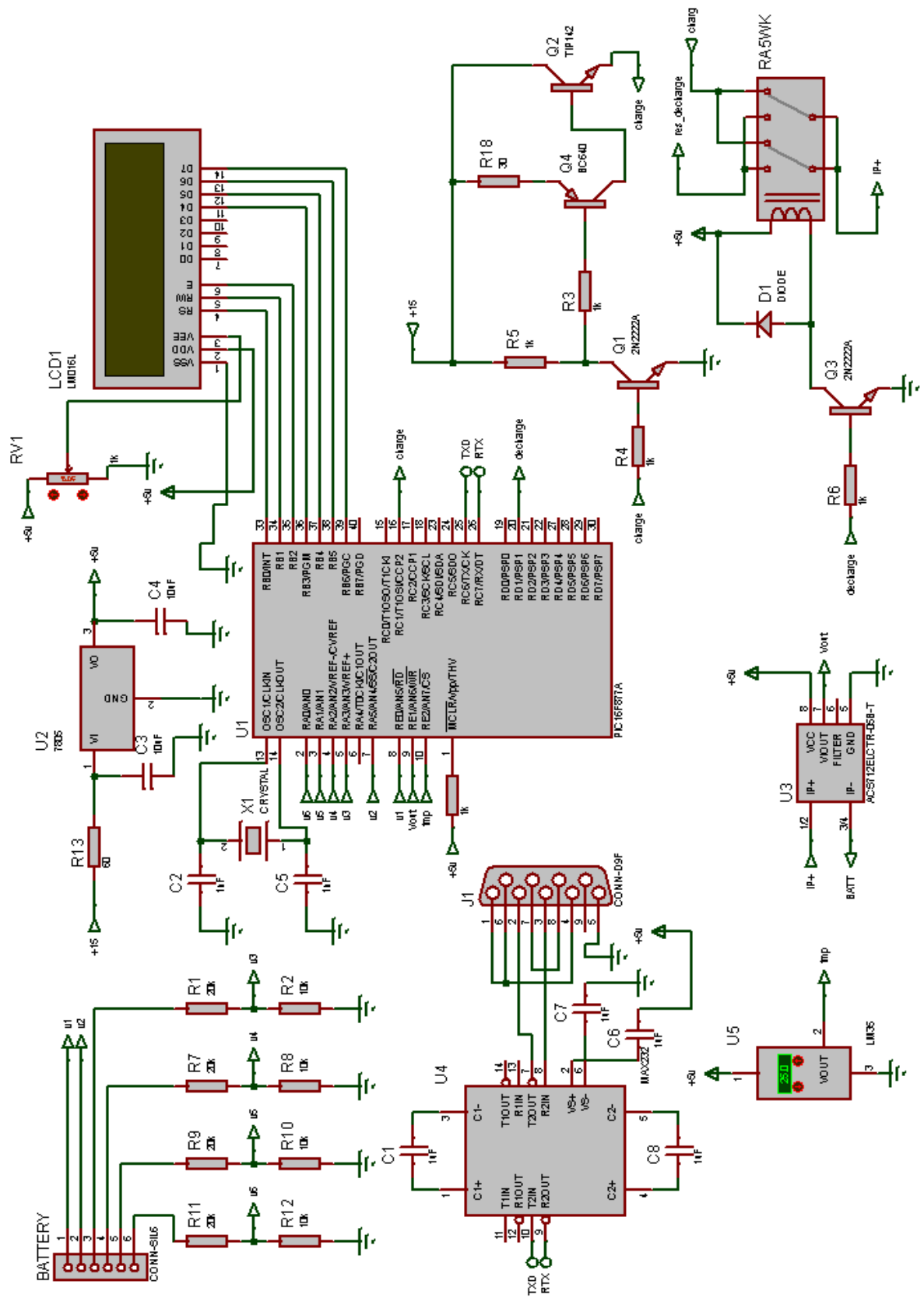


Figure III- 12 : Le schéma complet de la carte de régulation

Le schéma de la figure qui suit représente l'emplacement réel des composants sur le circuit imprimé, ainsi que les connexions entre ses composants.

