

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la technologie

Département D'électronique

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Electronique

Spécialité : Industrie Electronique

Par :

- Meguellati Merwan
- Sahraoui Bachir

Intitulé :

Etude et réalisation d'un système de contrôle des batteries d'accumulateurs

Soutenu le : 19/09/2022

Devant le Jury composé de :

<i>Nom & Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>Dr. D. BOUDECHICHE</i>	<i>MCB</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mr. D. DJELLAL</i>	<i>MAA</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mr. T. ABED</i>	<i>MAA</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

Année Universitaire 2021/2022

Remerciements

*Mes remerciements vont tout premièrement à ALLAH le tout
puissant de nous avoir donné le courage, la volonté
et l'amour du savoir pour pouvoir réaliser ce
Modeste travail.*

*Nos plus vifs remerciements vont à Mr
D.DJELLAL pour avoir accepté d'encadrer ce sujet, ainsi
pour son orientation*

*Nos sincères remerciements aux messieurs les membres du
jury pour l'honneur qu'ils me font en participant au
jugement de ce travail*

*Nos vifs remerciements à tous les enseignants du
département d'électronique qui ont contribué à
notre formation*

Dédicaces

*A mes parents, pour l'amour qu'ils m'ont
toujours donné, leurs encouragements et toute
l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études.*

*Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer
mon respect, ma considération, et mon amour
pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon
instruction et mon bien-être.*

*Merci
beaucoup !*

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Table des matières.....	IV
Liste des figure.....	VIII
Liste des tableaux.....	VIII
Liste d’abréviations	VIII
Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur les batteries et les BMS	
I.1 Introduction	3
I.2 l’histoire des batteries	3
I.3 Caractéristiques électriques.....	4
I.3.1 La tension nominale.....	4
I.3.2 La tension de fin de décharge.....	5
I.3.3 Le taux-C.....	5
I.3.4 Capacité d'une batterie d'accumulateurs.....	5
I.3.5 l’énergie.....	6
I.3.6 État de santé (SOC).....	6
I.3.7 État de charge(SOH).....	7
I.4 Les types des batteries.....	7
I.4.1 Les cellules primaires.....	7
I.4.2 Les cellules secondaires.....	7
I.5 Les batteries au lithium.....	8
I.5.1 Principe de fonctionnement.....	8
I.5.1.1 Le processus de chargement.....	8
I.5.1.2 Processus de décharge.....	9
I.5.2 Formats des cellules de lithium.....	10
I.5.3 Agencement des cellules entre elles.....	11
I.6 Système de gestion de la batterie.....	13
I.6.1 La partie hardware et software d’un BMS.....	14
I.6.1.2 Hardware.....	15
a) sécurisation des cellules.....	15
b) Les capteurs.....	15

c) Acquisition de données.....	15
d) Gestion électrique.....	15
e) Gestion thermique.....	16
f) Communication.....	16
I.6.1.3 Software	16
a) L'estimation l'état de charge.....	17
b) L'équilibrage des cellules.....	17
b.1) L'équilibrage passive.....	17
b.2) L'équilibrage active.....	18
I.6.2 Topologies d'un BMS.....	20
a) BMS centralisé.....	20
b) BMS modulaire.....	21
c) BMS Distribué.....	21
d) BMS Maître-Esclaves.....	21
I.7 Conclusion.....	22

Chapitre II : L'étude d'un circuit de BMS

II.1 Introduction.....	24
II.2 Les fonctions d'un circuit de système gestion batterie.....	24
II.3 La topologie de système gestion batterie utilisé.....	25
II.4 Technique de charge des cellules de notre circuit BMS.....	25
II.4.1 Charge par impulsions.....	25
II.5 Critères de choix de la technique utilisée.....	26
II.6 Description le circuit de BMS.....	27
II.6.1 Bloc d'alimentation.....	27
II.6.2 Bloc de mesure.....	27
II.6.2.1 Mesure de la tension aux borne des cellules.....	27
II.6.2.2 Mesure le courant de charge et décharge.....	28
II.6.2.3 Mesure la température.....	28
II.6.3 Bloc de puissance.....	29
II.6.4 Bloc de commande du système BMS.....	30
II.6.4.1 PIC 18F452.....	30
A) Le convertisseur analogique numérique d'un PIC18F452.....	31
II.6.5 Block de régulation.....	33

II.6.5.1 Régulateur 7805.....	33
II.6.5.2 Circuit d'équilibrage.....	33
II.6.6 pack des cellules de lithium.....	34
II.7 Conclusion.....	34
Chapitre III : Simulation et réalisation d'une carte BMS	
III.1 Introduction.....	36
III.2 Simulation numérique.....	36
III.2.1 les logiciels de CAO.....	36
III.2.1.1 logicielle de Proteus.....	36
III.3 Simulation sous ISIS.....	37
III.3.1 Partie de la commande.....	37
III.3.1.1 Schéma sous ISIS.....	37
III.3.2 Partie de charge et décharge.....	38
III.3.3 Partie des capteurs (tension, courant, température).....	38
III.3.4 Partie d'équilibrage.....	40
III.3.5 Schéma fonctionnel globale de BMS sous ISIS.....	41
III.4 Création du carte PCB	43
III.5 La Réalisation pratique.....	44
III.5.1 Liste des matériels utilisés.....	44
III.5.2 Réalisation de la carte du commande.....	45
III.6 programmation sous mikroC.....	46
III.6.1 Organigramme globale de BMS.....	46
III.6.2 Organigramme de charge.....	47
III.6.3 Organigramme de décharge.....	48
III.6.4 Organigramme d'equilibrage des cellules.....	49
III.7 Test de simulation sous Isis.....	51
III.7.1 Fonction de la charge et de décharge.....	51
III.7.2 l'effet de température.....	52
III.7.3 La fonction d'equilibrage entre les cellules.....	53
III.7.4 Détection le niveau de charge de la batterie.....	55
III.8 conclusion	56
Conclusion générale.....	60
Références.....	61

Résumé..... 62

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1	le développement des batteries au cours du temps.....	4
Figure I.2	cycle de vie d'une batterie Li-ion à différents taux de déchargement	5
Figure I.3	l'états de charge d'une batterie lithium	7
Figure I.4	model des cellules	7
Figure I.5	batterie déchargée (état initial).....	8
Figure I.6	le processus de charge d'une cellule électrochimique (lithium).....	9
Figure I.7	les phases de charge d'une cellule lithium	9
Figure I.8	batterie en décharge	10
Figure I.9	le processus de décharge d'une cellule lithium	10
Figure I.10	(a, b, c) les formats des cellules	10
Figure I.11	mise en série des cellules	11
Figure I.12	mise en parallèle des cellules	11
Figure I.13	mise en série et parallèle des cellules.....	12
Figure I.14	schéma block d'un BMS.....	13
Figure I.15	la partie hard et soft d'un BMS.....	14
Figure I.16	flux d'état de la batterie.....	16
Figure I.17	circuit de l'équilibrage passif avec microcontrôleur et multiplexeur	17
Figure I.18	l'équilibrage capacitif entre cellules adjacentes.....	18
Figure I.19	l'équilibrage capacitife a condensateur unique.....	19
Figure I.20	l'équilibrage inductif à transformateur unique.....	19
Figure I.21	topologie d'un BMS	20
Figure I.22	schéma BMS Maître-Esclave.....	21
Figure I.23	schéma électrique d'un BMS distribué.....	22
Figure I.24	exemple d'un BMS distribué.....	22

Chapitre II

Figure II.1	les fonctions assure par le BMS.....	25
Figure II.2	profil typique de charge d'une cellule Lithium Ion.....	26
Figure II.3	schéma synoptique du BMS.....	27
Figure II.4	schéma électrique de mesure la tension.....	28
Figure II.5	circuit électrique d'un capteur de température.....	29
Figure II.6	schéma de conception de MOSFET.....	30

Figure II.7 le brochage de PIC18F452.....	31
Figure II.8 schéma électronique d'un convertisseur analogique numérique	32
Figure II.9 : circuit d'horloge.....	32
Figure II.10 le circuit de fixation de tension a 5v.....	33
Figure II.11 schéma électrique de circuit d'équilibrage.....	33
Figure II.12 cellules de Lion-ion raccordé en série	34

Chapitre III

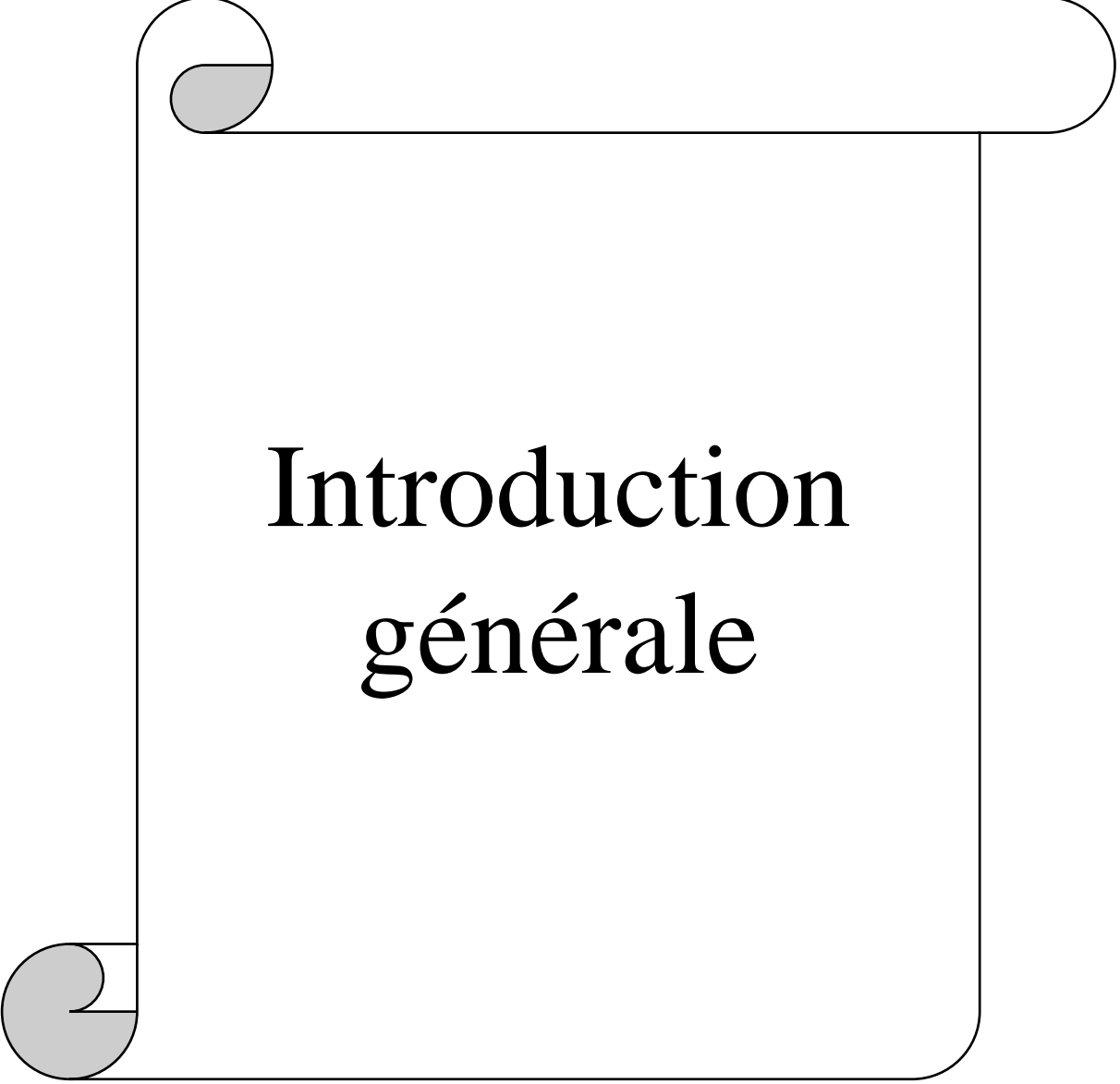
Figure III.1 partie commande.....	37
Figure III.2 schéma de partie charge et décharge sous Isis	38
Figure III.3 schéma sous Isis de capteur tension	39
Figure III.4 schéma de capteur courant sous Isis.....	39
Figure III.5 schéma sous Isis de mesure de température.....	40
Figure III.6 le schéma d'équilibrage sous Isis	41
Figure III.7 schéma ISIS de système gestion batterie.....	42
Figure III.8 typon finale de BMS face avant.....	43
Figure III.9 typon finale de BMS face arrière.....	43
Figure III.10 carte finale de BMS face avant.....	45
Figure III.11 carte finale de BMS face arrière.....	46
Figure III.12 organigramme de BMS.....	46
Figure III.13 organigramme de charge	47
Figure III.14 organigramme de décharge	48
Figure III.15 organigramme d'équilibrage	49
Figure III.16 l'états des MOSFET de charge et décharge	51
Figure III.17 l'effet de température sur les fonction de BMS cas $T > 60$	52
Figure III.18 l'effet de température sur les fonction de BMS cas $T < 60$	53
Figure III.19 signal logique de commutation des MOSFET.....	53
Figure III.20 signal logique de commutation des MOSFET	54
Figure III.21 signale de charge et décharge d'un condensateur.....	54
Figure III.22 la batterie est chargé complètement	55
Figure III.23 la batterie est déchargé complètement	55
Figure III.24 la batterie est demi chargement	56

Liste des tableaux

Tableau I.1 avantages et inconvénients..... 12

Liste d'abréviation

BMS	Battery Management System
Nick	Nickel Cadmium Cobalt
Ah	Ampère Heure
Wh	Watt Heure
SOC	State of Charge
SOH	State of Helth
DOD	Depth of Décharge
Lion-ion	Lithium-ion
LCO	Lithium cobalt
Pb	Plumb
Cd	Cadmium
PIC	Préfirique Interface Controller
CC	Curant Constant
CV	Voltage Constant
CAO	Conception Assisté Par Ordinateur
Vcell	Tension de batterie
T	Température
I	Courant
Q	Capacité d'une batterie
E	L'énergie chimique dégagée pendant le processus de décharge



Introduction générale

Introduction générale

L'accumulateur électrochimique est à ce jour la source d'énergie électrique la plus employée dans les systèmes embarqués portables comme téléphone, ordinateur et les moyens qui fonctionnent par les batteries rechargeables, aussi que dans les véhicules hybrides et électrique, il existe plusieurs technologies de batterie, selon les matériaux les plus répandus, le Nickel et le lithium, les réactions chimiques se produisant dans les cellules doivent nécessairement être surveillées et contrôlées afin de protéger la batterie de dommages allant de perte irréversible de capacité à l'explosion .

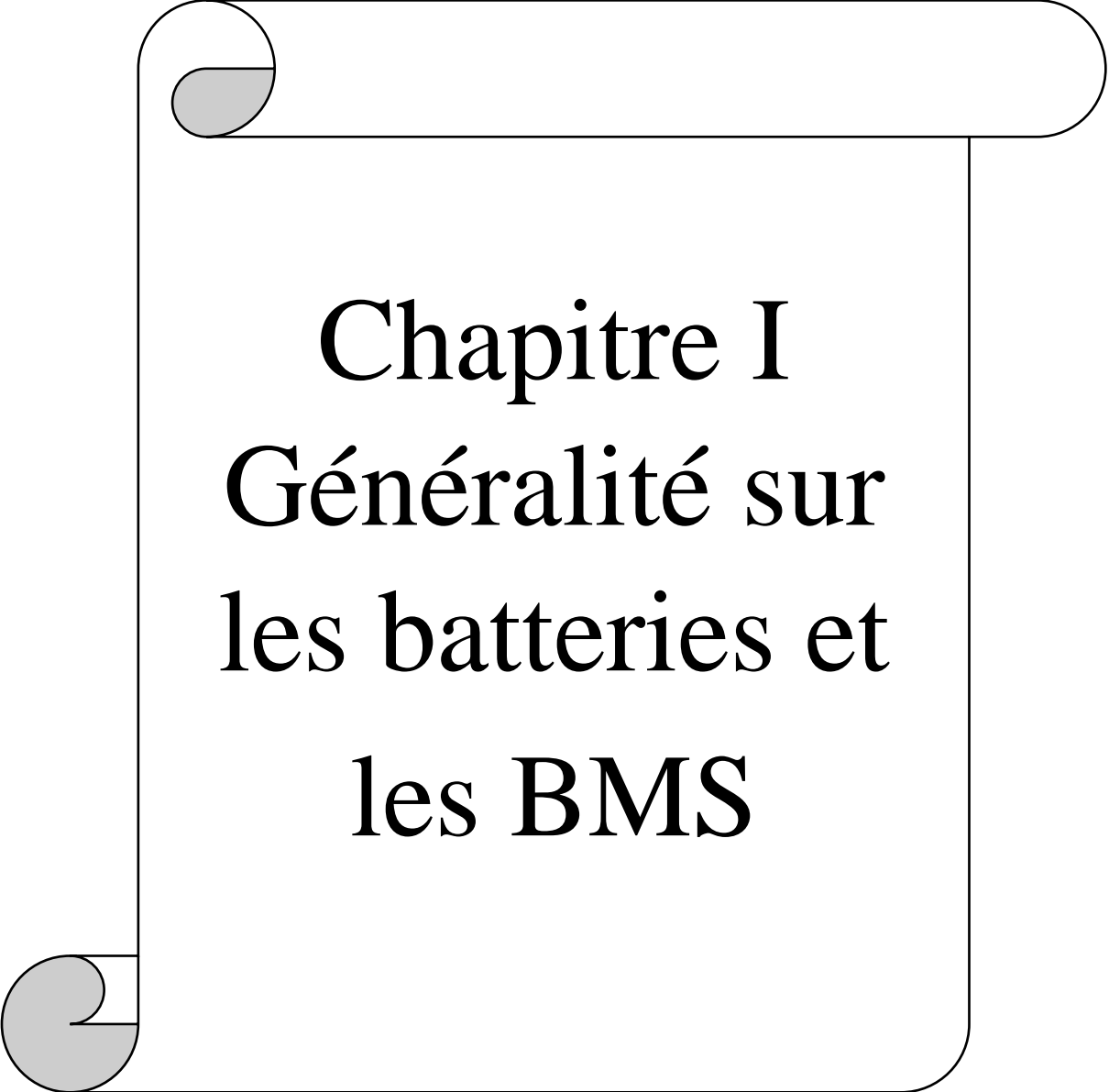
Un système de gestion de la batterie (BMS) est un circuit électronique ayant justement pour fonction principale de protéger les cellules de la batterie sur laquelle il intervient. Pour cela, il mesure la tension, la température et le courant de chaque cellule et s'assure que ces grandeurs physiques restent dans des plages de valeurs sans danger aussi bien pendant les phases de charge que de décharge, de plus un BMS permet d'améliorer la durée de vie et l'autonomie d'un pack de cellules en équilibrant l'état de charge de chacune d'elles, pour ces raisons ce circuit électronique est un élément incontournable des systèmes alimentés par batterie, et de nombreuses innovations et recherches sont actuellement entreprises dans ce domaine.

Le projet s'articule sur trois chapitres :

Le premier chapitre traite le principe de fonctionnement d'un accumulateur, a concentré sur le pack batterie lithium et il décrit certaines caractéristiques de ce dernier et comment fonctionne, aussi parle dans ce chapitre sur la partie soft et hard de système qui gère les opérations des cellules de lithium.

Le deuxième chapitre consacré à la description de circuit de système gestion batterie et les composants électroniques principaux de ce circuit et leurs fonctionnements.

Enfin, on termine par le chapitre de la simulation et réalisation de la carte PCB sous logiciel Proteus et la programmation par le compilateur mikroC.



Chapitre I
Généralité sur
les batteries et
les BMS

*Chapitre I**Généralités sur les batteries et les BMS***I.1 Introduction**

Les systèmes d'accumulation d'énergie ont révolutionné la façon de stockage de l'énergie. De nos jours, ils ont permis une très grande mobilité et indépendance pour les secteurs condamnés auparavant, à être fixe (Télécommunication, instruments de mesure, appareillages médicales...etc.).

De base, une batterie est un dispositif qui convertit de l'énergie chimique, stockée dans ces matériaux actifs, à une énergie électrique par le moyen d'une réaction électrochimique d'oxydoréduction.

Pour la sécurité des batteries, spécifiquement les batteries de lithium on trouve un système qui appelle le système de gestion de la batterie "BMS." Ce dernier garante le processus de charge et la décharge et l'équilibrage entre les cellules.

La première partie de ce chapitre est consacrée à la présentation des batteries et de ses différentes propriétés et caractéristiques. On présentera par la suite les systèmes de stockage d'énergie à base de batterie lithium ; leurs constitutions, les différentes applications utilisant ces systèmes.

La deuxième partie de ce chapitre est consacrée au système gestion batterie. On y présente les différents dispositifs existants et les fonctions les plus répandues dont l'équilibrage de tension, cette dernière fonction étant assurée par le circuit d'équilibrage.

I.2 L'histoire des batteries:

Le premier dispositif produisant du courant électrique par conversion électrochimique fut réalisé par Volta en 1799. Il s'agissait d'une pile constituée de couches successive de Zinc, de tissu humide et de cuivre. L'histoire des accumulateurs commence quant à elle en 1859, lorsque Gaston Plante, invente l'accumulateur au plomb [1].

D'une tension nominale de 1.2 V, la technologie Nick est plus récente dans la conception d'accumulateurs. Née en 1909, et plus performante malgré un effet mémoire marqué (imposant leur stockage dans un état décharge), elle a trouvé sa place dans l'industrie,

(outillage portatif, éclairage de sécurité...), notamment dans les secteurs aéronautique et ferroviaires, et dans les alimentations de secours.

Le travail avant-gardiste sur la batterie au lithium débuta en 1912 avec **G. N. Lewis**, cependant il a fallu attendre jusqu'au début des années 1970 avant la mise sur le marché des premières batteries non-rechargeable au lithium. Les tentatives pour développer les batteries rechargeables au lithium ont suivi pendant les années 1980, cependant celles-ci échouèrent à cause des problèmes reliés à la sécurité [2].

À cause de l'instabilité inhérente du métal lithium, surtout pendant la charge, les recherches ont été réorientées vers une batterie au lithium non-métallique utilisant le lithium ion. Bien que sa densité énergétique soit légèrement plus faible que celle du métal lithium, la Li-ion est sécuritaire pourvu que certaines précautions soient prises pendant la charge et la décharge. En 1991, Sony Corporation a commercialisé la première batterie Li-ion. Les autres fabricants ont suivi par la suite. Aujourd'hui, la batterie de composition chimique Li-ion est la batterie qui connaît l'expansion la plus rapide et qui est la plus prometteuse. La figure I.1 montre l'évolution des batteries au cours du temps [3]

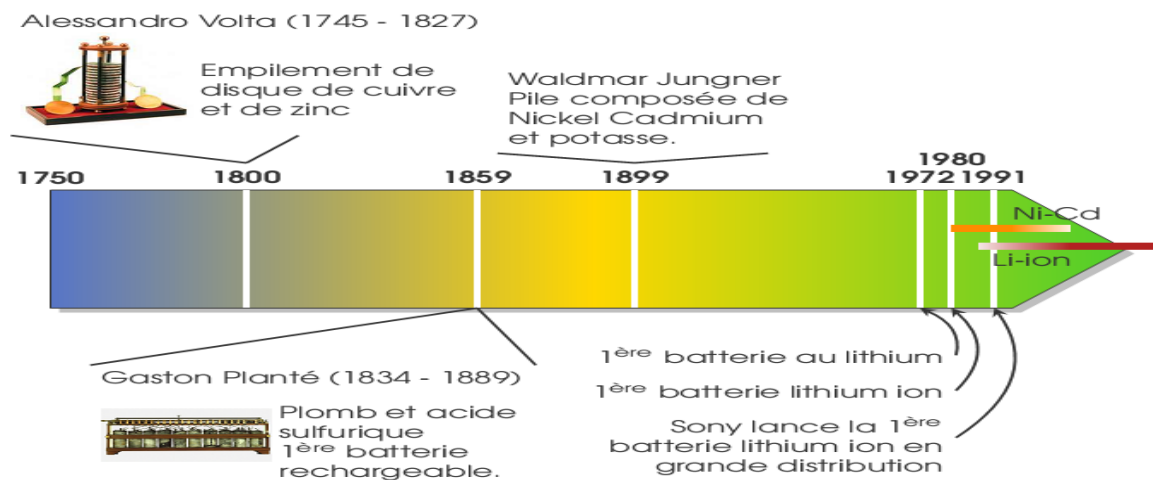


Figure I.1 le développement des batteries au cours du temps [3].

I.3 Caractéristiques électriques

I.3.1 La tension nominale

La tension nominale, exprimée en volt, est fixée par le potentiel de la réaction chimique de chaque élément du couple d'oxydoréduction utilisé [4]. Par exemple, dans le cas d'un accumulateur au lithium-ion la tension nominale (tension opérationnelle) par cellule est de 3.7 volts.

I.3.2 La tension de fin de décharge

A cette tension, l'accumulateur est considéré comme étant déchargé. Généralement, on ne doit pas descendre en dessous de cette tension pour éviter la détérioration de l'accumulateur[4].

Si on prend le cas d'une cellule au lion-ion (3.7 volt) la tension de fin de décharge est environ 2.5 volt.

I.3.3 Le taux-C

Le courant de charge ou de décharge de la batterie d'accumulateurs est mesuré à un taux noté « C ». C'est-à-dire, une batterie d'accumulateurs de capacité 1 Ah peut fournir un courant de 1 A pendant une heure de décharge à un taux 1 C. La même batterie d'accumulateurs déchargée à un taux de 0,5 C fournira un courant de 0.5 A pour deux heures.

A un taux de 2 C, la batterie va délivrer 2 A pendant 30 minutes[6]. Bien que les batteries rechargeables offrent dans l'ensemble de bonnes capacités de chargement, le nombre de cycles (directement lié à la durée de vie de la batterie) est plus élevé si le courant de décharge est maintenu modéré. La figure I.2 montre les pertes de capacité permanentes en utilisant des taux de décharge de 1C, 1.3C et 2C. Le test a été effectué sur une batterie lion-ion [5].

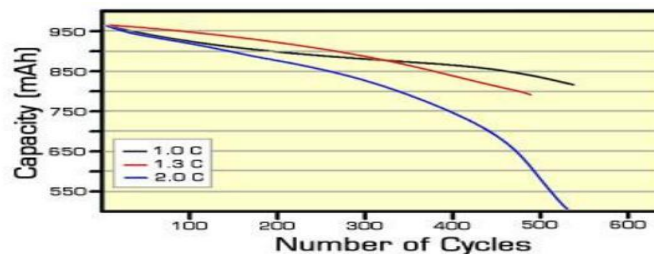


Figure I.2 Cycle de vie d'une batterie Li-ion à différents taux de déchargement [5].

I.3.4 Capacité d'une batterie d'accumulateurs

La capacité représente la quantité maximale d'électricité qu'elle peut fournir. Comme le courant est le nombre d'électrons par unité de temps, la capacité d'une cellule est l'intégrale du courant $I(t)$ fournit par la batterie.

La capacité est mesurée en ampères-heures (Ah) et elle exprimée par l'équation suivante:

$$Q = \int_{t_0}^t I(t)dt \quad (1)$$

D'autre part, la capacité est proportionnelle au volume de la batterie. A titre d'indication [4] :

$$\begin{cases} 1Ah = 1000mAh = 3600coulomb \\ 1coulomb = \frac{1Ah}{3600} = 0,278mAh \end{cases} \quad (2)$$

I.3.5 l'énergie

L'énergie chimique dégagée pendant le processus de décharge est transformée en énergie électrique. Elle dépend de la tension et de la charge stockée. L'unité de mesure est généralement exprimée en joule ou en wattheure (*Wh*) et elle est définie par l'équation suivante :

$$E = \int_{t_0}^t V(t)I(t)dt \quad (3)$$

$V(t)$ représente la tension terminale aux bornes de l'accumulateur et $I(t)$ le courant de l'accumulateur [4].

I.3.6 État de santé

L'état de santé (« State of Health » - SOH) d'une cellule correspond au rapport de sa capacité réelle [Ah] à un état de vieillissement donné par rapport à sa capacité nominale [Ah]. En début de vie, le SOH est donc de 100 % [7].

$$SOH[\%] = \frac{\text{Capacité maximale dans l'état de vieillissement actuel [Ah]}}{\text{Capacité nominale [Ah]}} \cdot 100 \quad (4)$$

I.3.7 État de charge (SOC)

L'état de charge (« State of Charge » SOC) d'une cellule est défini comme le rapport entre la quantité de charge contenue dans l'accumulateur à un instant donné et la quantité de charge maximale qu'il peut contenir. Pour cette étude, le SOC est défini par rapport à l'état de vieillissement en cours de la cellule.

$$SOC[\%] = \frac{\text{capacité charge à l'instant } t \text{ [Ah]}}{\text{capacité maximal dans l'état de vieillissement actuel [Ah]}} * 100 = \frac{\text{capacité charge à l'instant } t \text{ [Ah]}}{\text{capacité nominal [Ah]} * \frac{SOH[\%]}{100}} * 100 \quad (5)$$

La capacité réellement disponible à un instant donné est donc :

$$\text{Capacité chargée à l'instant } t \text{ [Ah]} = \frac{SOC[\%]}{100} * \frac{SOH[\%]}{100} * \text{capacité nominal [Ah]} \quad (6)$$

La grandeur complémentaire de l'état de charge est également fréquemment rencontrée, nommée « profondeur de décharge » (« depth of discharge » DOD). Un SOC à 100 % correspond à une DOD à 0 %. Inversement une DOD à 100 % correspond à un SOC à 0 %. La DOD est souvent employée pour qualifier des cycles de décharge. Par exemple, une cellule cyclée avec des cycles à 80 % de DOD est ainsi déchargée de 100 % à 20 % de SOC, puis rechargée de 20 % à 100 % de SOC [7].

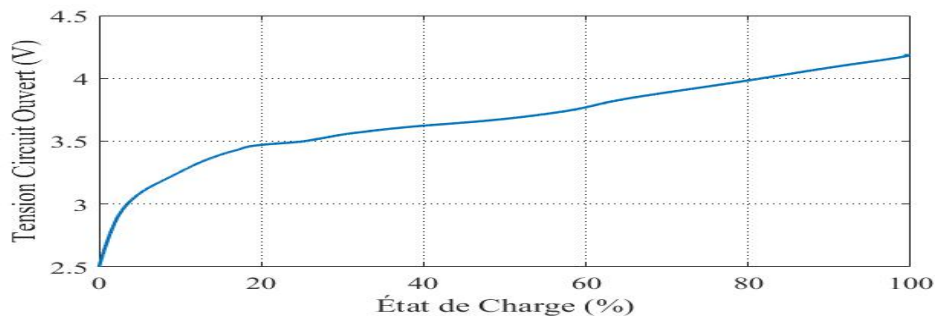


Figure I.3 l'états de charge d'une batterie lithium [7].

I.4 Les types de batteries

On peut classer les batteries en deux catégories selon les caractéristiques de chaque type : les cellules primaires et les cellules secondaires.

I.4.1 Les cellules primaires

Une cellule primaire n'est pas rechargeable. Elle est remplie d'une variété de produits chimiques qui ont une réaction irréversible, ce qui signifie que quand la réaction chimique est épuisée, la batterie est morte [8].

I.4.2 Les cellules secondaires

Elles sont rechargeables et sont appelées accumulateurs. Les batteries secondaires sont essentiellement divisées en deux catégories : batterie à cellule humide et batterie à cellule sèche. Un exemple de cellule humide est la batterie plomb acide. Comme exemple de batteries sèches : li-ion (Lithium Ion) [8].



a) cellules primaires



b) cellules secondaires

Figure I.4 modèle des cellules [8].

I.5 Les batteries au lithium

Les batteries au lithium ont toujours été considérées avec beaucoup d'intérêt, non seulement parce que le lithium est le plus léger des métaux mais aussi parce qu'il dispose d'un fort potentiel électrochimique, qui le conduit à se transformer très facilement en ion Li^+ [9].

Pour le moment, la majorité du marché porte essentiellement sur l'électronique portable, s'est-il- dire sur des systèmes de faible puissance (téléphonie mobile, ordinateurs portables...), mais dont la durée d'autonomie doit être la plus longue possible. Néanmoins, la production s'est diversifiée depuis 1991, et dans cette gamme de puissance, on fabrique désormais ces accumulateurs sous formes bouton, cylindrique ou prismatique [10].

I.5.1 Principe de fonctionnement

Une batterie (ou accumulateur) peut stocker et accumuler l'énergie électrique pour la restituer. Elle peut donc se charger et se décharger, selon des opérations réversibles. Une pile électrique fournit l'électricité à un circuit extérieur jusqu'à l'épuisement de son potentiel.

Lorsqu'une industrie fabrique une batterie Li-ion, elle assemble d'abord une batterie déchargée comme le montre la figure suivante[11] :

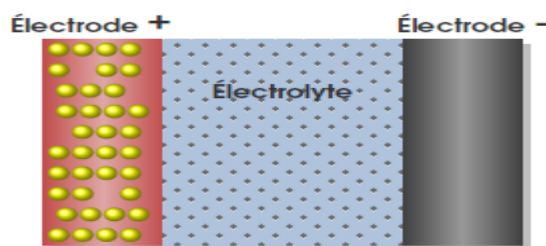


Figure I.5 : Batterie déchargée (état initial) [11].

I.5.1.1 Le processus de chargement

L'accumulateur est chargé par un courant constant, ce qui va causer le déplacement des électrons de l'anode (borne positive dans ce cas) vers la cathode (borne négative) [12]. Le processus est arrêté lorsque la cathode atteindra un excès d'électrons et l'anode un manque d'électrons. La figure I.7 illustre le processus de charge d'une cellule électrochimique.

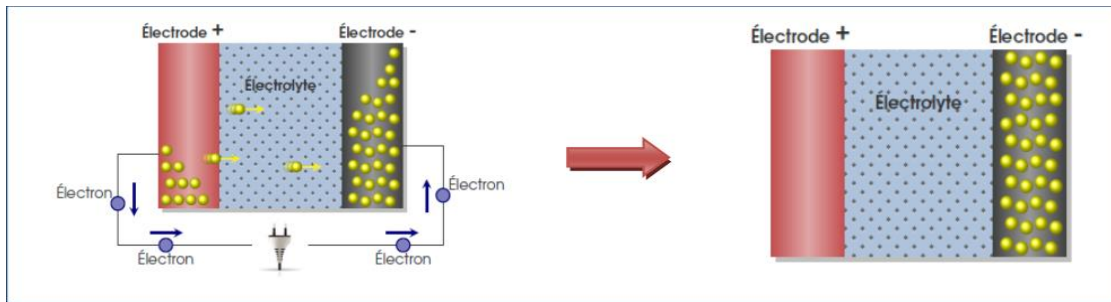


Figure I.6 le processus de charge d'une cellule électrochimique (lithium) [11].

Le processus de chargement s'effectue généralement en deux étapes :

- La première étape se réalise avec un courant limité équivalent à $C/2$ à $1C$ (« C » est la capacité de la batterie). Cette étape permet une charge rapide d'environ 80% ;
- La deuxième étape s'effectue avec une tension constante et des valeurs des courants décroissantes afin de se rapprocher de 100% de charge environ deux heures ou plus. La recharge se termine lorsque le courant de recharge chute en dessous d'une valeur appelée « courant de fin de charge ».

Généralement, la tension de fin de charge des batteries lion-ion peut être de l'ordre de 4,2V. Les batteries lion-ion sont très sensibles à la surcharge, elles demandent toujours une protection lorsqu'elles sont connectées en série (batterie d'un ordinateur portable, alimentation d'une perceuse etc.)

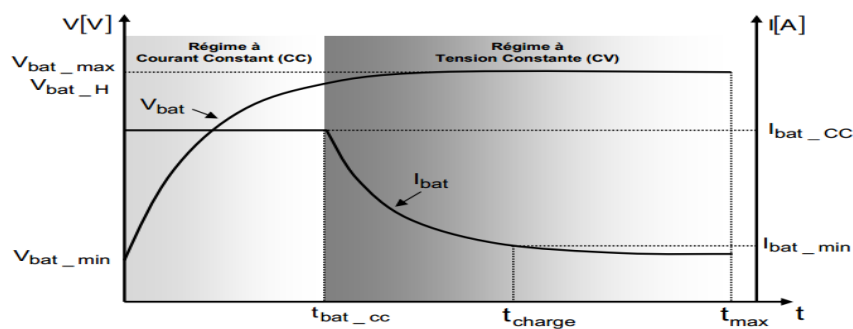


Figure I.7 les phases de charge d'une cellule lithuim [11].

I.5.1.2 Processus de décharge

La décharge est le processus inverse de la charge. Quand l'accumulateur est complètement chargé, l'anode possède un surplus d'électrons et la cathode un manque d'électrons. Le déplacement des électrons à travers une charge, connectée entre les deux électrodes, va créer ainsi le courant comme le montre la figure I.9.

Lorsque les deux électrodes auront le même nombre d'électrons, l'accumulateur ne débitera plus de courant, ce qui indique la fin de la décharge [12].

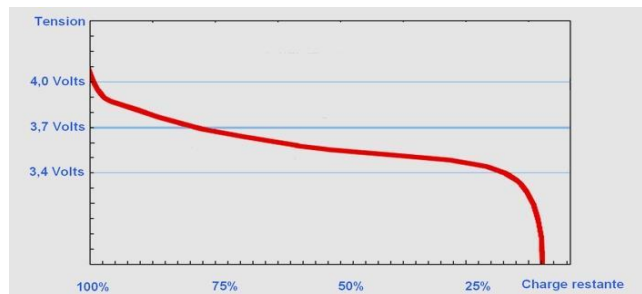
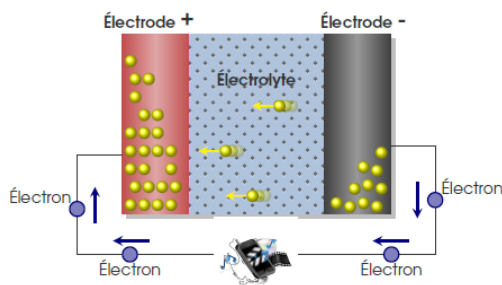


Figure I.8. Batterie en décharge [11].