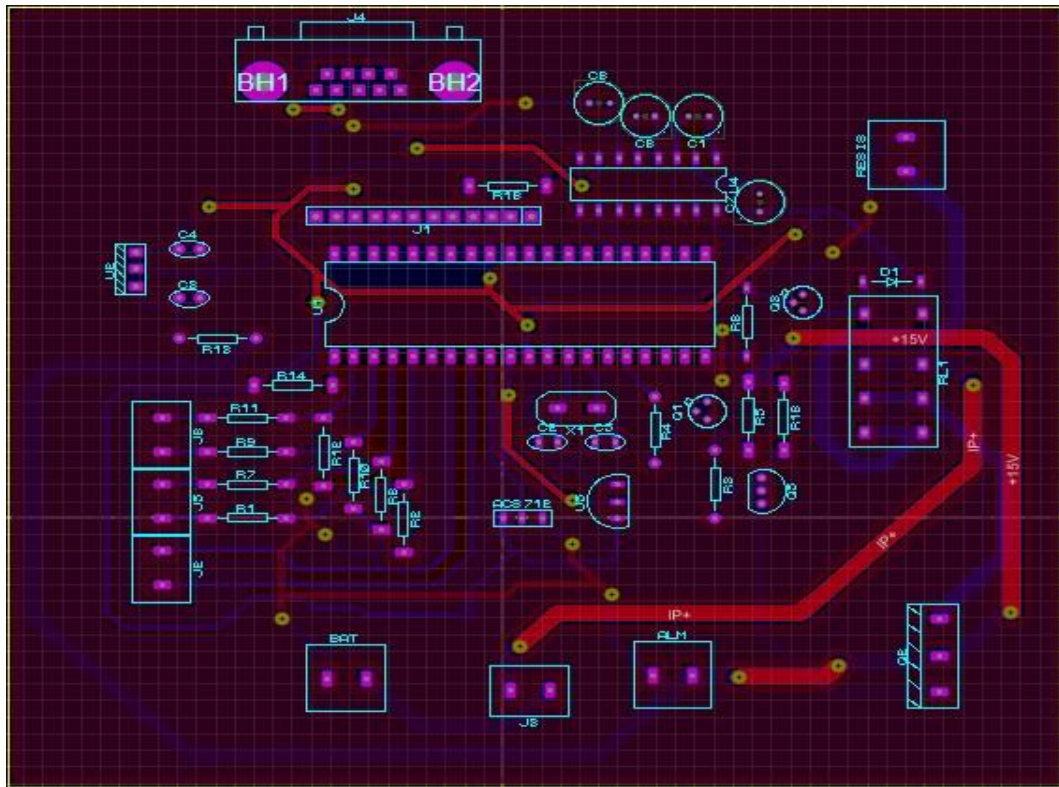


Figure III- 13 : Le schéma de circuit créé sous Ares

Grâce à la figure suivante, on peut aussi visualiser notre carte en 3D. Ceci donne une image plus claire de ce qu'on cherche à réaliser réellement.

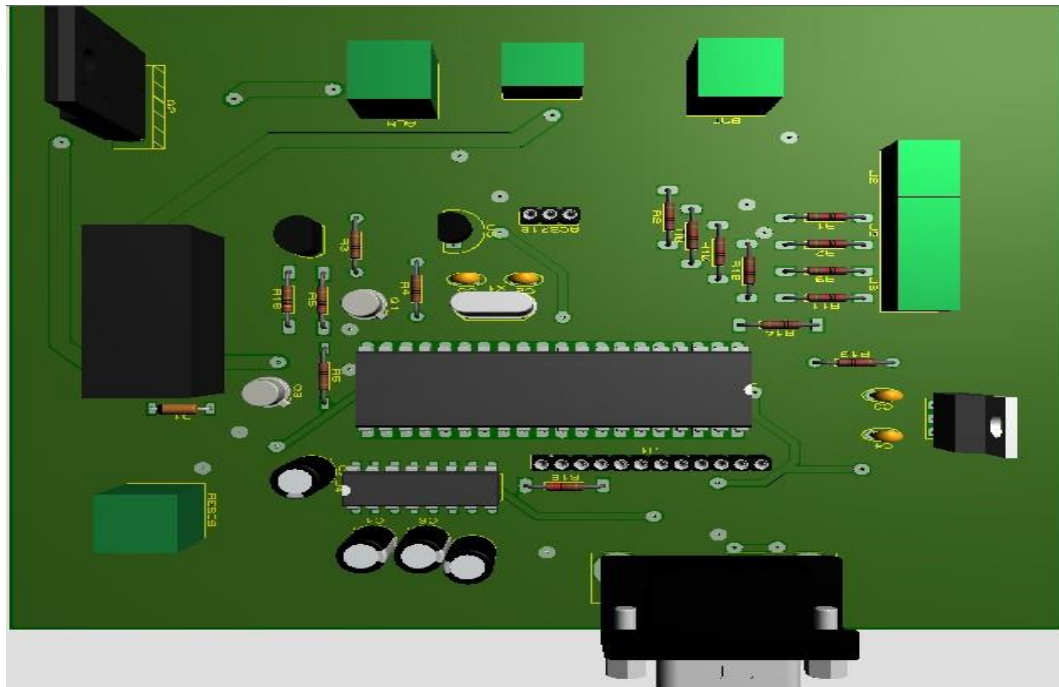


Figure III- 14 : La représentation 3D de la carte

Avant tout nous avons réalisé le circuit dans la plaque d'essai et on visualise le fonctionnement de la carte sur l'interface graphique, puis on a pris les résultats.

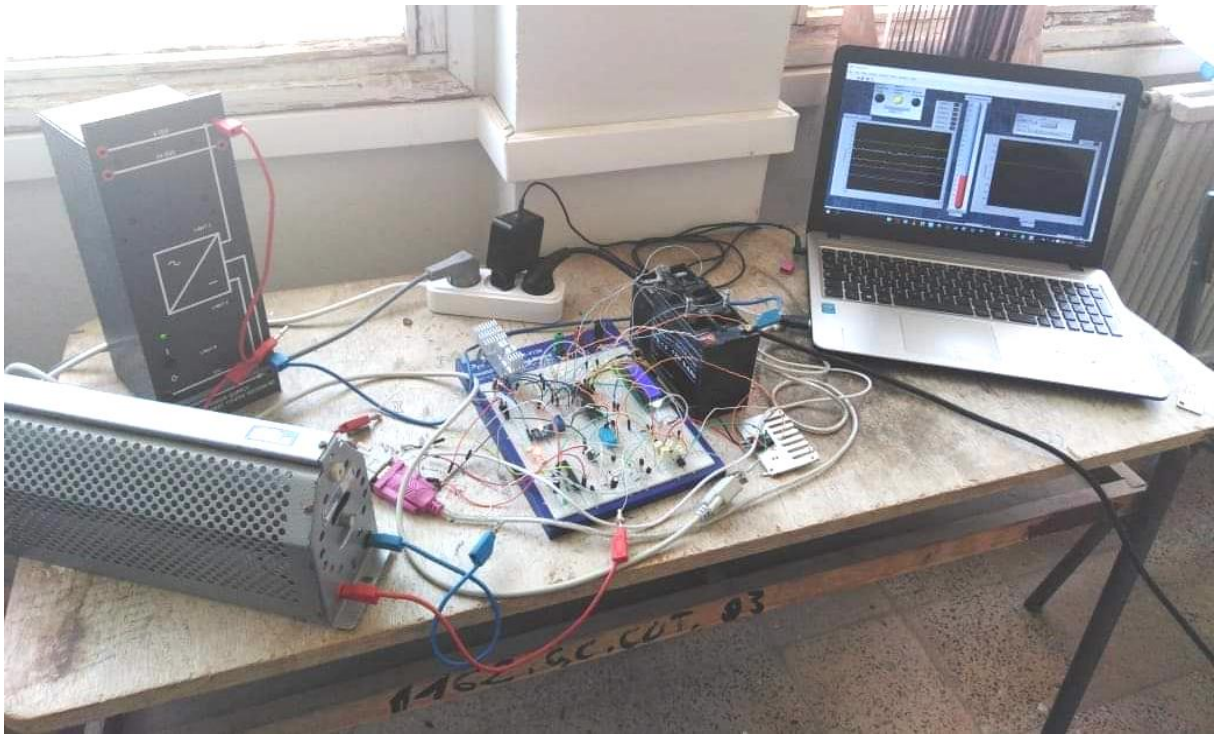


Figure III- 15 : Mise en marche du banc d'essai avec la communication PC

On a réglé le courant sur 0.3 A puis filtré pour éliminer les bruits qui vient de capteur dans le programme de PIC après on a fixé la tension d'alimentation sur 15v et la résistance de décharge sur 34 Ohm.

L'intervalle qu'on a utilisé pour le cycle de charge et décharge est (10.5v-12v).

7. Essai pratique du plusieurs cycles :

Nous avons laissé le circuit fonctionnel pendant 3 cycles de charge et décharge qui prend une heure 30 minutes.

La figure III-16 contient un graphe pour les tensions des chambres et un graphe présente le courant de charge et décharge, et la figure III- 17 contient les graphes de tension par élément.

On remarque que le premier cycle est plus long que les autres à cause de l'échauffement de la batterie et la tension dans l'état de décharge est stable plus que l'état de charge et la même chose pour le courant à cause de signal PWM qui est utilisé dans l'état de charge pour régler le courant.