Figure I.9 le processus de décharge [12].

I.5.2 Formats des cellules de lithium

Il existe trois formats répandus de cellules au lithium dans le monde. La Figure I.11 montre ces trois formats.

A) Cylindrique : Les électrodes sont encapsulées dans un petit cylindre métallique et sont enroulées séparées par un isolant. Les pôles situés à chaque extrémité doivent être soudés à l'assemblage. Ce format est le plus fabriqué (Voir Figure I.11a) [13].

B) Prismatique : Les électrodes sont enroulées dans un contenant prismatique de plastique ou de métal. Disponibles en petit et grand format (Voir Figure I.11b) [13].

C) Pochette : Les électrodes sont enveloppées dans un sac flexible et sont superposées les unes sur les autres séparées d'un isolant. Les pôles aux sont situés à l'extrémité du sac. Nécessite des composants externes afin de la tenir fermement en place et de la protéger (Voir Figure I.11c) [13].

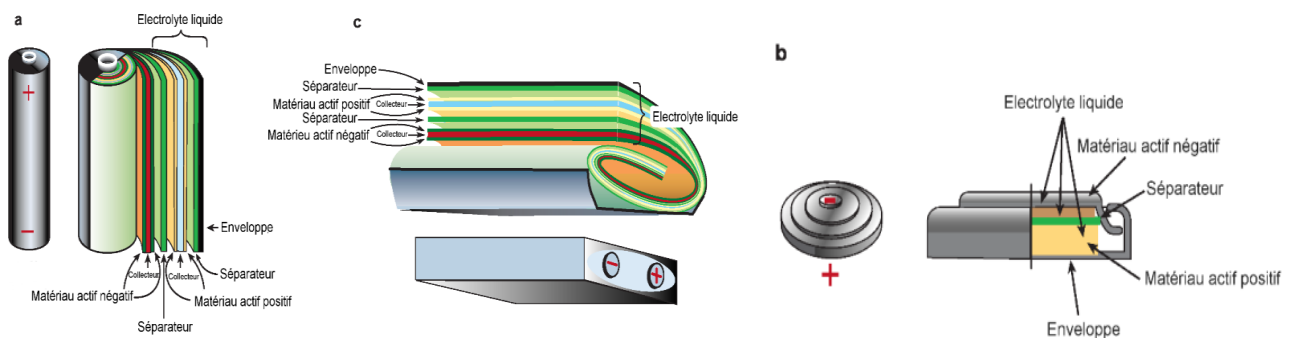


Figure I.10 (a, b, c) les formats des cellules [32].

I.5.3 Agencement des cellules entre elles

Les cellules sont rarement utilisées seules, sauf dans des applications portables de basse puissance, il est donc nécessaire d'agencer les cellules en série et parallèle afin d'augmenter la tension, le courant et la puissance nominale. Un assemblage de plusieurs cellules est communément appelé une batterie [14].

A) Connexion en série

Certains appareils nécessitent des voltages plus élevés que ceux proposés par une cellule unique. Afin d'y parvenir, la solution consiste à connecter plusieurs cellules en série comme nous pouvons le voir dans la Figure I.12 ci-dessous. Dans ce cas, la borne positive de la première cellule est connectée à la borne négative de la cellule suivante, et ainsi de suite [14].



Figure I.11 : mise en série des cellules [14].

B) Connexion en parallèle

Certains appareils peuvent nécessiter des courants plus importants. Si des cellules plus grandes ne sont pas disponibles, il est possible d'en connecter plusieurs en parallèle afin de parvenir aux performances souhaitées. La plupart des chimies permettent les configurations en parallèle. Cette configuration est présentée dans la figure I.13. Ici, les bornes positives sont reliées entre elles, il en va de même pour les bornes négatives [14].

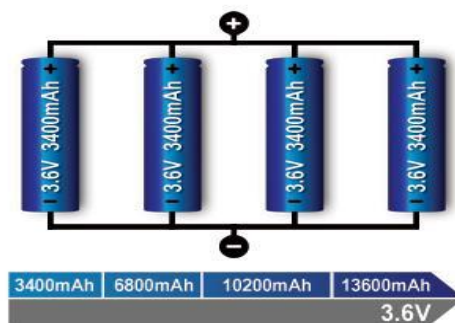


Figure I.12 : mise en parallèle des cellules [14].

C) Configuration série/parallèle

Pour un voltage élevé et une capacité importante. Une configuration en série et parallèle est donc nécessaire [14].

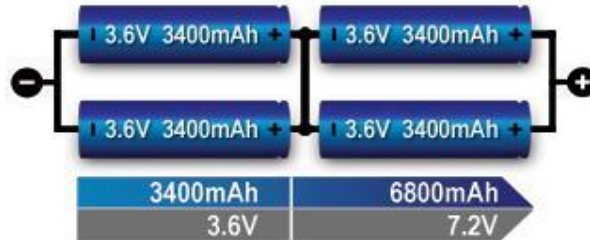


Figure I.13 : mise en série et parallèle des cellules. [14].

I.5.4 Les Avantages et les Inconvénients des accumulateurs lithium-ion

Avantages	Inconvénients
Densité énergétique élevée	Problème de sécurité – risque d’explosion en cas d’empilement thermique
Cycle de vie important	Déchargement à haut température
Voltages élevés	Les batteries LCO ne peuvent pas être déchargés excessives
Vitesse de chargement et de déchargement élevées	Nécessite des protection contre les surcharges ou décharges excessives
Résistance interne faible	Sujettes au vieillissement
Auto – déchargement assez faible	Pas de recharge rapide sous 0°C
Pas de condition particulières lors de la première utilisation ni de maintenance nécessaire	Coût de production élevés
Pas d’effet mémoire	
Gamme de température de fonctionnement étendue	
Absence de métaux lourds par rapport à d’autres types de batteries (Pb, Hg, Cd,...)	
Légèreté	

Tableau I.1. Avantages et inconvénients.

I.6 Système de gestion de la batterie

En anglais « **Battery Management System** », un BMS est tout simplement un organe de sécurité « intelligent », est un ensemble de circuits et de composants électriques qui est associé au fonctionnement de la batterie, permettant de protéger une batterie ou un ensemble d'accumulateurs, contre des circonstances potentiellement dommageables, à plus ou moins long terme. Cette protection est d'ailleurs multiple, car les BMS protègent de plusieurs choses à la fois, avec de base, des protections contre tout ce qui est surtension, sous-tension, et surintensité [15].

Un BMS peut effectuer plusieurs opérations comme la détermination de l'état de la batterie, la gestion électrique, la gestion de la sécurité, etc. En résumé, les caractéristiques d'un BMS sont dépendantes de l'application. En général, les fonctionnalités du BMS peuvent être découpées en tâches suivantes [16] :

- Acquisition de données ;
- Gestion électrique ;
- Gestion de la sécurité ;
- Gestion thermique ;
- Détermination de l'état de la batterie ;
- Communication ;

Ces fonctions ont pour principaux objectifs, de protéger les batteries de tous les dommages éventuels, de prolonger la durée de vie de ces éléments, et de veiller à maintenir la batterie à un niveau de fonctionnement optimal.

Un BMS peut être schématisé les blocs essentiels par la figure I.16

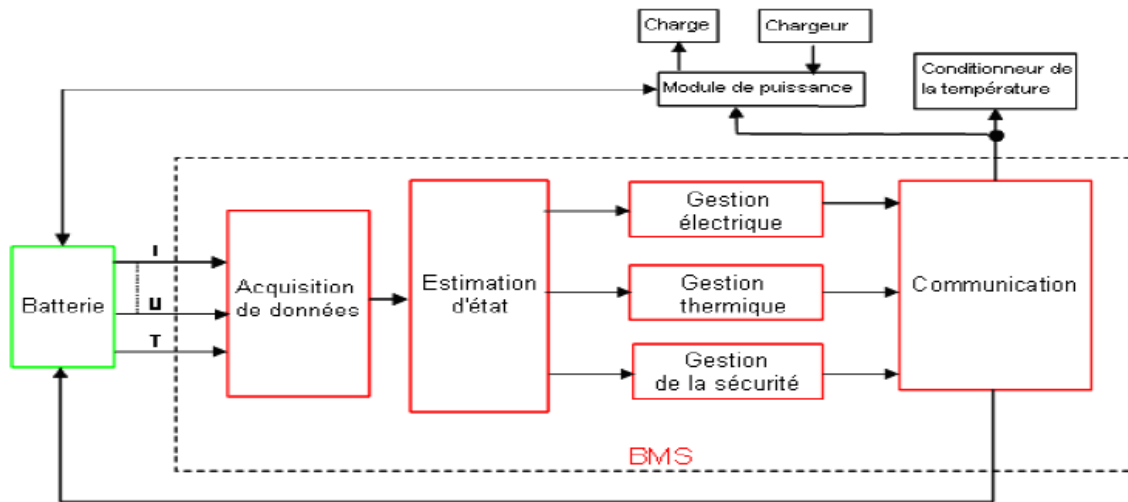


Figure I.14 schéma block d'un BMS [16].

I.6.1 La partie hardware et software d'un BMS

Un BMS est constitué essentiellement de deux parties : une partie hardware (électronique) et une partie software (logiciel) [17].

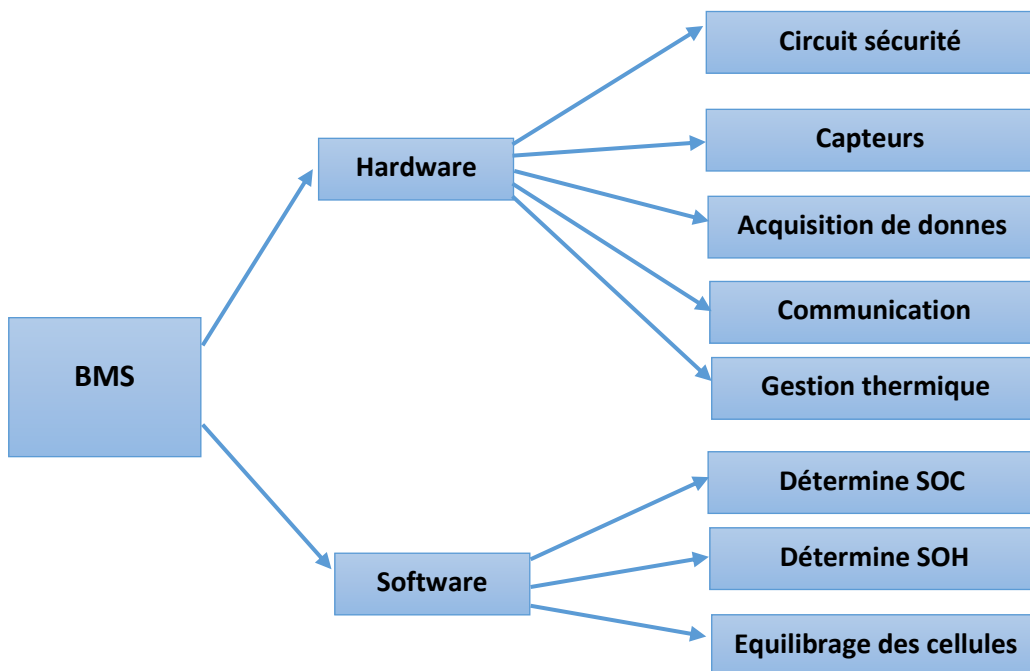


Figure I.15 la partie hard et soft d'un BMS.

I.6.1.2 Hardware

a) sécurisation des cellules

Pour garantir une bonne durée de vie du système, le BMS doit en premier lieu pouvoir surveiller les grandeurs qui sont préjudiciables aux cellules qui composent la batterie. Si les seuils de ces grandeurs sont atteints, le BMS doit pouvoir indiquer au système utilisant la batterie, que cette dernière ne doit plus être utilisée. Si cette dernière est toujours utilisée, le BMS doit pouvoir isoler électriquement la batterie pour stopper son fonctionnement. Pour ce qui est des seuils, les événements à éviter sont les suivants :

- Une forte température (60 °C pour les batteries Li-ion),
- Un trop fort courant,
- Une trop faible tension (2,5 V pour les batteries Li-ion),
- Une trop forte tension de charge (par exemple 4,2 V Lio-ion) [18].

b) Les capteurs

Ce system constitué de différents capteurs pour surveiller et mesurer les paramètres de la batterie qui sont : la tension et la température de chaque cellule et le courant de la batterie [17].

c) Acquisition des données

Les algorithmes de gestion ont besoin d'un certain nombre de données mesurées (courants, tensions, température,...) pour contrôler les processus de charge et de décharge[19].

d) Gestion électrique

La gestion électrique est très importante, car elle permet de protéger les éléments d'un pack de batterie. En effet, on parle souvent de pack de batterie ayant des tensions élevées de plusieurs centaines de volts, un pack est formé de plusieurs modules. Les modules sont eux-mêmes composés d'un certain nombre de cellules (éléments) qui sont reliées en série ou en parallèle. L'assemblage en série permet d'accroître la différence de potentiel et donc de disposer de plus de puissance, et l'assemblage en parallèle permet d'augmenter la capacité. Seulement, il faut bien gérer l'équilibrage d'une cellule à l'autre. La gestion électrique permet d'équilibrer la tension et l'état de charge des éléments du système afin de prévenir des

surcharges ou des sur décharges entre cellules dans un module ou un pack, afin de délivrer plus de puissance ou plus d'énergie. L'équilibrage est plus ou moins facile à gérer, car cela nécessite de bien connaître les caractéristiques techniques de la technologie Lion-ion utilisée [20].

e) Gestion thermique

La gestion thermique d'un pack batterie est un aspect essentiel dans son développement. En effet, malgré le faible niveau des pertes par auto-échauffement de la technologie Lion-ion, la dissipation à hautes températures peut limiter ses performances. Le fonctionnement à haute température peut causer un vieillissement prématuré des batteries à travers des phénomènes irréversibles et même parfois des problèmes de sécurité. Aux températures basses, le pack batterie doit être réchauffé pour garantir son bon fonctionnement.

Dans tous les cas, l'air libre est rarement utilisé pour le refroidissement des batteries. Leur gestion thermique est souvent assurée par des circulations de liquides caloporteurs et par des échangeurs thermiques.

Pour toutes ces raisons, le système BMS doit inclure un système de gestion thermique afin de préserver les performances des batteries et donc optimiser leur durée de vie [21].

f) Communication

Concernant la communication, un BMS utilise des signaux numériques pour informer le système sur l'état du pack batterie. Ces signaux on/off indiquent les défauts, les alarmes et signalent l'activation de certaines fonctions comme la charge ou la décharge. Dans une configuration plus complexe, l'unité maître du BMS communique avec le système général via une liaison de données. Cette dernière peut être exclusive ou utiliser un protocole normalisé tel que les liaisons RS232, RS485, Ethernet, USB et Bus CAN.

Ce dernier est fréquemment utilisé pour des applications industrielles [22].

I.6.1.3 Software

La partie software est le cœur de tout système BMS, car elle contrôle toutes les opérations hardware et analyse les données des capteurs qui vont l'aider à prendre les décisions nécessaires et faire l'estimation des différents états de la batterie [5].

a) L'estimation l'état de charge

La modélisation de la batterie Lion-ion n'est pas une tâche facile car celle-ci s'apparente à un système complexe basé sur des interactions entre différents domaines tels que la physique, l'électrochimie et la thermique. Par ailleurs, plusieurs modèles ont été proposés dans la littérature pour représenter une batterie, estimer ses états (état de charge, état de santé, etc.).

L'état de la batterie peut être décrit par les deux paramètres SOC et SOH [23]. Ces deux paramètres influencent les paramètres internes de la batterie (résistance interne, capacité de stockage, tension à vide...) comme le montre la figure I.18.

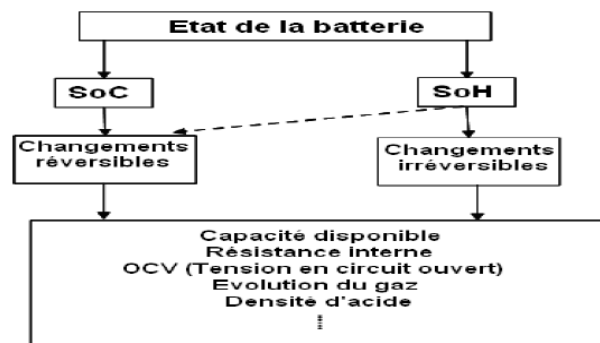


Figure I.16: Flux d'état de la batterie [23].

b) L'équilibrage des cellules

Une fonction importante du système de gestion de batterie est l'équilibrage de la tension des cellules dans une batterie. Toutes les cellules n'ont pas les mêmes caractéristiques internes et elles ne vont pas se recharger au même rythme. Pour obtenir le plein potentiel de la batterie, chaque cellule doit être rechargée à la même tension. L'équilibrage se fait généralement de deux façons, soit lorsque l'état de charge est bas ou que l'état de charge est haut. Voici les deux méthodes d'équilibrage existantes pour transférer l'énergie des cellules [24].

b.1) L'équilibrage passif

Cette méthode d'équilibrage de la charge des cellules est la plus simple : on place en parallèle de chaque cellule un interrupteur commandé, souvent un MOSFET, et une charge résistive (Figure I.19). A l'aide d'un circuit comparateur et d'un multiplexeur, on mesure les tensions des cellules et on ferme les interrupteurs des cellules dont la tension est la plus haute

afin qu'elles se déchargent dans les résistances. Les MOSFET sont pilotés soit par un microcontrôleur, soit par le circuit comparateur [25].

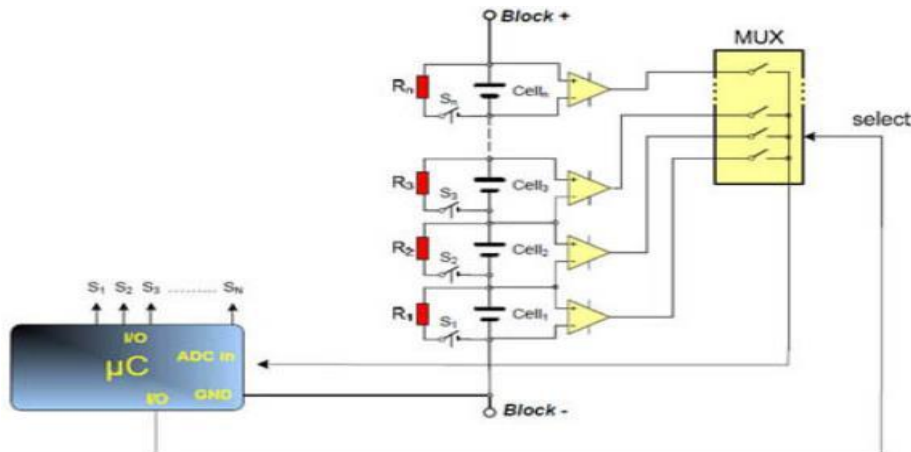


Figure I.17 : Circuit de l'équilibrage passif avec microcontrôleur et multiplexeur [25].