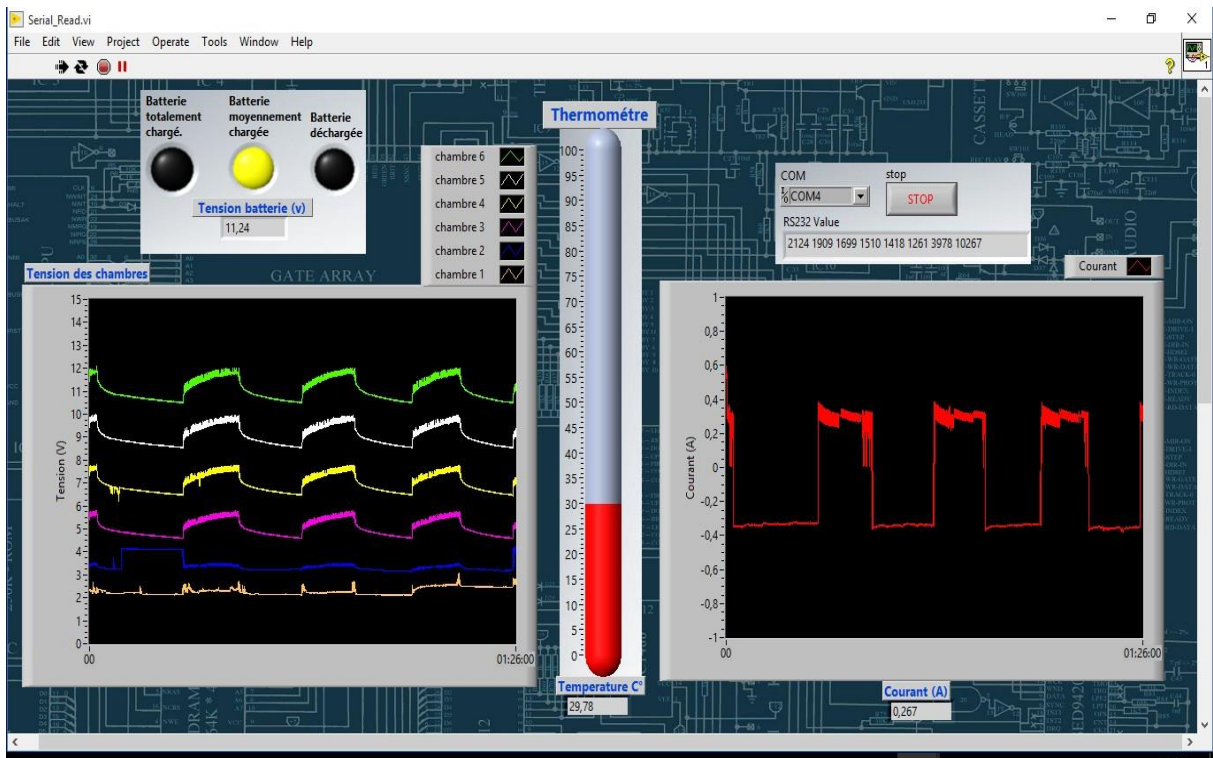


Figure III- 16 : Représentation des tensions des chambres et courant et température

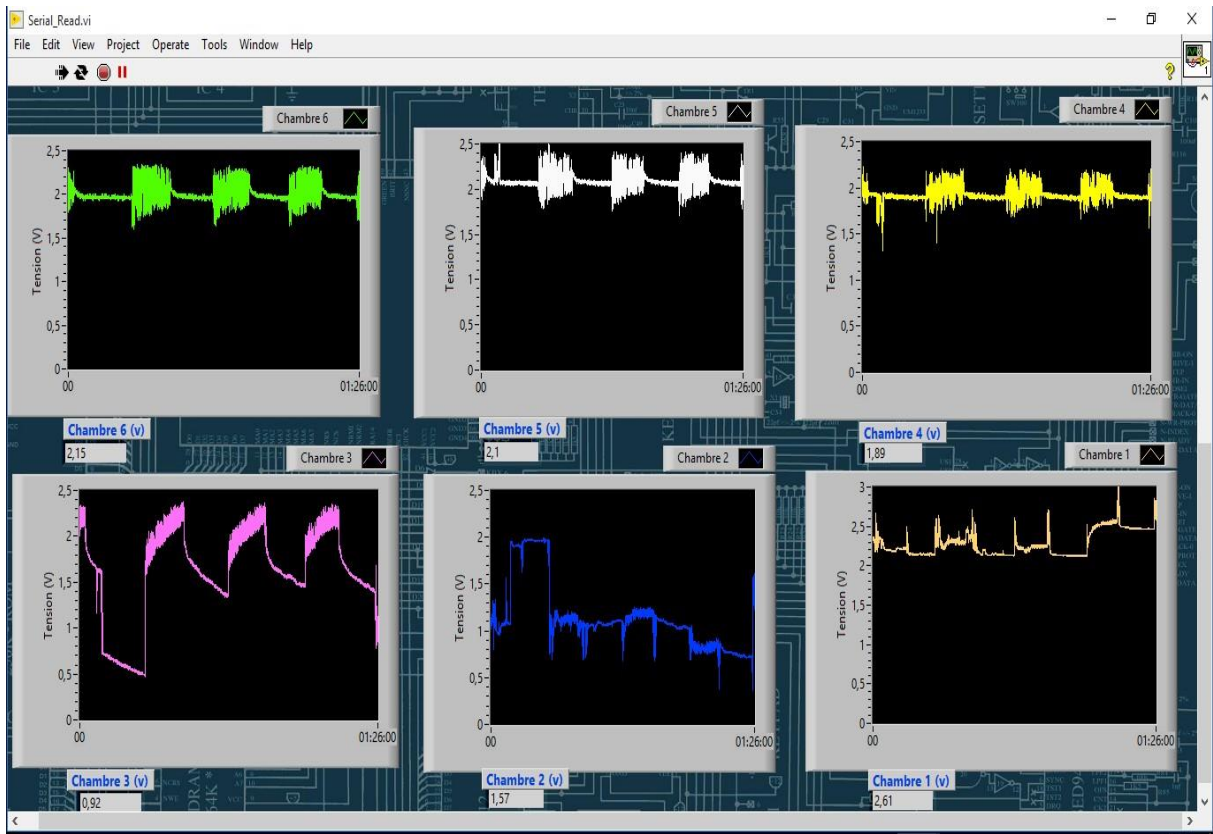


Figure III- 17 : Tension des chambres par élément

8. Essai pratique du cycle de charge :

Nous avons lancé notre carte pour un autre essai pendant un cycle de charge complet de 10 minutes, la charge s'arrête à tension de batterie de 12v avec un courant fixe de 300 mA.

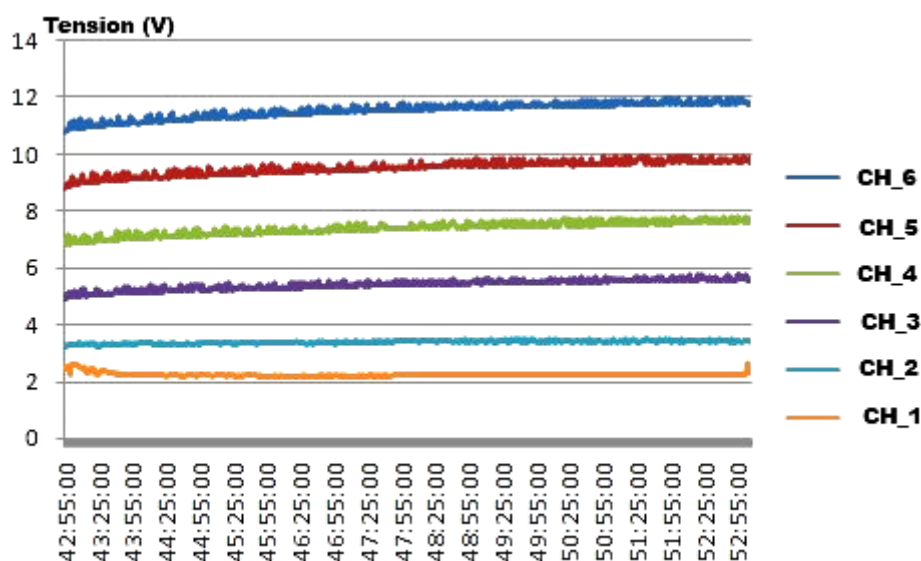


Figure III- 18 : Les tensions des chambres dans un Cycle de charge



Figure III- 19 : Le courant pendant un cycle de charge

La tension des chambres dans le début de cycle augmente plus rapidement que la fin de cycle malgré le courant reste fixe pendant le cycle complet.

9. Essai pratique du cycle de décharge :

Comme on a dit précédemment nous avons lancé un autre cycle de décharge pendant 11 minutes, la batterie est déchargée dans une résistance de puissance qui s'arrête à tension de batterie de 10.5v, on a utilisé une résistance de 34 Ohm pour assurer que le courant de charge et la décharge sont égaux.