On peut utiliser un tel circuit pendant la charge et la décharge de la batterie, mais pendant la décharge ce n'est pas conseillé car l'énergie retirée aux cellules les plus chargées est dissipé par effet joule donc perdue. On utilise surtout cette méthode pendant la charge, afin que toutes les cellules soient toutes à 100% de SOC lorsque le processus est terminé.

b.2) L'équilibrage active

L'équilibrage actif, contrairement au passif où il est toujours question de dissipation de l'énergie dans une résistance, dispose de plusieurs variantes. Il existe en effet différents composants capables de stocker de l'énergie électrique puis de la remettre à disposition : condensateurs, inductances, transformateurs... Afin d'équilibrer les charges, le surplus énergétique des cellules les plus chargées va être stocké dans l'un de ces composants, puis distribué aux cellules les moins chargées. Ces composants sont donc des intermédiaires indispensables. Nous allons étudier les différents circuits de l'équilibrage actif en fonction du type de composant utilisé pour le stockage de l'énergie [25].

b.2.1) Circuit capacitif

Ce type de circuit utilise plusieurs condensateurs que l'on va alternativement brancher en parallèle avec les cellules contenant le plus d'énergie, puis avec celles qui sont le moins chargées. Il existe une version où seules les cellules adjacentes peuvent s'échanger de l'énergie [26] :

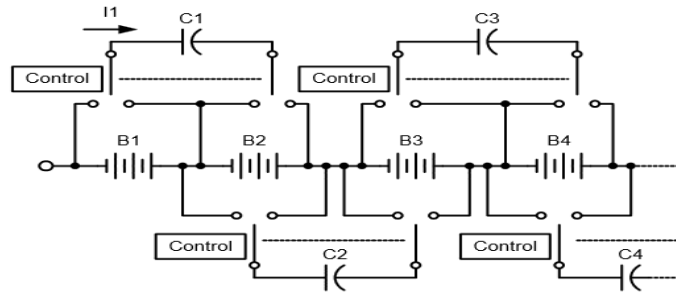


Figure I.18 : l'équilibrage capacitif entre cellules adjacentes [26].

Si on souhaite transférer de l'énergie entre deux cellules éloignées, il faut pour cela passer par toutes les cellules intermédiaires. Si B1 est presque vide et que B4 est encore bien chargée, B4 va devoir se décharger dans B3 via C3, puis B3 dans B2 via C2, puis B2 dans B1 afin de recharger B1. Cela entraîne des pertes importantes et demande du temps, en plus de n'être efficace que lorsque la différence de tension entre cellules est élevée.

Il existe une variante de circuit capacitif n'utilisant qu'un seul condensateur et une matrice d'interrupteurs afin d'équilibrer chaque cellule directement, sans passer par les cellules adjacentes. Ce circuit peut donc équilibrer plus rapidement deux cellules éloignées, mais il nécessite un contrôle complexe des interrupteurs et a toujours un problème d'efficacité lorsque les tensions de cellules sont proches.

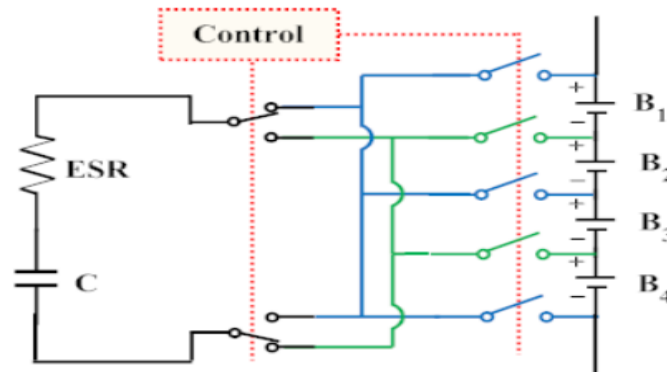


Figure I.19: l'équilibrage capacitif à condensateur unique [26].

b.2.2) circuit inductif

Dans ce type de circuit, on transfère l'énergie d'une cellule ou d'un pack de cellules dans une bobine ou un transformateur (Figure I.22), puis on décharge cette énergie dans une autre cellule. L'énergie électrique est stockée sous forme de flux magnétique dans les enroulements de l'inductance. On utilise toujours pour cela des interrupteurs commandés. Le

temps d'équilibrage est diminué par rapport aux circuits capacitifs du fait des courants plus élevés admis par les inductances. [27].

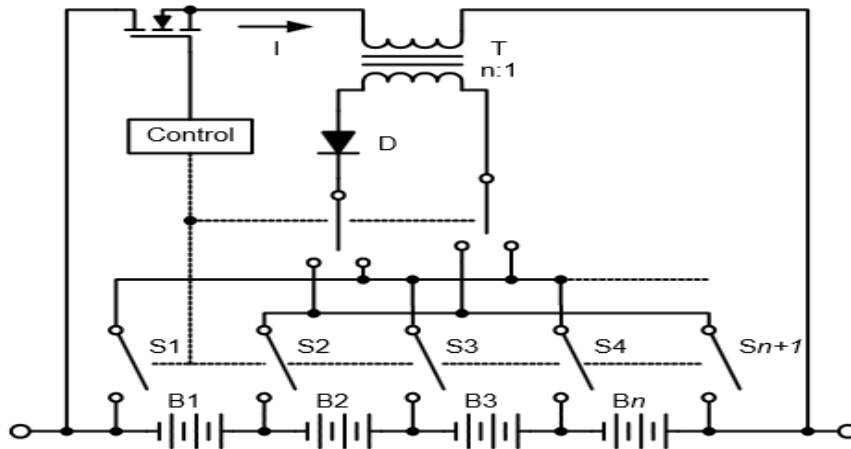


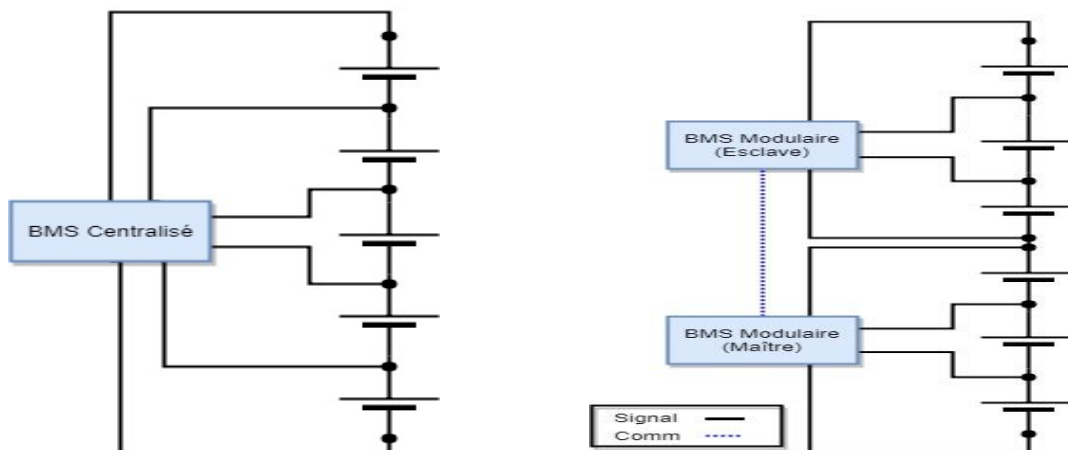
Figure I.20 : l'équilibrage inductif à transformateur unique [27].

I.6.2 Topologies d'un BMS

Il existe quatre topologies principales de BMS, dépendant de l'architecture et de la complexité de la batterie.

a) BMS centralisé

Le BMS centralisé, illustré à la Figure I.23, est constitué d'une seule unité de contrôle qui prend la mesure de tension de chaque cellule, le courant de sortie de la batterie et exécute les algorithmes d'estimation. Sa simplicité est adéquate pour les batteries de petite taille, mais le câblage peut devenir très complexe lorsque le nombre des cellules augmente. [28].



(a) Topologie de BMS Centralisé

(b) Topologie de BMS Modulaire

Figure I.21 topologie d'un BMS [28].

a) BMS modulaire

Le BMS modulaire, illustré à la Figure I.23b, est similaire au BMS centralisé sauf que celui utilise plusieurs unités de contrôle. Les circuits utilisés sont les mêmes et l'un d'eux est désigné comme maître. Dans la majorité des situations, le maître exécute les fonctions de gestion du bloc en plus des fonctions de lecture des cellules qui lui sont attribuées. La complexité est réduite, car chaque module peut être placé près de batterie. [29].

b) BMS Maître-Esclaves

Le BMS Maître-Esclaves, illustré à la Figure I.26, est composé de deux circuits électroniques distincts qui ont chacun des fonctions différentes. Le circuit maître reçoit les données de chacun des esclaves, ce qui lui donne une vision globale de la batterie. Le circuit esclave est plutôt dédié à l'acquisition des données et le traitement de base de celles-ci. Situé près des cellules, il permet d'acquérir les valeurs de tension et de température pour un lot de cellules. Le nombre de cellules surveillées par le circuit esclave est variable selon le design du module physique sur lequel le circuit est installé. [32].

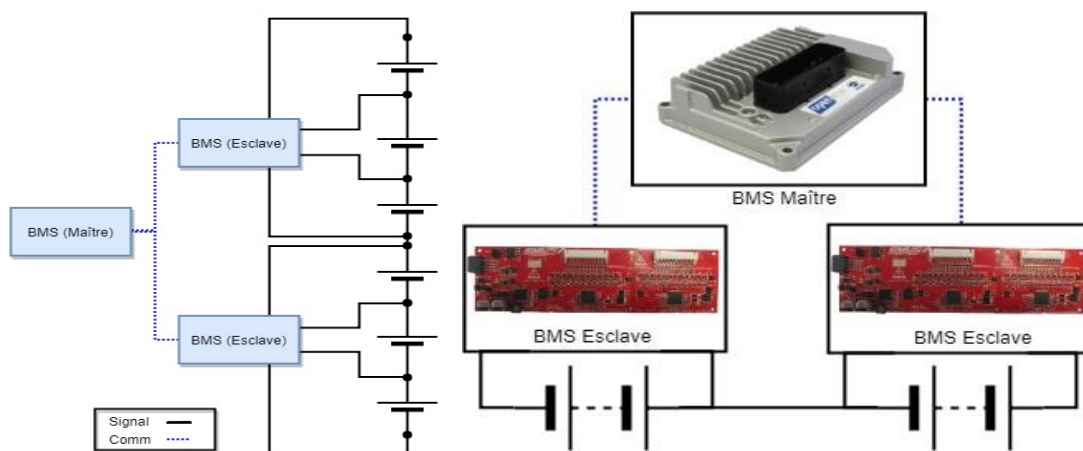


Figure I.22 schéma BMS Maître-Esclave [30].

c) BMS Distribué

Le BMS distribué, illustré à la Figure I.25, est une architecture modulaire ressemblant à l'architecture maître-esclave mais offrant encore plus de flexibilité. Cette topologie propose des circuits de mesure de tension et température pour une cellule seulement. Chacun de ces circuits communiquent les mesures recueillies à une unité maître qui s'acquittera de la tâche de calcul tel que l'état de charge et l'état de santé. [30]

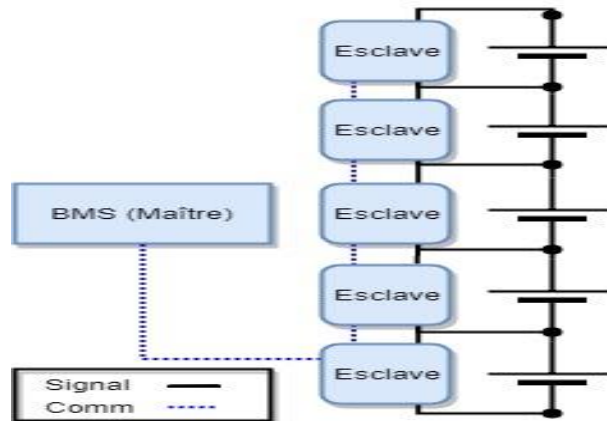


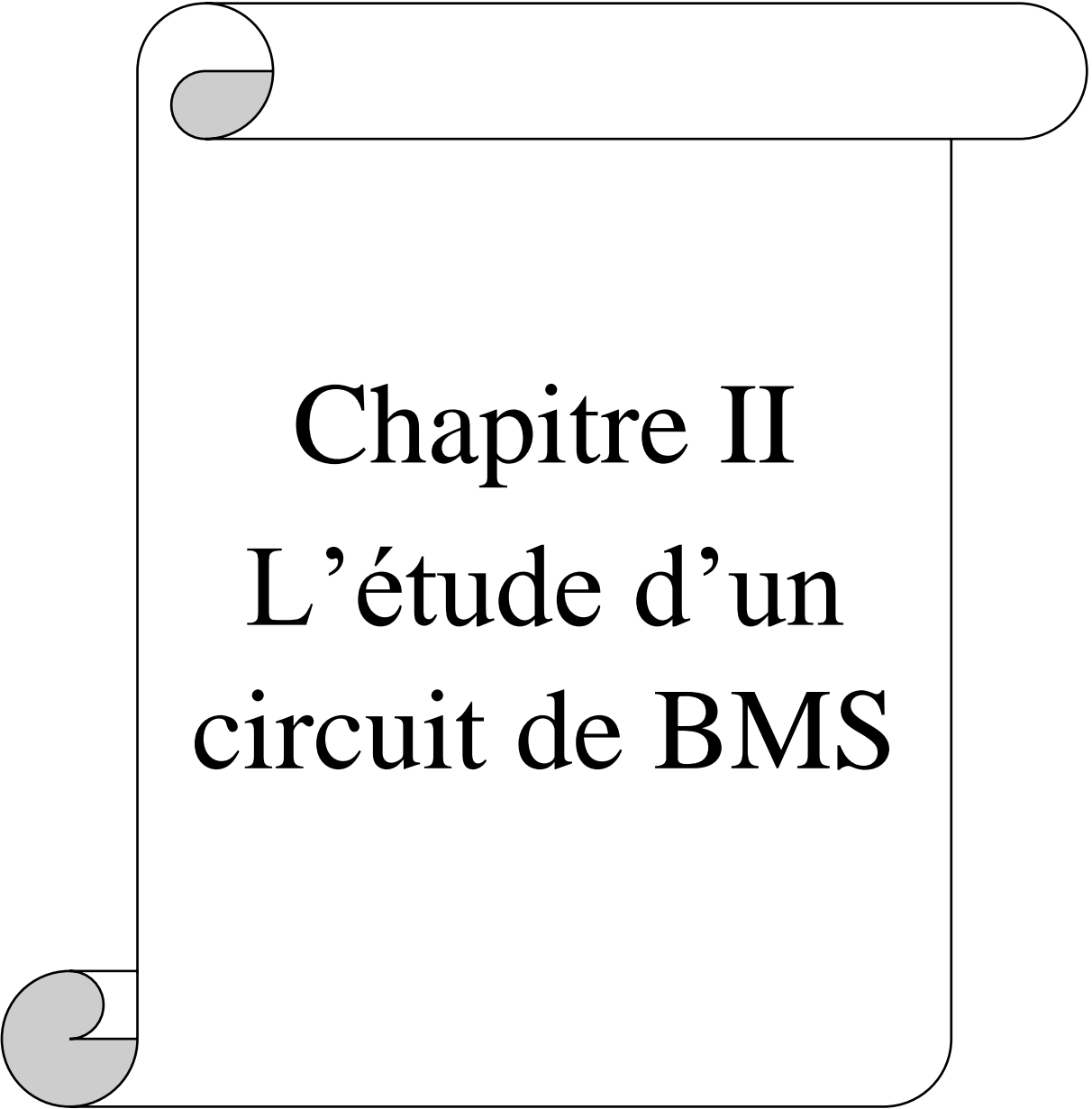
Figure I.23 schéma électrique d'un BMS distribué [30].



Figure I.24 exemple d'un BMS distribué [30].

I.7 Conclusion :

Dans ce chapitre, on s'intéresse au système de gestion des batteries qui représente une entité indispensable pour la technologie Li-Ion. On a aussi présenté ses principales fonctionnalités. Comme nous venons de le souligner, quel que soit le mode de fonctionnement, le BMS doit inclure une fonction capable de déterminer de manière précise l'état de charge du pack batterie.



Chapitre II

L'étude d'un circuit de BMS

Chapitre II

L'étude d'un circuit de BMS

II.1 Introduction

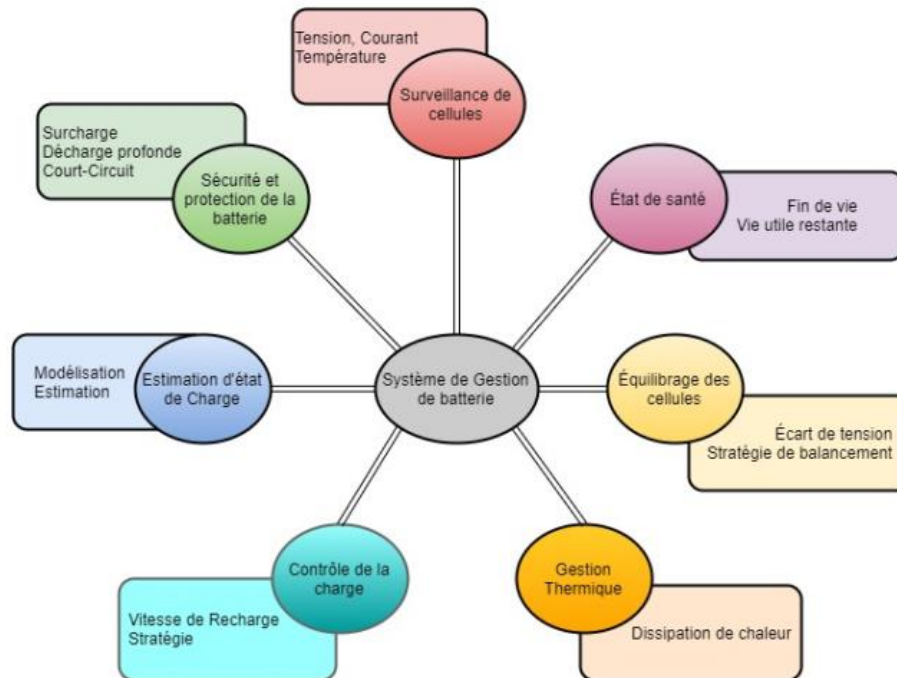
Le livrable de ce projet sera un système de gestion de batterie conçu spécifiquement pour un moteur électrique. Ce système supervisera la charge et la décharge de la batterie afin de l'utiliser de manière optimale. Il s'occupera aussi du processus d'équilibrage entre les cellules de Li-Ion afin d'éviter la détérioration prématurée de la batterie. Le système détectera aussi les anomalies provenant de la batterie, par exemple : la surtension, une charge trop basse ainsi qu'une température trop élevée. Il entreprendra alors différentes actions afin de remédier à ces anomalies et garantir la sécurité de l'utilisateur [31].

Durant ce chapitre, nous exprimerons les fonctions de BMS et le type utilisé et les blocs qui constituent de ce circuit.

II.2 Les fonctions d'un circuit de système de gestion de la batterie

Le BMS permet les fonctions suivantes :

- ✓ Gérer la charge de la batterie ;
- ✓ Gérer la décharge des cellules de la batterie pour alimenter le moteur ;
- ✓ Gérer l'équilibrage entre les cellules ;
- ✓ Assurer la sécurité du pack batterie ;
- ✓ Déterminer les états de charge et la décharge ;



FigureII.1 les fonctions assure par le BMS [30].

II.3 La topologie de système gestion batterie utilisé

Dans notre projet, on utilise le système de gestion central est axé principalement sur un cerveau (**PIC18f452**) qui exécute toutes les actions nécessaires. Il reçoit directement les informations sur la tension et la température des cellules, en fonction des quelles il réagit. C'est un système assez abordable, simple à concevoir, mais qui nécessite un grand nombre de fils rejoignant le cerveau à la batterie .

II.4 Technique de charge des cellules de notre circuit BMS

Les techniques de charge qui sont programmés dans un microcontrôleur assurant une bonne recharge, on cite parmi les plus importants ; charge à courant constant (CC) à plusieurs étages, charge par impulsions et charge à courant et tension constants.

II.4.1 Charge par impulsions

La charge par impulsions utilise un courant pulsé pour « isoler » la batterie après la fin de la phase CC. En fonction de la résistance interne et du courant de charge, la batterie se charge entre 40% et 70% de Soc pendant la phase CC. La tension de la batterie est à son niveau maximum.

Après cette phase. Le chargeur commence à cet instant à émettre des impulsions d'une seconde avec la même taille que le courant de charge initial jusqu'à l'impulsion suivante au moment où la tension chute en dessous de la tension maximale. Ce temps de veille augmente progressivement si la batterie s'approche de 100% du Soc et elle se charge quand le cycle de service devient inférieur à 5% à 10%

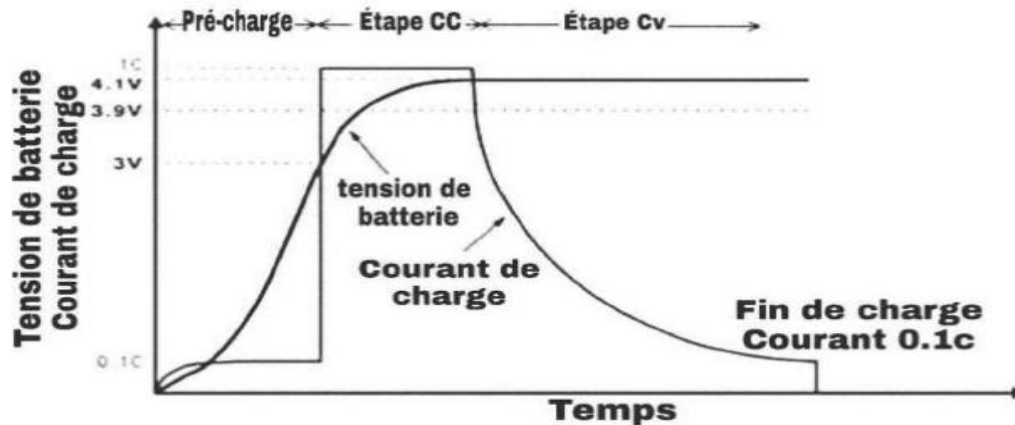


Figure II.2 Profil typique de charge d'une cellule Li-Ion.

Selon la figure le processus de charge CC / CV se compose de trois étapes. D'après l'organigramme du processus de charge, la batterie est chargée au moyen d'un mode de pré-charge avec un petit courant équivalant à « 0.1C » « de la capacité nominale de la batterie » jusqu'à ce que la tension de la batterie atteigne une tension de coupure (V_{min}), où 0,1C représente le courant de charge ; ensuite, dès que la tension de la batterie dépasse la tension de coupure (V_{min}), le mode CC commence à charger la batterie. Le courant de charge est choisi selon les spécifications des batteries Lion-Ion; enfin, lorsque la tension de la batterie est chargée à la tension prédéfinie V_{sup} (par exemple 4.2 Volts pour les cellules Li-Ion), le processus de charge passe en mode CV, la batterie est chargée à une tension constante de 4.2 Volts et le courant de charge est diminué en conséquence.

II.5 Critères de choix de la technique utilisée

Le choix de la technique de charge dépend du temps de rechargement et de l'état de la batterie. On a favorisé de travailler avec la technique de charge CV/CC. En effet, malgré qu'elle présente un inconvénient d'une durée de charge lente, elle permet une charge sûre et complète des batteries Li-Ion avec la simplicité et la facilité de mise en œuvre.

II.6 Description du circuit de BMS

Dans la Figure II.3, nous présentons le schéma synoptique général d'un système de gestion de batterie pour un mini-pack composé de quatre cellules Li-Ion assemblées en série pour une tension globale de 14,8 Volts « nominale ». Selon un algorithme implémenté dans le microcontrôleur **PIC18F452** qui présente le cerveau de BMS, nous avons besoin de lire les tensions et les courants à tout moment et qui sont pris par la carte, afin de générer des signaux de commande pour le mécanisme deux MOSFET où ceux-ci présentent le bloc d'alimentation qui sont alimentés par 20 volts.

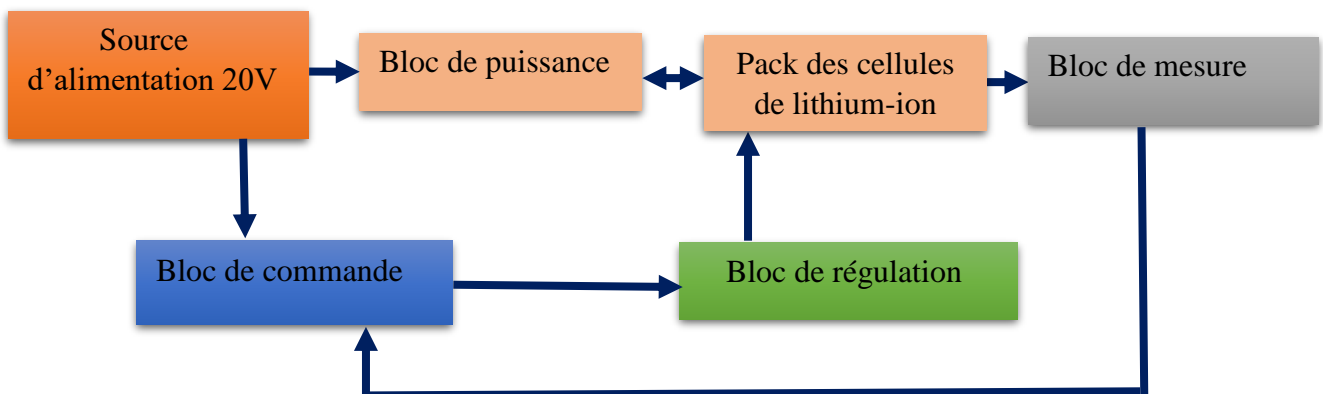


Figure II.3. Schéma synoptique du BMS.

II.6.1 Bloc d'alimentation

Le chargeur est une source externe de 20 Volts avec une intensité de courant variable jusqu'à deux ampères, et le microcontrôleur **PIC18F452** leur sera alimentée sur la broche VDD.

II.6.2 Bloc de mesure

PIC18F452 contient huit entrées analogiques dont on a besoin que de deux broches analogiques, qui sont respectivement « Vbatt , Ibatt » l'une pour la tension de la batterie et l'autre pour le courant de charge utilisant deux modules diviseur de tension .

II.6.2.1 Mesure de la tension aux bornes des cellules

Cette fonction est nécessaire pour s'assurer du respect des limites de tension applicable aux cellules Lion-Ion. Des tensions de plus de 4,20 V ne doivent pas être appliquées pour des raisons de sécurité.

Le diviseur de tension permet de mesure la tension aux bornes des cellules, la tension maximale des entrées analogiques de **PIC18F452** est de l'ordre de 5 Volts, et on a une tension

supérieure aux bornes de la batterie « 20Volts en mode CV », donc on doit avoir une équivalence entre ces deux tensions. Cela se fait exactement au moyen d'un circuit diviseur de tension. Ce circuit est connecté à la borne analogique PORTA.

$$\frac{V_{PIC}}{V_{BATERIE}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (7)$$

Pour rendre la tension de sortie supporte la moitié de la tension d'entrée d'origine « V Batterie = 14.8 Volts, VPIC = 5 Volts », on a réduit la tension de sortie de la moitié de la tension d'entrée d'origine, cette tension de sortie est ensuite envoyée à la broche analogique PIC. On peut en ensuite récupérer la valeur d'origine lors de la programmation de microcontrôleur cela s'effectue facilement à l'aide de deux résistances de même valeur en tenant compte de la puissance (P) de la résistance pour éviter une surchauffe des résistances

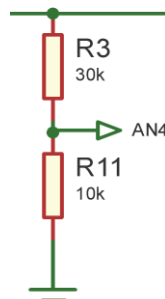


Figure II.4. Schéma électrique de mesure de la tension.

II.6.2.2 Mesure le courant de charge et décharge

On utilise une résistance faible valeur qui s'appelle « **résistance shunt** » pour mesurer le courant de la charge et décharge à base de loi d'Ohm. En effet, le courant complet circulant dans la batterie est amené à traverser la résistance de shunt. Ensuite, par la loi d'Ohm, on sait que la chute de tension à travers cette résistance est proportionnelle au courant qui la traverse. En outre, on choisit la valeur de la résistance shunt 0.1 Ω, et on mesure la tension qui lui est appliquée en utilisant l'autre broche PIC18F452 « AN7 », en conservant la loi précédente.

$$V = R \times I \quad (8)$$

II.6.2.3 Mesure la température

La thermistance à coefficient négative (CTN) permet de mesurer la température qui transforme la grandeur de température en tension pour lire par le microcontrôleur.

On va faire un pont diviseur de tension en fonction de la température, la valeur de la thermistance de 4.7 kΩ varie, ce qui fait changer la tension aux bornes de la thermistance

On utilise un des ports d'entrée analogique de microcontrôleur AN5 et AN6 pour mesurer la tension aux bornes de la thermistance.

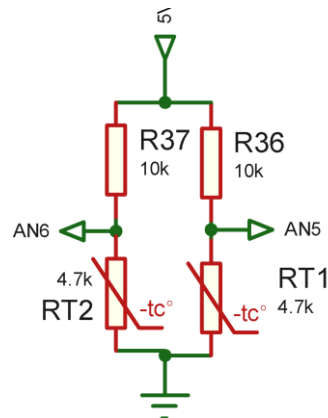


Figure II.5. Circuit électrique d'un capteur de température.

II.6.3 Bloc de la puissance

Selon l'algorithme (CV / CC) utilisé pour piloter la charge et la décharge, le processus de commutation de charge se déroule en deux étapes.

- Etape de chargement la batterie.
- Etape de décharge de la batterie.

Le premier MOSFET est utilisé pour basculer entre les modes de connecter et déconnecter l'alimentation du chargeur, et ce MOSFET est alimenté par la broche PIC « RB0 ». Le MOSFET est passant lorsque la batterie dans l'étape de charge. De même, le deuxième MOSFET est utilisé pour activer et désactiver la décharge de la batterie. Ce MOSFET est alimenté par une broche PIC « RB1 », le MOSFET déconnecte la batterie du chargeur et lorsque le niveau de charge au max ou min, il connecte le chargeur à la batterie. On a choisi le MOSFET IRF1404s.

Afin de commander les deux MOSFET via les PIN « RB0, RB1 » de le PIC 18F452, il faut une amplification des signaux de commande qui sont de niveau 5 Volts, la nature des MOSFET utilisés exige un seuil de 20V Volts, les éléments utilisés nous aident à réaliser cet étage d'amplification et qui sont:

- Un transistor BC337 de type NPN « pour amplification ».

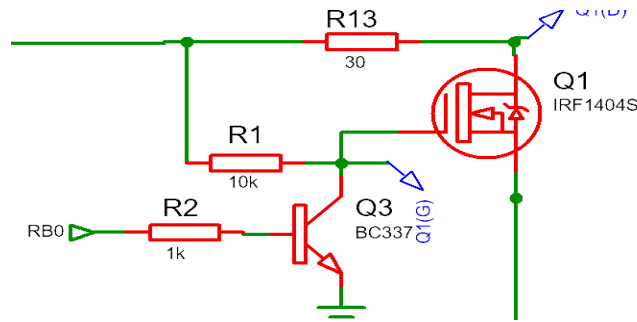


Figure II.6 Schéma de conception de MOSFET

II.6.4 Bloc de commande du système BMS

II.6.4.1 PIC 18F452

Dans notre projet, le microcontrôleur **PIC18F452** est le composant le plus important puisqu'il permet de contrôler et de communiquer avec tout le système. Il permet d'acquérir les informations liées à la tension et de la température de la batterie.

Ports d'entrées/sortie le **PIC18F452** dispose de 5 ports :

- ✓ Port A : 6 pins I/O numérotées de RA0 à RA5.
- ✓ Port B : 8 pins I/O numérotées de RB0 à RB7.
- ✓ Port C : 8 pins I/O numérotées de RC0 à RC7.
- ✓ Port D : 8 pins I/O numérotées de RD0 à RD7.
- ✓ Port E : 3 pins I/O numérotées de RE0 à RE2.

Le microcontrôleur possède quatre ports différents qui remplissent des fonctionnalités différentes :

➤ Port A (RA0 à RA5) comporte 8 entrées (ADC0 à ADC5) pouvant être utilisées en tant que convertisseurs analogique/numérique (CAN). Les broches AREF, GND et VCC permettent de pouvoir comparer les tensions d'entrées avec une référence. Pour mesurer la tension de chaque batterie, nous utilisons ce port et plus précisément des CAN (RA0 à RA5). Toutes les entrées de ce port seront câblées car nous devons surveiller la tension présente sur chaque batterie.

➤ Port B (RB0 à RB5) comporte 8 entrées. Ce port nous permettra de gérer la commande des MOSFET et des transistors pour le changement entre la charge et décharge

➤ Port C (RC0 à RC7) comporte 8 entrées. Nous utilisons les port RC0 a RC2 pour commande sur le circuit d'équilibrage via les transistors et nous utilisons les port RC3 a RC5 pour commande les LED

➤ Port E (RE0 à RE2) comporte 3 entrées. Nous utilisons les port RE0 et RE1 pour la lecture la tension des captures de températures et RE2 pour la lecture la tension de capteur de courant

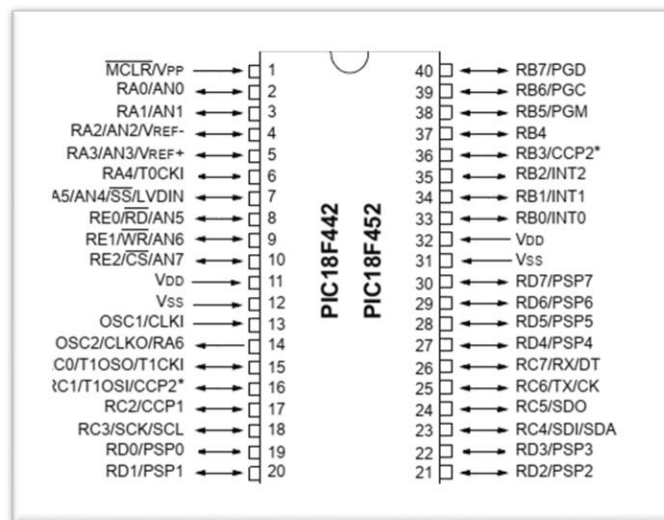


Figure II.7. Brochage de PIC de type 18F452. [33]

A) Le convertisseur analogique-numérique d'un PIC 18F452

Le microcontrôleur **PIC18F452** travaille avec un convertisseur analogique numérique qui permet un échantillonnage sur 10 bits le signal numérique peut donc prendre 1024 valeurs possibles.

Le **PIC18F452** dispose de 8 entrées de conversion, elles sont sélectionnées par un multiplexeur analogique numérique commandé par un programme, le PIC ne dispose que d'un seul convertisseur donc on ne peut traiter qu'une seule entrée par conversion. Les entrées analogiques doivent être configurées en entrée à l'aide des registres TRISA et/ou TRISE. L'échantillonneur bloqueur est intégré, il 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 VDD, VSS, Vref+ ou Vref-

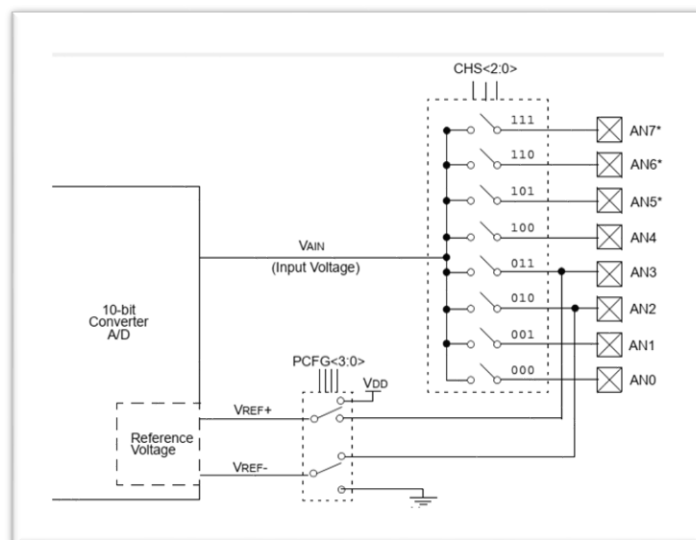
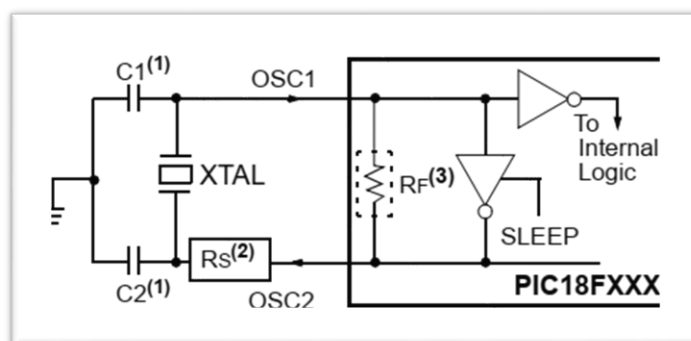


Figure II.8. Schéma électronique d'un convertisseur analogique-numérique. [33]

B) Circuit d'horloge

Comme tous les autres PIC, le **PIC 18F452** a besoin d'une horloge pour fonctionner, il dispose d'un oscillateur intégré qui permet d'utiliser un simple quartz externe comme référence de fréquence. Le choix de l'oscillateur est déterminé par le positionnement correct des bits de configuration, en effet un signal d'horloge est nécessaire pour piloter le circuit de contrôle et de gérer les séquences du microcontrôleur la fréquence de signal subit une division par quatre fournissant ainsi un signal d'horloge interne, c'est cette base de temps qui est utilisée pour déterminer le temps d'un cycle de T est donné par $4/F_{osc}$. Dans cette application nous avons utilisé un quartz de 20MHz, nous aurons donc un $T=0.2\mu s$, ce qui donne 5 million de cycles par secondes. Le **PIC18F452** a une puissance de l'ordre de 10MIPS (10 million d'instructions par secondes). Le quartz est branché sur les broches OSC/CLKIN et OSC2/CLKOUT avec des capacités de 15pF recommander pour la stabilité de l'oscillateur.