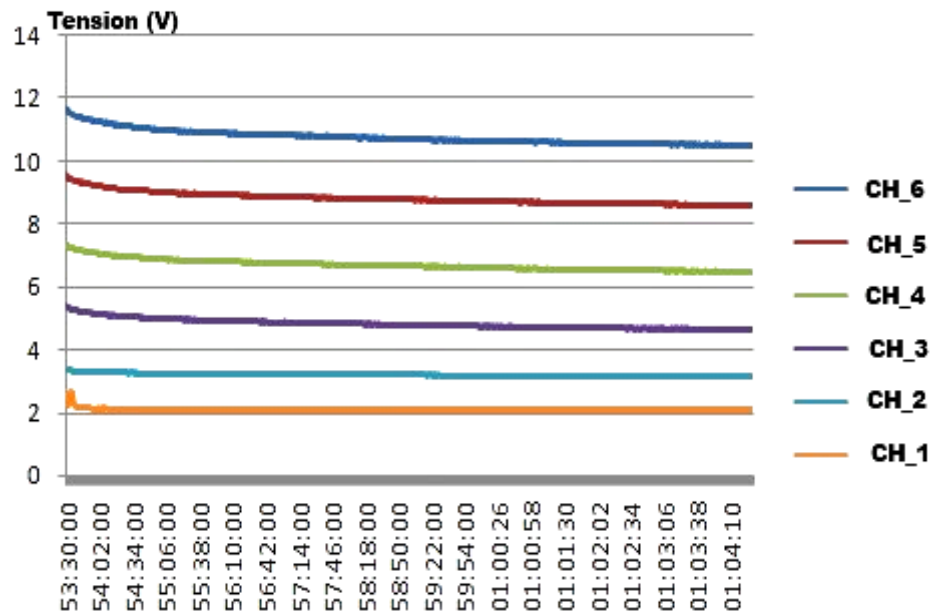


Figure III- 20 : Les tensions des chambres dans un Cycle de décharge

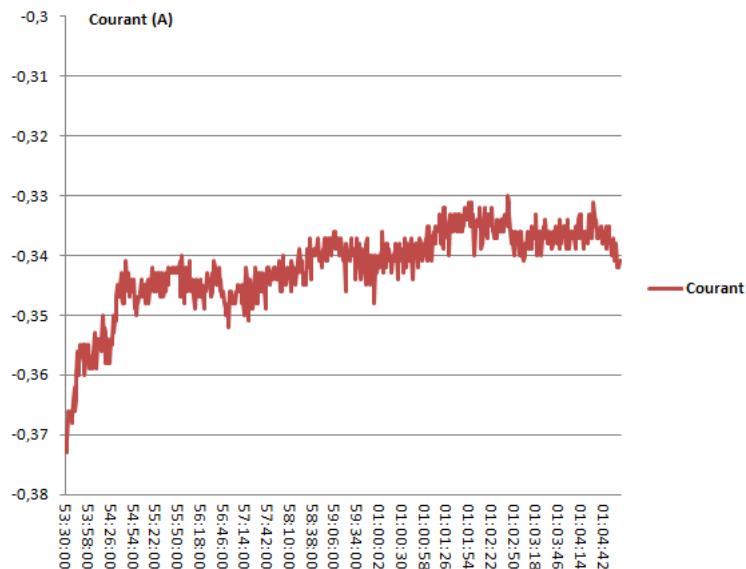


Figure III- 21 : Le courant pendant un cycle de décharge

La même remarque la tension dans le début du cycle diminué plus rapide par rapport à la fin de cycle.

Le courant est négatif par ce que la polarisation de capteur est inversée dans l'état de décharge.

La chose la plus importante qu'on a vue c'est la déférence entre les chambres n'est pas la même qui signifié que les tensions par élément ne sont pas égales.

Le problème de régulateur de charge se pose dans son adoption de la tension totale de la batterie, car il prend en considération que toutes les chambres ont la même tension, mais en réalité elle est déférente qui nous mène à la charge d'une chambre plus qu'une autre qui la détruit.

Alors il faut trouver une possibilité pour pouvoir mesurer la tension de chaque chambre et c'est l'inconvénient de la batterie acide au plomb par contre il existe d'autre modèle de batteries ou on trouve cette possibilité comme la batterie Nickel représente dans la figure suivante :



Figure III- 22 : La batterie Nickel avec la possibilité de mesuré la tension de chaque chambre

10. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons détaillé les différentes étapes qui nous permet de réaliser une carte électronique on commence par la simulation jusqu'à la réalisation finale, en même temps on a détaillé le principe de fonctionnement de circuit qui assure le contrôle de l'état de charge et la décharge et réguler le courant de la batterie acide au plomb.

On a fait une communication sériée RS232 entre la carte et une interface graphique de logiciel LabVIEW qui nous permet de visualiser les tensions des chambres de batterie et le courant de charge et décharge pour comprendre bien le phénomène qui se passe dans la batterie.

Finalement nous avons fait une analyse sur les résultats qu'on a obtenus à partir de cette carte électronique.

Notre carte pourra être utilisée pour toutes les batteries qui ne dépasse pas 12 V et une alimentation qui ne dépasse pas 15 V, mais pour améliorer les performances de la carte il suffit de recalculer la partie puissance et d'acquisition.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objectif principal de ce travail est de réaliser un circuit électronique capable de contrôler l'état de charge et de décharge d'une batterie acide-au-plomb. Il doit avoir en plus la capacité de réguler la valeur moyenne du courant afin de ne pas dépasser des valeurs optimales. En même temps, ces différentes informations captées de la batterie acide-au-plomb doivent être visualisées et enregistrer sur PC.

Nous avons commencé ce mémoire avec une présentation générale et une description des caractéristiques des batteries acide-au-plomb. Par la suite, on a présenté les différentes parties : de puissance, de commande, d'acquisition et de communication de notre carte électronique étudiée. Les outils de simulation et de programmation pour réaliser cette carte trouvent aussi leur place dans ce mémoire.

Après avoir achevé ce travail, le schéma électronique a été réalisé pour assurer les différentes tâches demandées. Les différentes mesures effectuées ont été visualisées sur PC en utilisant une communication série RS232 entre un PIC16F877A et une interface logicielle graphique conçue avec LabVIEW.

Ce montage a nous permet de découvrir les limites de fonctionnement des régulateurs de charge des batteries acide-au-plomb surtout au niveau des chambres. Cette étude reste un domaine ouvert pour les futures améliorations.

Par ailleurs, ce travail nous a permis de découvrir le monde des microcontrôleurs PIC, tant dans leur théorie que dans leur développement et leur utilisation.

Pendant ce mémoire, nous avons eu l'opportunité de découvrir le logiciel LabVIEW et connaître sa richesse en matière d'acquisition et de traitement numérique des données.