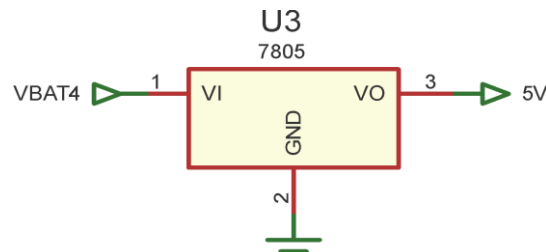


FigureII.9 : circuit d'horloge [33]

II.6.5 Block de régulation

II.6.5.1 Régulateur 7805

Pour alimenter le capteur de température et le **PIC 18f452**, on utilise un circuit intégré qui réglé et fixé la tension délivrer par les quatre cellules à 5V.

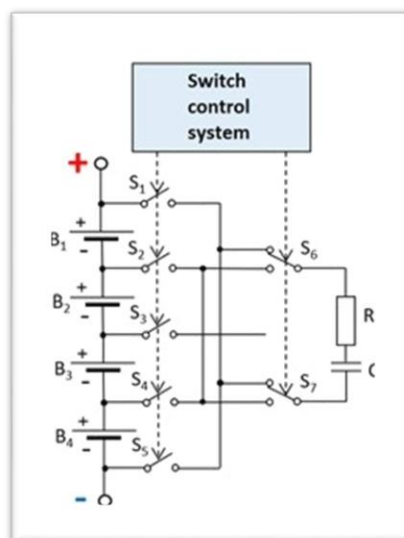


FigureII.10 le circuit de fixation de tension a 5v

II.6.5.1 Circuit d'équilibrage

Dans ce projet, on utilise la méthode d'équilibrage active qui base à la charge et la décharge de condensateur qui représente l'intermédiaire entre la cellule la plus chargé et la cellule là moins chargée, c'est-à-dire le condensateur chargé par la cellule qui magasine une grande énergie par rapport à l'autre cellule et décharge dans la cellule faible charge.

Le contrôle de circuit d'équilibrage active consiste en la commande des MOSFET afin d'organiser le transfert ou la dissipation d'énergie dans le but d'égaliser les états de charge des éléments du module de stockage.



FigureII.11 schéma électrique de circuit d'équilibrage

II.6.6. Pack des cellules de lithium

L'assemblage des cellules Lio-ion utilisé, consiste à relier quatre module de Lion- ion identique en série, la tension nominale de chaque cellule est 3,7V avec capacité de 5.8Ah, les raccords entre les cellules sont des lamelles de cuivre.

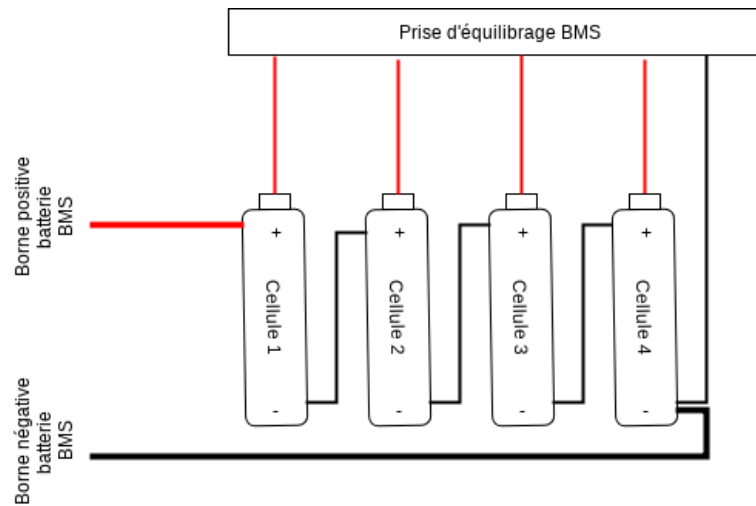


Figure II.12 cellules de Lion-ion raccordé en série

II.7 Conclusion

Le chapitre actuel est concentré à l'étude de la partie pratique et la technique utilisée pour la création d'un BMS, pour cela on a présenté certaines techniques visant à gérer et à contrôler le fonctionnement de ce circuit, ces techniques se basent essentiellement sur des algorithmes utilisant des critères pour la technique de recharge de batterie (CV / CC). Pour finir, on a présenté une étude technique.

Le chapitre suivant sera consacré à la programmation de **PIC 18F452** et l'explication des différentes étapes de la programmation. On terminera par une présentation des différents résultats des tests effectués sous l'environnement ISIS PROTEUS.



Chapitre III
Simulation et
réalisation
d'une carte
BMS

Chapitre III

Simulation et réalisation d'une carte de BMS

III.1 Introduction

Dans le chapitre de simulation et réalisation d'une carte de BMS on va étudier comment fabriquer une carte de BMS. Tout d'abord nous commençons par l'étape de simulation numérique qui était subdivisée en deux parties principales. Le premier concerne la conception et l'élaboration des schémas électroniques à l'aide d'un logiciel ISIS (Proteus), et la deuxième concerne de la programmation du microcontrôleur **PIC18F452** à l'aide d'un compilateur mikroC, et on va donner les organigrammes nécessaires pour le fonctionnement de BMS.

Finalement, nous avons terminé avec la réalisation concrète de notre projet.

III.2 Simulation numérique

III.2.1 les logiciels de CAO

La conception assistée par ordinateur (CAO) c'est tous les logiciels et les techniques de modélisation géométrique utilisés pour faire un circuit électronique réalisable, qui basent sur le test virtuellement à l'aide d'un ordinateur et des techniques de simulation numérique et de réaliser des produits manufacturés et les outils pour les fabriquer. Parmi ces logiciels on a : Proteus.

III.2.1.1 logicielle de Proteus

C'est un logiciel édité par la société l'absenter électroniques. Proteus est composé de deux logiciels principaux : ISIS : permettant la création de schémas et la simulation électronique, et ARES : dédié à la création de circuits imprimés PCB.

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société L'absenter Electronics, les logiciels incluent dans Proteus permettent la CAO dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle: ISIS, ARES,

ISIS pour la création les schéma électronique et ARES pour la création les circuits imprimés.

III.3 Simulation sous ISIS

Ce projet contient un circuit principal de BMS et le circuit BMS subdivisé en quatre parties.

- Partie de commande.
- Partie de charge et décharge.
- Partie des capteurs (tension, courant, température).
- Partie d'équilibrage.

III.3.1 partie de commande

Le **PIC18F452** représente l'élément principal du circuit BMS car il permet de gérer toutes les fonctions de système gestion batterie. Le microcontrôleur **PIC18F452** transforme ou convertit les tensions analogiques ont des valeurs binaires par le convertisseur analogique numérique, et donne l'ordre de l'ouverture ou la fermeture des interrupteurs (MOSFET) pour commande le circuit de charge et décharge et le circuit d'équilibrage et l'affichage l'état de charge de la batterie par les LED de déférent colleurs.

III.3.1.1 Schéma sous ISIS

Le PIC réceptionne les données par les PORTA et PORTE et commandé par les PORTB et PORTC.

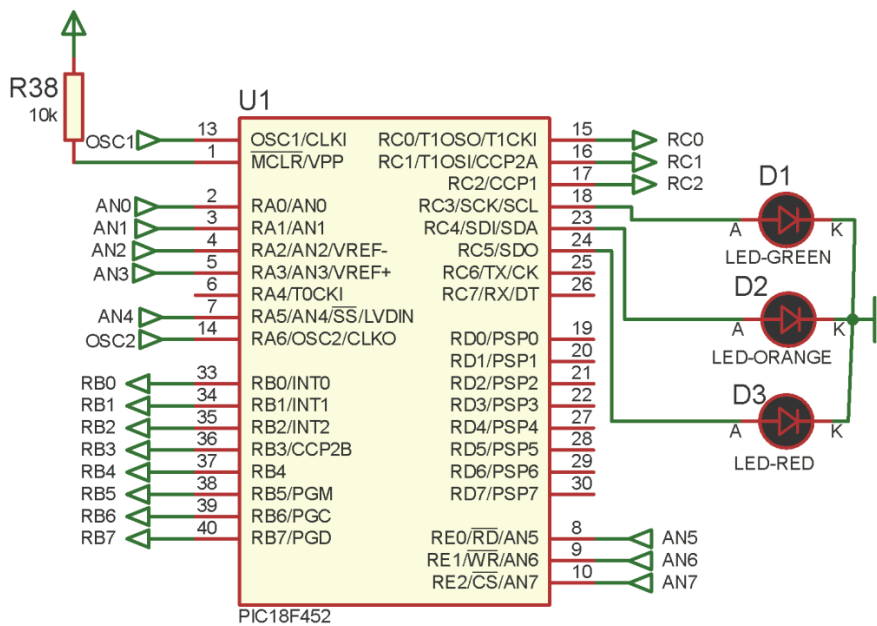
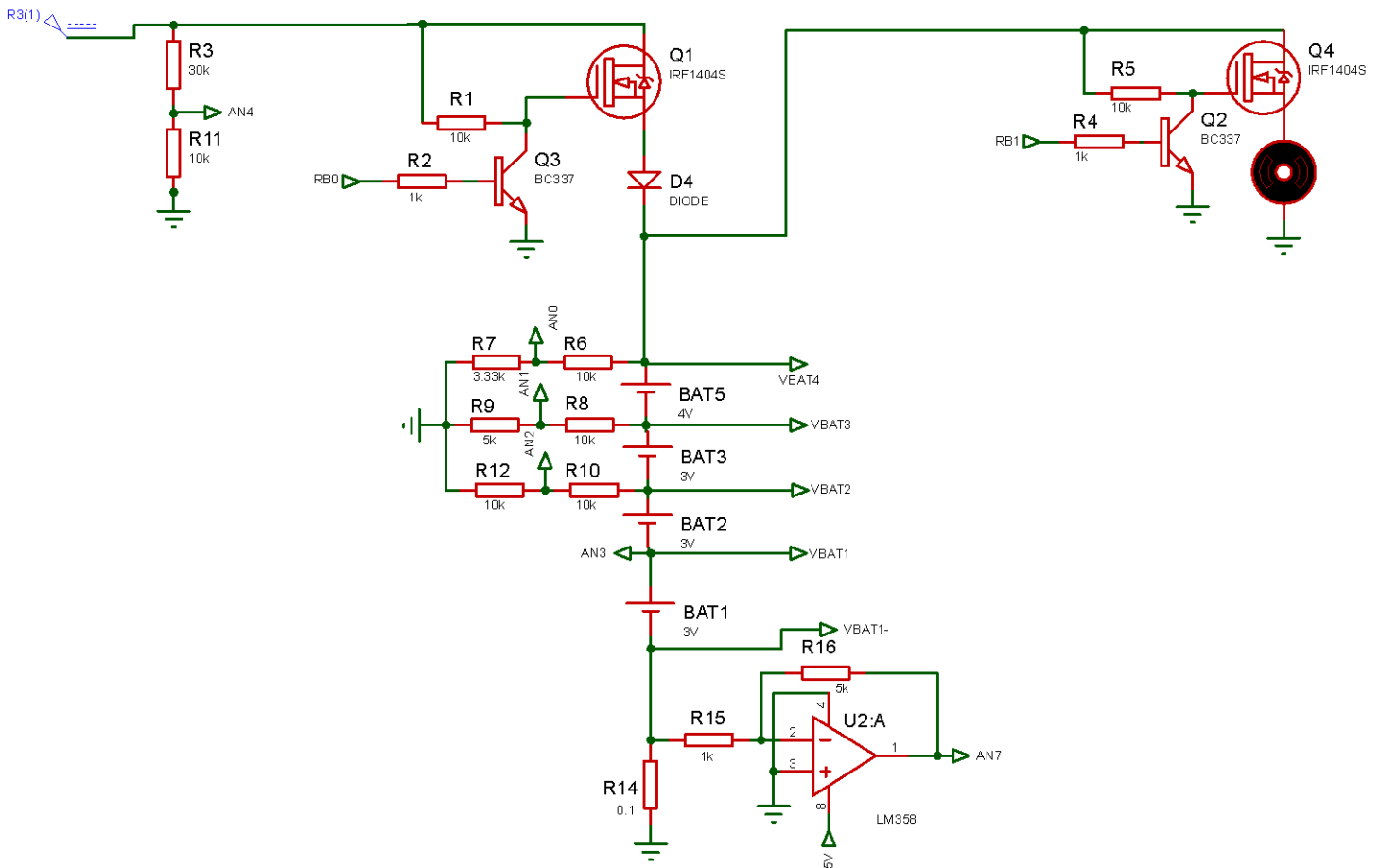


Figure III.1 partie commande

III.3.2 Partie de charge et décharge

Le circuit de charge est un commutateur commandé par le microcontrôleur connecté avec une source de tension de 20 V, cette source délivrer par un chargeur électrique pour fournir la charge nécessaire aux cellules de lithium, le choix de source de 20V selon les caractéristiques des quatre cellules.

Décharger les cellules à l'aide de l'interrupteur contrôlé qui relie les cellules au moteur ou à toute autre charge.

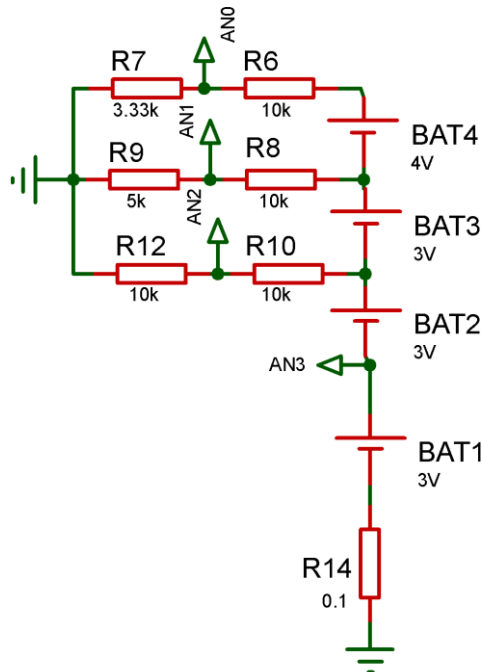


FigureIII.2 schéma de partie charge et décharge sous Isis

III.3.3 Partie des capteurs (tension, courant, température)

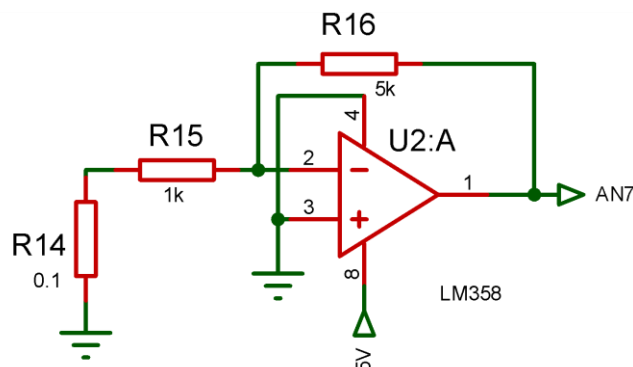
Dans le circuit BMS, on retrouve trois groupes des capteurs, les capteurs de température et tension et courant, ces capteurs sont des diviseurs de tension, le microcontrôleur réglé pour lire les tensions de 0V jus qu'un 5V.

Un diviseur de tension est placé dans chaque cellule au lithium pour mesurer la valeur de tension de chaque cellule.



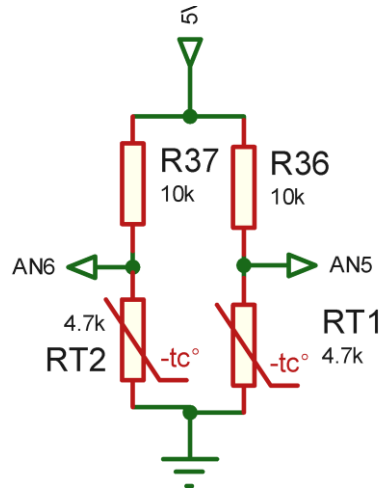
FigureIII.3. Schéma sous Isis de capteur tension

Le capteur de courant est une résistance shunt de petite valeur 0.1 ohm, on utilise loi d'ohm pour lire la valeur de courant et utilisant un inverseur à base de l'amplificateur opérationnelle pour inverse et amplifie la tension aux borne de résistance puisque la valeur de tension aux bornes da la résistance shunt de signe moins et le microcontrôleur lire seulement les valeurs positive donc il faut utilise un montage inverseur la figure suivante représente le schéma sous Isis de capteur de courant.



FigureIII.4 schéma de capteur courant sous Isis

En utilisant un diviseur de tension contient une résistance thermique de type CTN pour mesurer la température des cellules et convertit la valeur de température a une valeur de tension et lire ce dernier par le microcontrôleur est commandé la charge et décharge des cellules.



FigureIII.5. Schéma sous Isis de mesure de température

III.3.4 Partie d'équilibrage

Le circuit d'équilibrage regroupe neuf interrupteurs MOSFET commandés par le microcontrôleur, l'ouverture et la fermeture des transistors MOSFET permet la charge et la décharge de condensateur qui chargé par la cellule la plus grande par rapporte à l'autre cellules et déchargé dans la cellule le moins chargée par exemple : la cellule1 le plus élevé et la cellule3 le moins chargé, le condensateur prendre une charge à la cellule 1 et déchargé dans la cellule 3. La même manière dans les autres cellules.

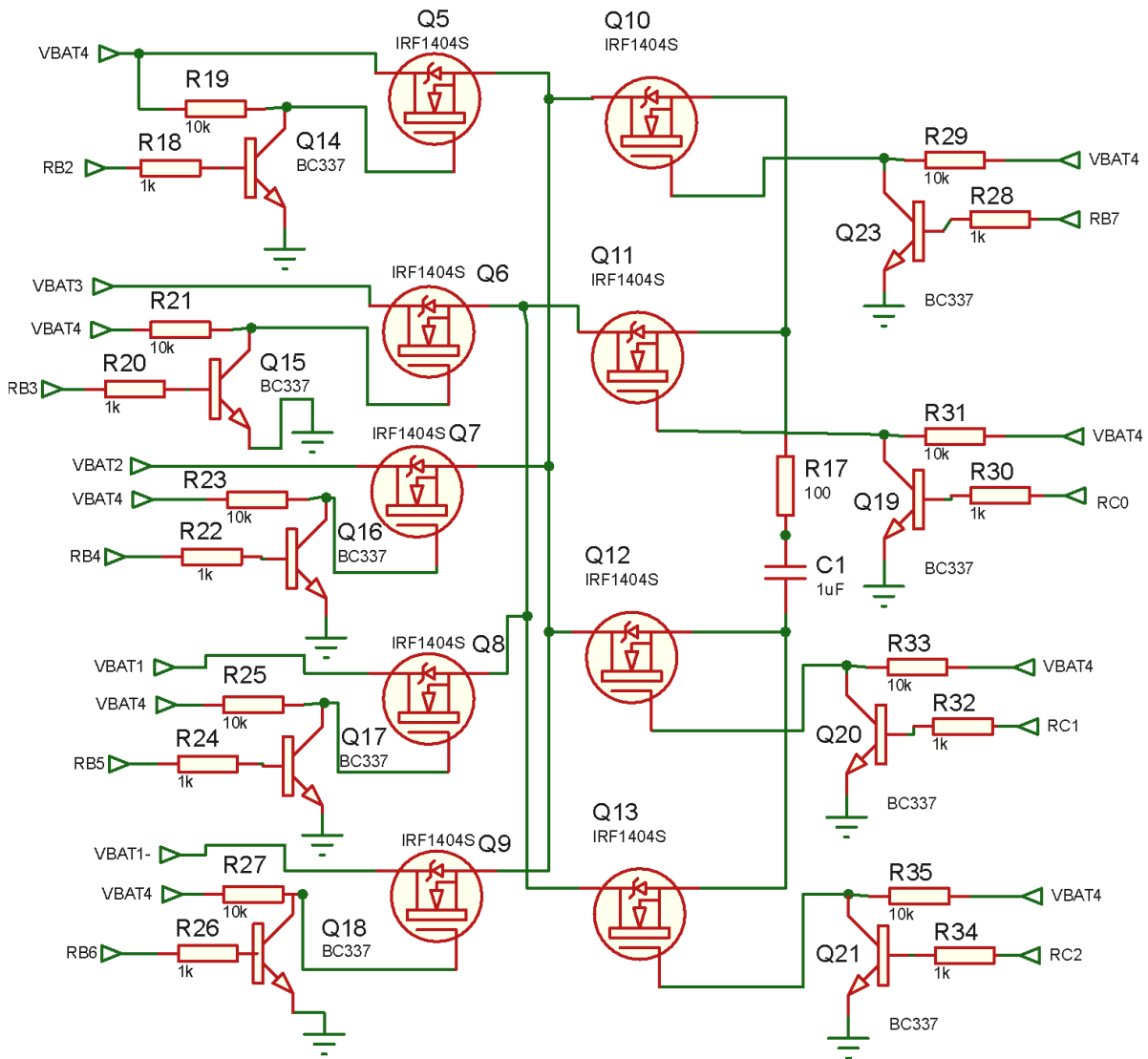


Figure III.6 le schéma d'équilibrage sous Isis

III.3.5 Schéma fonctionnel globale de BMS sous ISIS :

Ce projet est basé sur le microcontrôleur **PIC18F452** et des éléments principaux comme les cellules de lithium et regroupement des MOSFET qui permet plusieurs fonctions le schéma suivant représente toutes les fonctions de système gestion batterie.

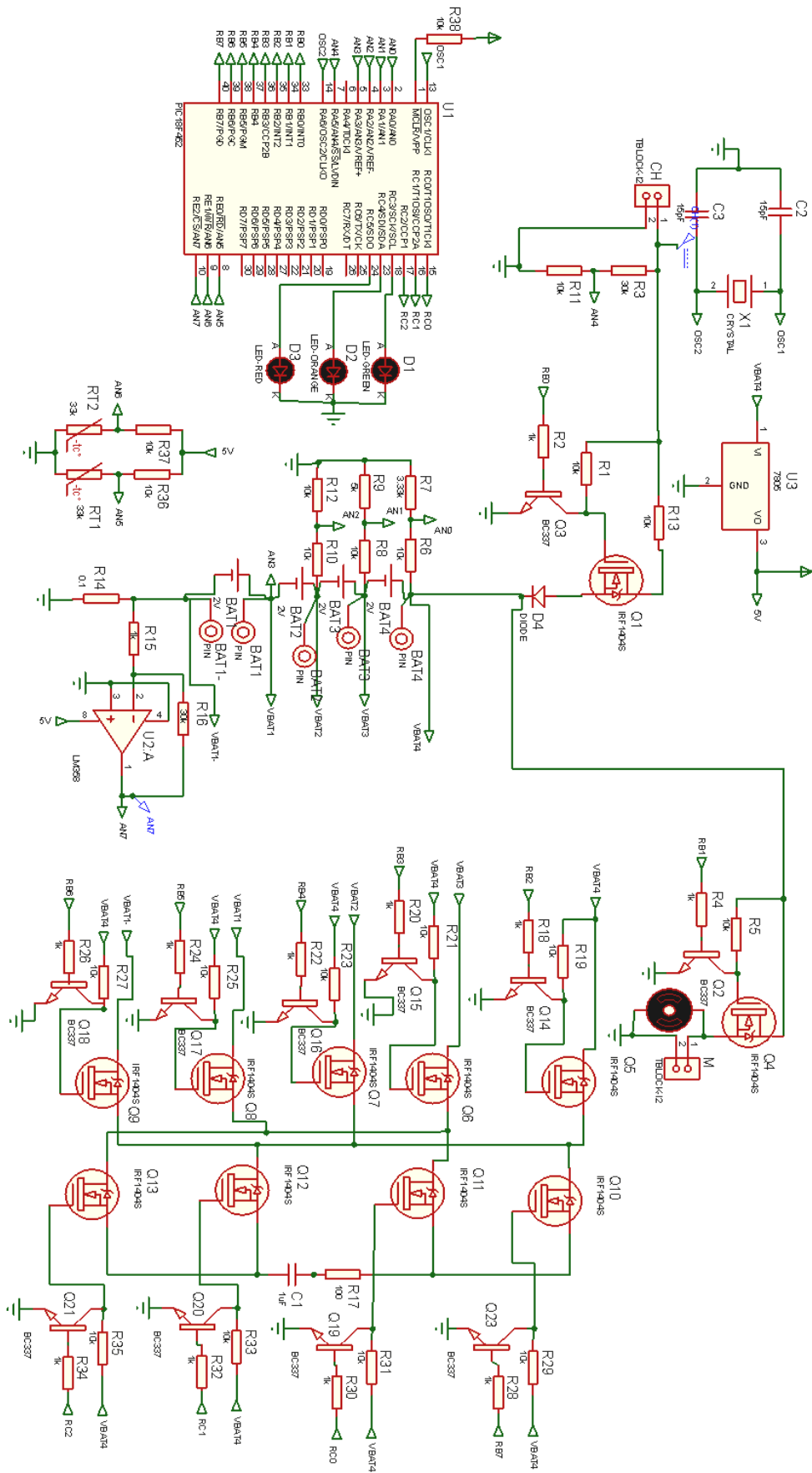


Figure III.7 schéma ISIS de système gestion batterie.

III.4 Création du carte PCB

Quand nous avons terminé la schématisation dans l'ISIS en transfert vers l'ARES pour la conception de la carte PCB, voici le résultat final.

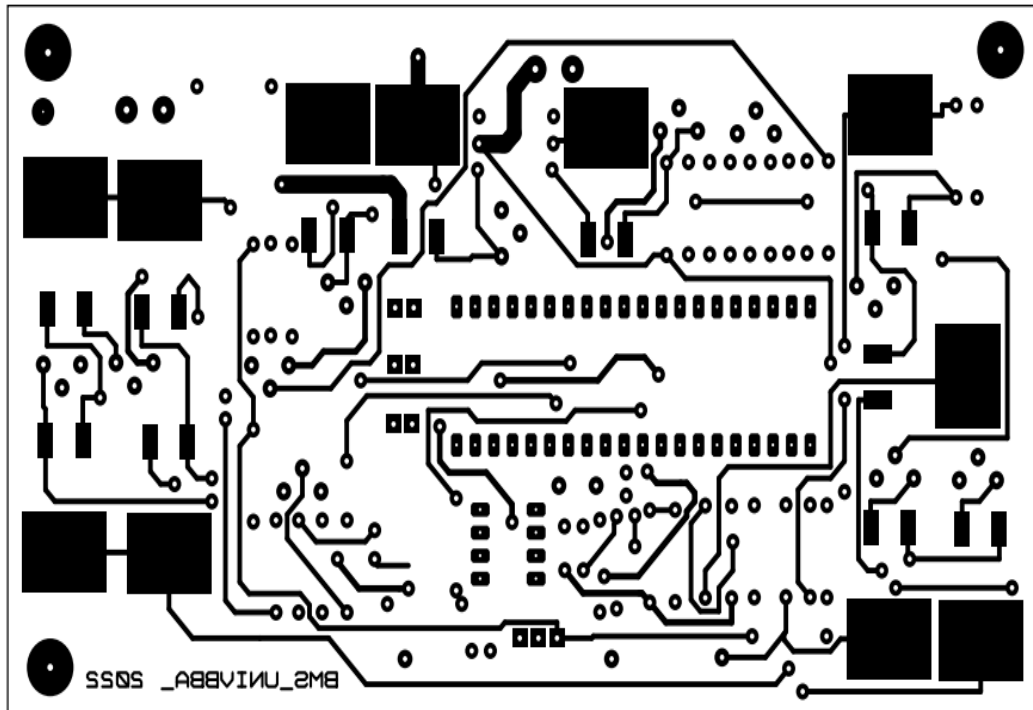


Figure III.8. typon final de la carte BMS face avant.

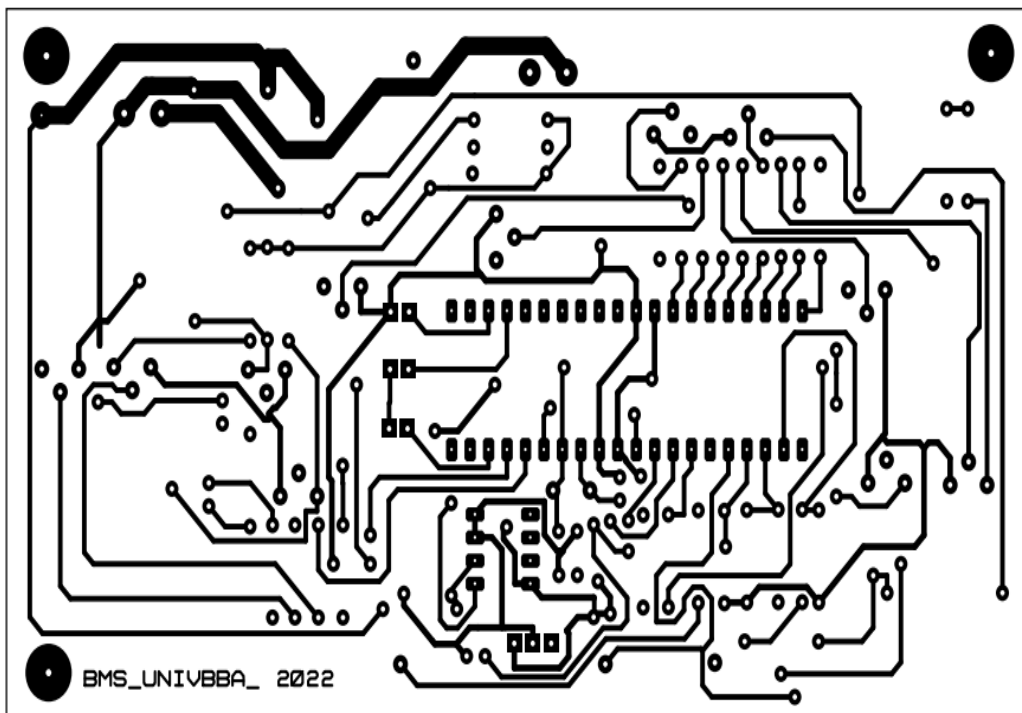


Figure III.9. typon final de la carte BMS face arrière.

III.5 La Réalisation pratique

III.5.1 Liste des matériels utilisés

- ✓ PIC18F452
- ✓ Régulateur 7805
- ✓ Amplificateur LM358
- ✓ Quatre Cellules de Lion-ion de tension nominal 3.7V
- ✓ Deux capacité de 15pF et une capacité de 1uF
- ✓ Quartz
- ✓ Onze transistor MOSFET1404S
- ✓ Onze transistor bipolaire BC337
- ✓ Diode
- ✓ Trente-six résistance différente valeur
- ✓ Deux résistance de type CTN
- ✓ Deux connecteurs de deux pin
- ✓ Trois LED différente couleurs.

Après la création le design ou le PCB (printer bord circuit) de BMS dans Proteus on a fabriqué le circuit imprimé à partir des étapes suivantes :

A. L'insolation

Le typon, papier calque ou est imprimé le dessin des pistes réalisé sur ordinateur, est plaqué (sous vide) sur la carte et celle-ci est soumise à des rayonnements ultra-violet à l'aide d'une Insole use pendant temps déterminé.

B. La révélation

La carte est plongée dans un révélateur positif (bain d'hydroxyde de sodium « NaOH ») quelques secondes suffisent pour dissoudre la résine exposée au U.V. et faire apparaître le cuivre indésirable (hors-pistes et pastilles).

C. La gravure

La carte est introduite dans une graveuse au perchlore de fer Perchlorure de fer attaque le cuivre visible (hors-pistes et pastilles). Cette phase fait Apparaître l'époxy.

D. L'élimination

La carte est à nouveau plongée dans un bain d'hydroxyde de sodium, cette fois fortement dosé Cette phase élimine la résine restante sur les pistes et pastilles de cuivre.

E. L'étamage

La carte est plongée dans une solution ionique à base d'étain (étamage à froid) qui se dépose sur le cuivre.

C'est terminé, il faudra ensuite percer les trous, placer et souder les composants Électroniques, et faire des tests sur la carte.

III.5.2 Réalisation de la carte du commande

Après la conception du la carte PCB et après la programmation du microcontrôleur et après le montage des composants on obtient cette carte électronique.

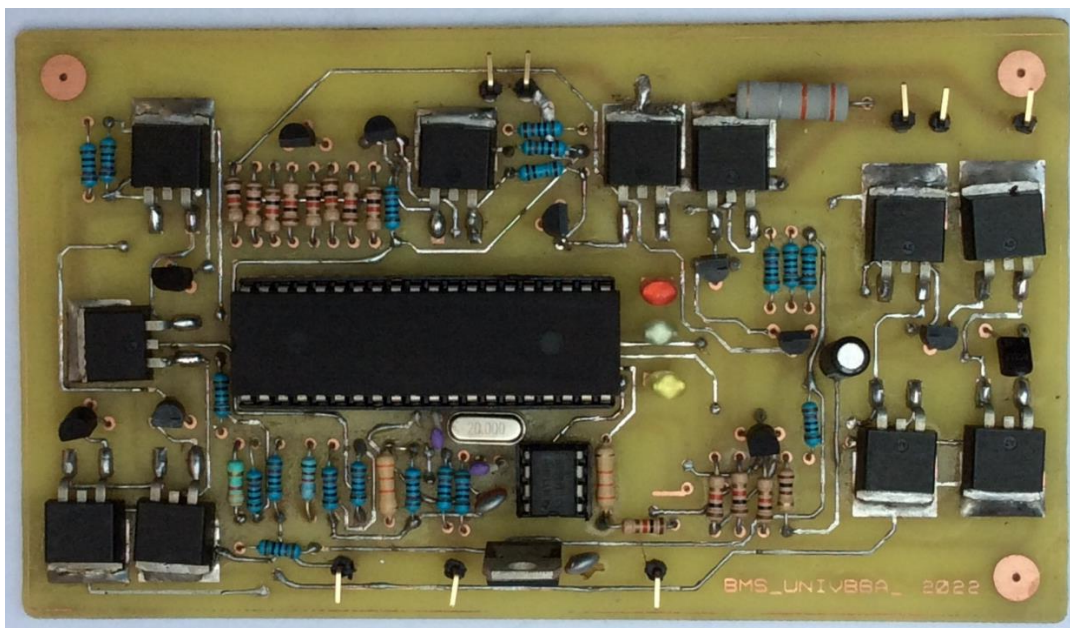


Figure III.10 carte finale de BMS face avant

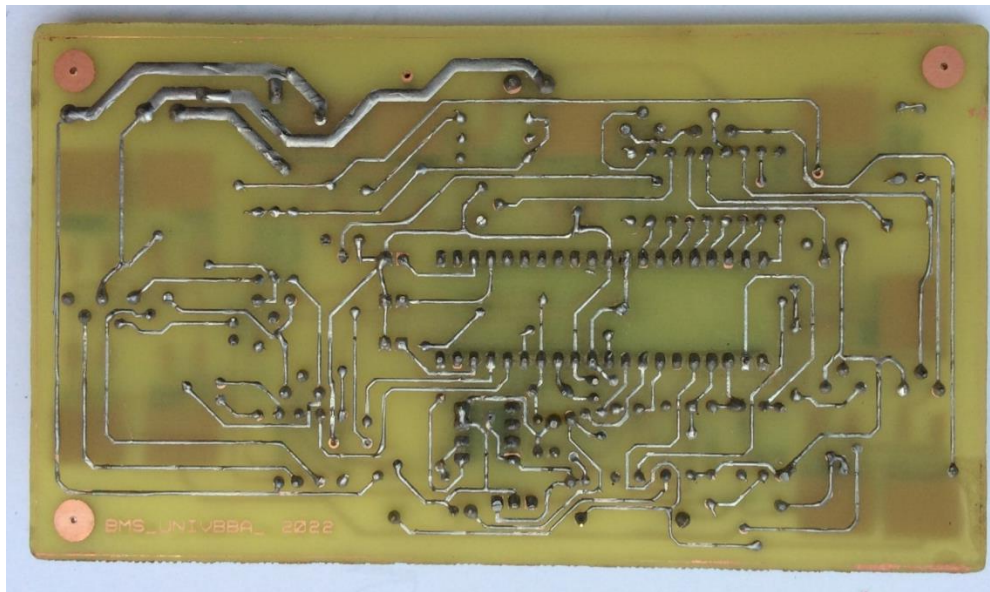


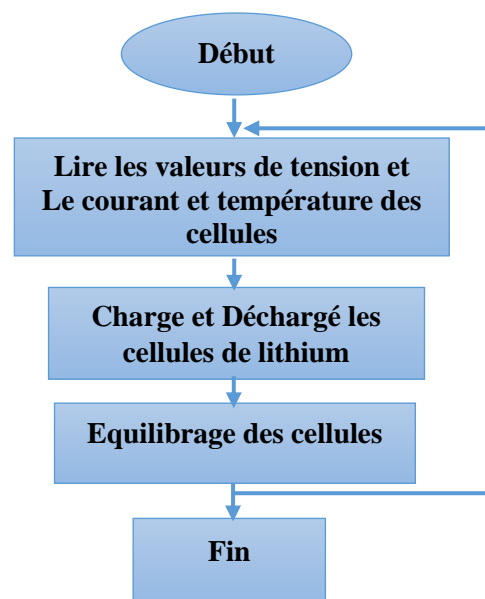
Figure III.11 carte finale de BMS face arrière

III.6 programmation sous mikroC

Dans cette partie, nous avons utilisé le mikroC compilateur pour créer un programme qui gère le fonctionnement de la carte. Nous allons faire des organigrammes de la façon dont BMS fonctionne pour donner une idée claire de la structure du programme.

III.6.1 Organigramme globale de BMS

Le BMS lire les valeurs de tension, courant et température des cellules par le microcontrôleur et effectué l'opération de charge et décharge et l'équilibrage enter les cellules.



FigureIII.12 Organigramme de BMS

III.6.2 Organigramme de processus de charge

Le début de processus de charge par la lecture de température (T) et la tension au borne des cellules (Vcel).

- Si la température (T) des cellules inférieure ou égale à 60 le système teste la valeur de tension au borne des cellules (Vcel), si non le système ouvre le MOSFET de charge Q1 et la décharge Q4.
- Si la valeur de tension au borne des cellules Vcel inférieure à 4V le système ferme le MOSFET Q1 pour la charge et ouvre le MOSFET Q4 pour arrête la décharge, si non lire les valeurs de tension et de température.