ANNEXE

NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

FEATURES

- High current (max. 800 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

APPLICATIONS

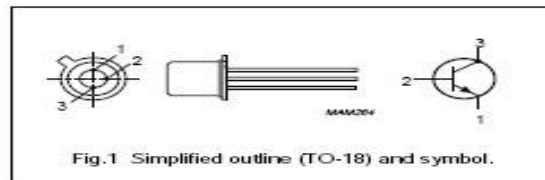
- Linear amplification and switching.

DESCRIPTION

NPN switching transistor in a TO-18 metal package.
PNP complement: 2N2907A.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case



QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _{CB0}	collector-base voltage 2N2222 2N2222A	open emitter	-	60	V
			-	75	V
V _{CE0}	collector-emitter voltage 2N2222 2N2222A	open base	-	30	V
			-	40	V
I _C	collector current (DC)		-	800	mA
P _{tot}	total power dissipation	T _{amb} ≤ 25 °C	-	500	mW
h _{FE}	DC current gain	I _C = 10 mA; V _{CE} = 10 V	75	-	
f _T	transition frequency 2N2222 2N2222A	I _C = 20 mA; V _{CE} = 20 V; f = 100 MHz	250	-	MHz
			300	-	MHz
t _{off}	turn-off time	I _{Con} = 150 mA; I _{EcOn} = 15 mA; I _{Boff} = -15 mA	-	250	ns

Schéma de branchement du transistor NPN 2N2222A



BC640
PNP Epitaxial Silicon Transistor

Switching and Amplifier Applications

- Complement to BC639



Absolute Maximum Ratings T_v = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V _{CEr}	Collector-Emitter Voltage at R _{BE} =1KΩ	-100	V
V _{CEs}	Collector-Emitter Voltage	-100	V
V _{CE0}	Collector-Emitter Voltage	-80	V
V _{EB0}	Emitter-Base Voltage	-5	V
I _C	Collector Current	-1	A
I _{CP}	Peak Collector Current	-1.5	A
I _B	Base Current	-100	mA
P _C	Collector Power Dissipation	1	W
T _J	Junction Temperature	150	°C
T _{STG}	Storage Temperature	-65 ~ 150	°C

Schéma de branchement du transistor PNP BC640

BC640 PNP Epitaxial Silicon Transistor

DARLINGTON COPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

...designed for general-purpose amplifier and low speed switching applications

FEATURES:

- Collector-Emitter Sustaining Voltage-
 $V_{CE(sus)}$ = 60 V (Min) - TIP140, TIP145
 = 80 V (Min) - TIP141, TIP146
 = 100 V (Min) - TIP142, TIP147
- Collector-Emitter Saturation Voltage
 $V_{CE(sat)}$ = 2.0 V (Max.) @ $I_C = 5.0$ A
- Monolithic Construction with Built-in Base-Emitter Shunt Resistor

**NPN
TIP140
TIP141
TIP142**

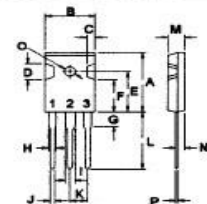
**10 AMPERE
DARLINGTON
COMPLEMENTARY SILICON
POWER TRANSISTORS
60-100 VOLTS
125 WATTS**

MAXIMUM RATINGS

Characteristic	Symbol	TIP140 TIP145	TIP141 TIP146	TIP142 TIP147	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	60	80	100	V
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	60	80	100	V
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	5.0			V
Collector Current-Continuous -Peak	I_C I_{CM}	10 15			A
Base Current	I_B	0.5			A
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	125 1.0			W W/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{STG}	- 65 to +150			$^\circ\text{C}$



TO-247(3P)

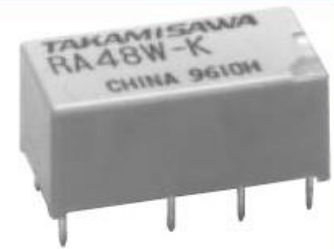


**PIN 1. BASE
2. COLLECTOR
3. EMITTER**

Schéma de branchement du transistor NPN TIP142

FEATURES

- Ultra high sensitivity
- High reliability-bifurcated contacts
- Conforms to FCC rules and regulations Part 68
 —Dielectric strength 1,500 VAC between coil and contacts
 —Surge strength 1,500 V
- UL, CSA recognized
- Wide operating range
- DIL pitch terminals
- Plastic sealed type
- Latching type available
- Dial-pulse relay available



SAFETY STANDARD AND FILE NUMBERS

UL478, 508 (File No. E45026)
 C22.2 No. 14 (File No. LR35579)
 Please request when the approval markings are required on the cover.

Nominal voltage	Contact rating
1.5 to 48 VDC	0.5 A 120 VAC
	2 A 30 VDC
	0.5 A 60 VDC

resistive

DIMENSIONS

● Dimensions

● Schematics (Bottom View)

● PC board mounting hole layout (Bottom View)

RA, RAL type (Non-latching type, single winding latching type)

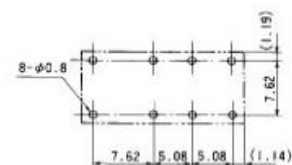
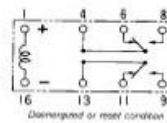
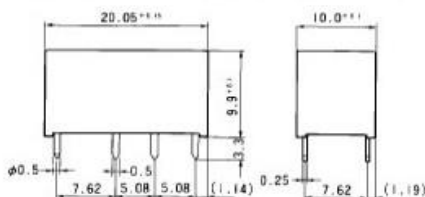


Schéma de branchement du relai RA5WK

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] <https://www.etudier.com/dissertations/Généralités-Sur-Les-Batteries-Au-Lithium/154952.html>
- [2] <https://www.legavox.fr/blog/greenkraft-expertise/traitement-regeneration-desulfatation-batteries-electronique-9179.htm>
- [3] <https://www.cedengineering.com/userfiles/Introduction%20to%20Batteries.pdf>
- [4] BELARBI, MUSTAPHA. *Contribution à l'étude d'un générateur solaire pour site autonome*. Thèse de Doctorat. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, 2015.
- [5] ADEME, « *État de l'art des technologies de désulfatation des accumulateurs au plomb* ». Aout 2011 :
https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/83345_etat_de_art_de_la_desulfatation_des_accumulateurs_au_plomb_rapport_final_aout_2011.pdf
- [6] KIEHNE, H.A., « *Battery Technology Handbook* » - Second Edition. 2003 :
http://s1.nonlinear.ir/epublish/book/Battery_Technology_Handbook_0203911857.pdf
- [7] Karoui, F. « *Optimisation de stratégies de gestion des batteries au plomb utilisées dans les systèmes photovoltaïques* », Institut National Polytechnique de Grenoble, France. Octobre 2007).
- [8] B. MOHAMED, « *Modélisation des paramètres d'une batterie Plomb-Acide, et son intégration dans un système photovoltaïque autonome* », Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen, Juin 2015
- [9] Zaamta, S., and A. Dib. « *Réalisation d'un régulateur solaire à base de microcontrôleur pour le contrôle de l'état de charge et la protection des accumulateurs* » *Revue des Energies Renouvelables* 12.1 (2009).
- [10] <https://www.microcontroller-project.com/pickit2-clone-build-at-home.html?fbclid=IwAR2rXHMvLbz4zpxUb9xV23iKl5XOuxxs8xAUBcR86WbTDpUoeI5LIjxA4V4>
- [11] http://henrysbench.capnfatz.com/henrys-bench/arduino-current-measurements/acs712-current-sensor-user-manual/?fbclid=IwAR0GLYhTRBLsJynUoE85fJcr_-O04CGAzdawbEi_PNShLwf05y9ywUYC85k
- [12] M. H. AIT ABDERRAHIM, M.A. DOKHESSI, « *Régulateur de charge solaire Sujet de réalisation* », Master, Université de Tiaret 2017.
- [13] https://fr.wikipedia.org/wiki/Modulation_de_largeur_d%27impulsion#La_MLI_numérique
- [14] <http://ccspicc.blogspot.com/2016/03/pic16f877a-pwm-adc-ccs-picc-ccp.html>

ملخص :

في عملنا هذا، نحن مهتمون في إجراء بحث على استخدام البطاريات. انجزنا دائرة الكترونية ذاتية التحكم تتكون من مولد 15 فولت لشحن البطارية ومقاومة من أجل تفريغها. الدور الرئيسي لوحدة التحكم هو الرصد المستمر لحالة البطارية من أجل ضمان الحماية ضد التفريغ والشحن المفرطين. ويستند مبدأ عملها بناء على أمر من وحدة المتحكم الدقيق PIC16F877. بالإضافة إلى ذلك، عرض حالة شحن البطارية وسلوكها باستخدام الاتصال التسلسلي RS232، بين وحدة التحكم وجهاز الكمبيوتر في واجهة البرنامج LabVIEW. الكلمات المفتاحية: وحدة تحكم، المتحكمات الدقيقة PIC16F877A، RS232، LabVIEW، بطارية.

Résume :

Dans notre travail, nous sommes intéressés à mener une recherche technologique sur l'utilisation de la batterie. En effet, nous avons réalisé un circuit électronique autonome constitué d'une alimentation fixe pour charger une batterie acide-au-plomb et une résistance de décharge pour la décharger.

Le rôle principal de notre carte est le contrôle continu de l'état de charge de la batterie afin d'assurer sa protection contre les surcharges et les décharges excessives. Son principe de fonctionnement est basé sur des commandes générées à partir d'un microcontrôleur PIC16F877A. De plus, faire une visualisation de l'état de charge de la batterie et son comportement à l'aide d'une communication série RS232 entre le régulateur de charge et une interface LabVIEW sur un ordinateur.

Mots-clés : régulateur, microcontrôleur PIC16F877A, RS232, LabVIEW, batterie acide-au-plomb.