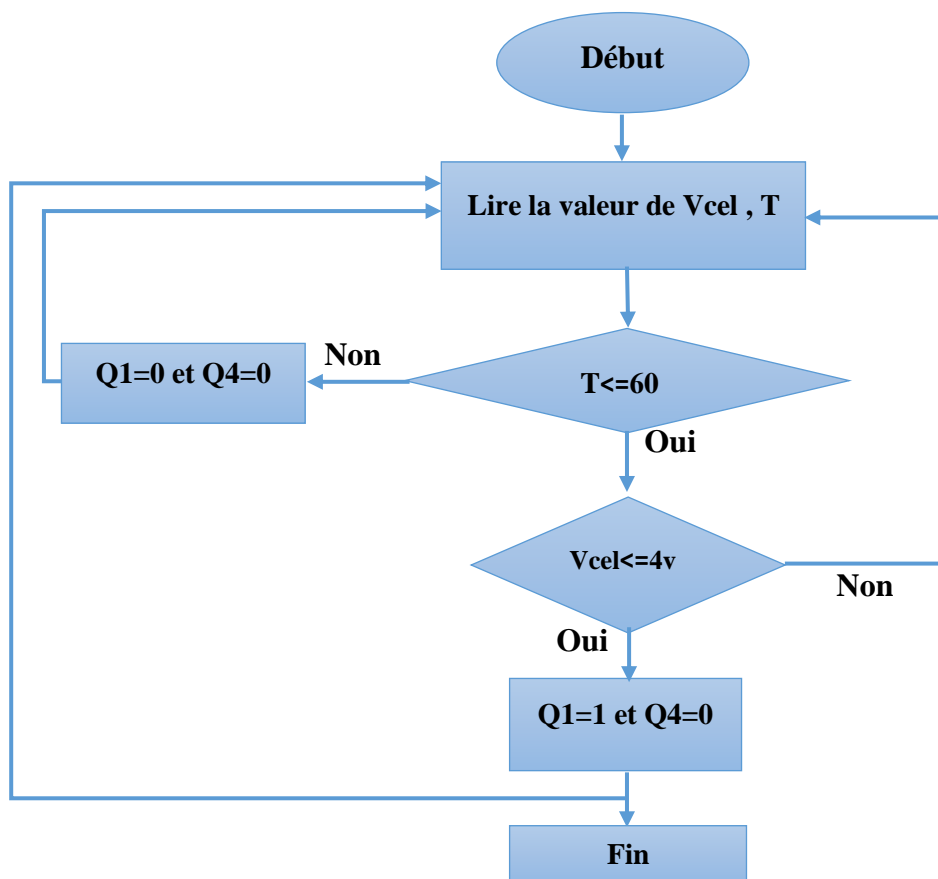


Figure III.13 organigramme de processus de charge

III.6.3 Organigramme de processus de décharge

Le début de processus de décharge par la lecture de température et la tension des cellules et le courant qui traverse les cellules.

- Si la température (T) des cellules inférieure ou égale à 60, le système teste la valeur de courant qui traverse les cellules (I), si non le système ouvre le MOSFET de charge Q1 et la décharge Q4.
- Si le courant qui traverse les cellules inférieures à 2A, le système teste la valeur de tension au borne des cellules (Vcel), si non ouvre le MOSFET Q4 de la décharge.
- Si la valeur de tension au borne des cellules Vcel inférieure à 2.5 V le système ouvre le MOSFET Q4 pour arrête la décharge, si non déchargé les cellules par fermeture de MOSFET Q4.

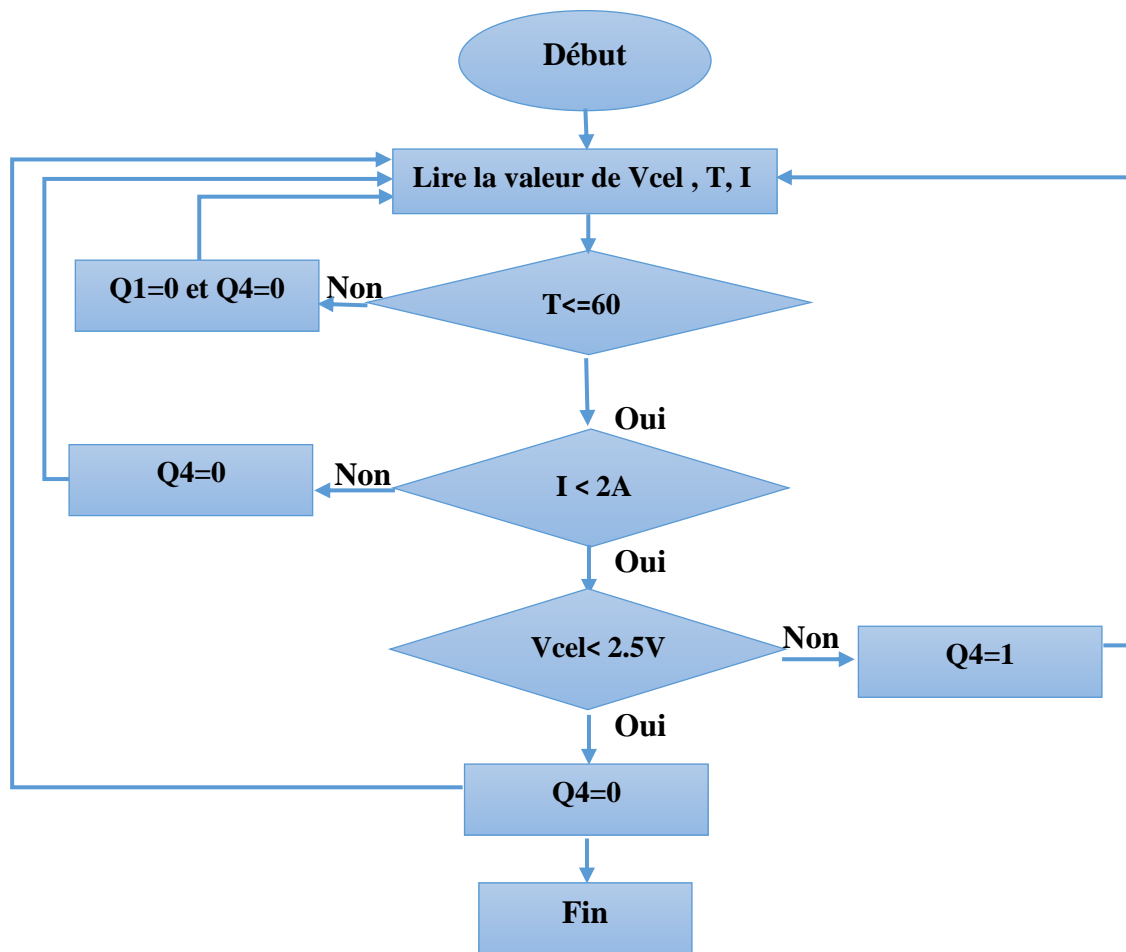
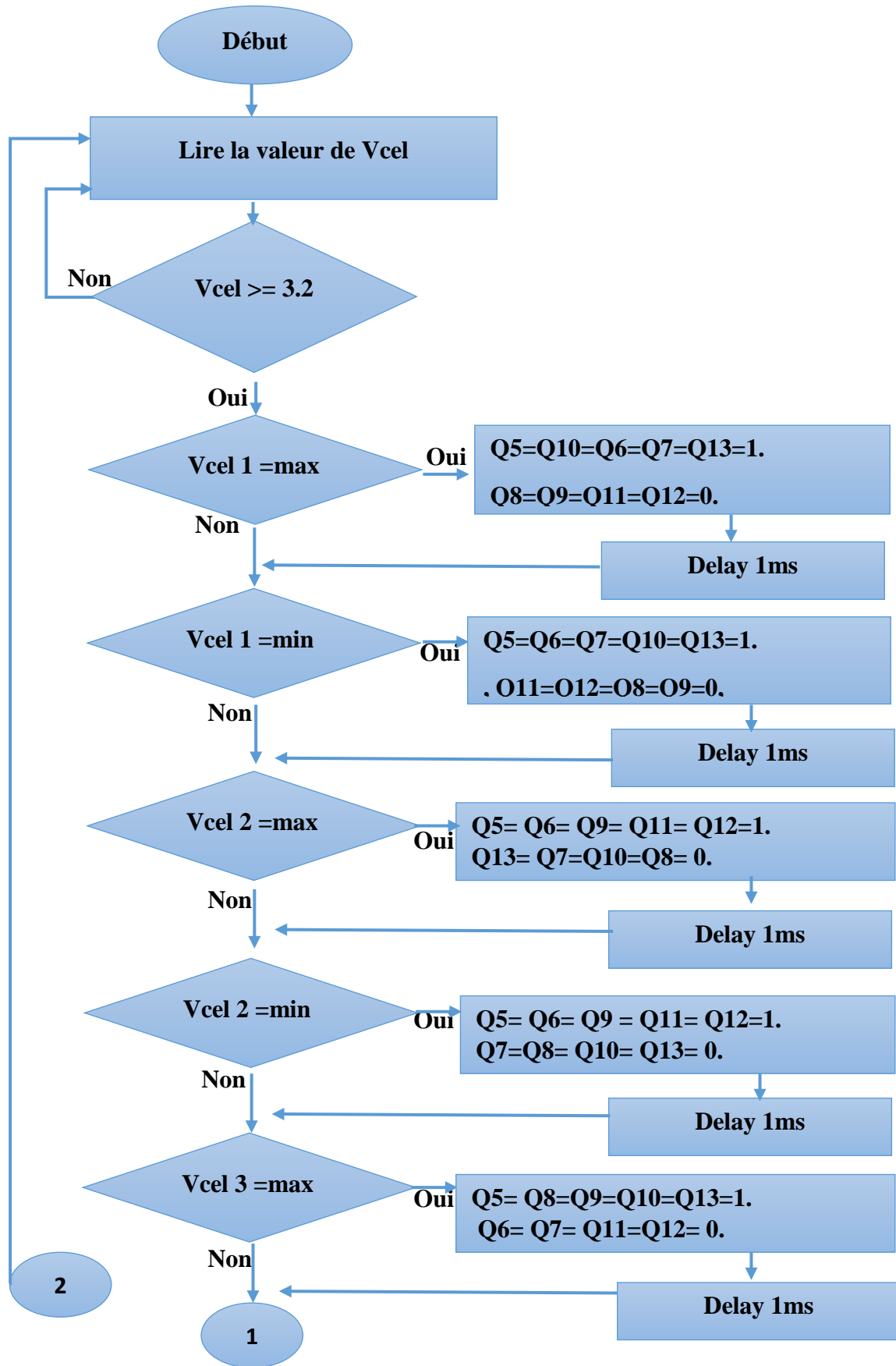


Figure III.14 organigramme de processus de décharge

III.6.4 Organigramme d'opération d'équilibrage



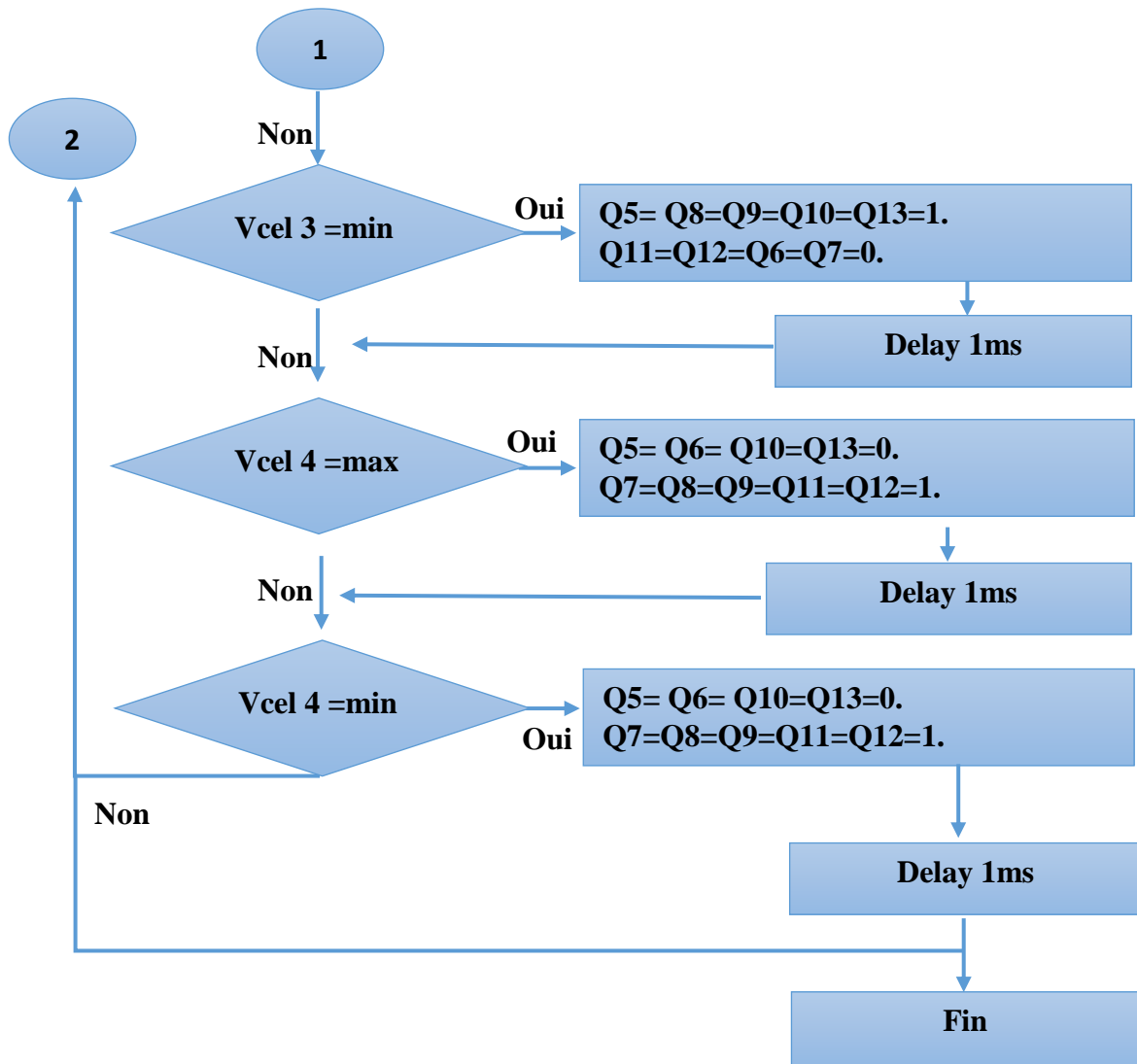


Figure III.15 Organigramme d'équilibrage

L'équilibrage des cellules par la lecture de la valeur de tension au borne des cellules Vcel.

- Si Vcel supérieur à 3.2V, le système teste la valeur de tension de chaque cellule par exemple Vcel1, si non le système lire la valeur Vcel.
- Si la valeur de tension au borne de cellule 1 maximal (le plus chargée), le système fermé les MOSFET Q5, Q10, Q6, Q7, Q13 pour la charge du condensateur dans un délai de 1ms, si non teste l'autre cellule.
- Si la valeur de tension au borne de cellule 1 minimal (le moins chargée), le système ouvre les MOSFET Q5, Q10, Q6, Q7, Q13, avec un délai de 1ms pour la décharge du condensateur dans un la cellule 1, si non teste l'autre cellule, la même méthode par rapport les autres cellules.

III.7 Test et simulation sous Isis

Avant d'exécuter le test final, nous avons reproduit le circuit avec le logiciel de simulation de circuit électronique PROTEUS.

Dans cette partie, nous allons simuler le fonctionnement du circuit BMS.

III.7.1 Fonction de la charge et la décharge

Les MOSFET Q1 et Q4 sont l'élément principal pour le chargement et le déchargement des cellules dans lesquelles ils travaillent en commutation qui est 0 ou 1 logique.

- ✓ Si Q1=1 et Q4 =0 le système en mode charge.
- ✓ Si Q4=1 et Q1 =0 le système en mode décharge.

Dans la figure suivante, le MOSFET Q1 est bloqué équivalent 0 logique et Q4 est équivalent 1 logique, et l'inverse en fonction de l'état de charge.

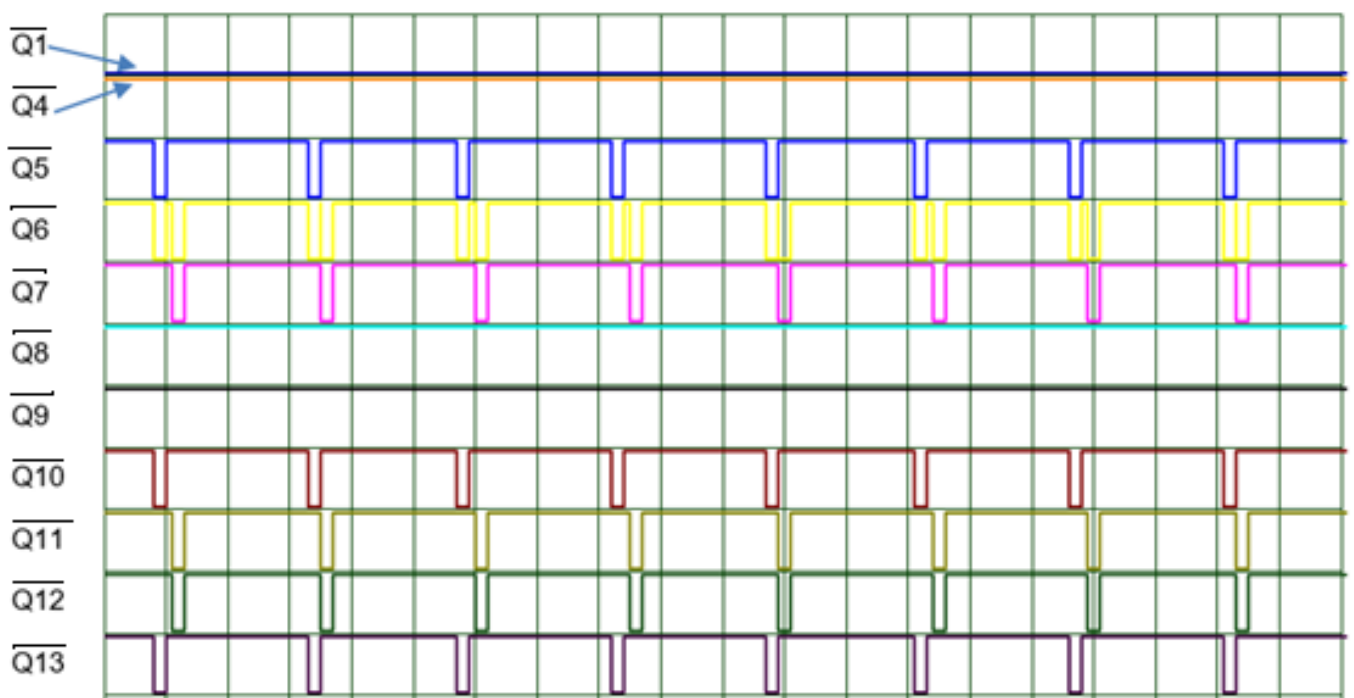


Figure III.16 l'états des MOSFET dans la charge et décharge

III.7.2 l'effet de température

Dans le cas la température supérieure à 60 degré les cellules non charge et non décharge comme la figure suivante.

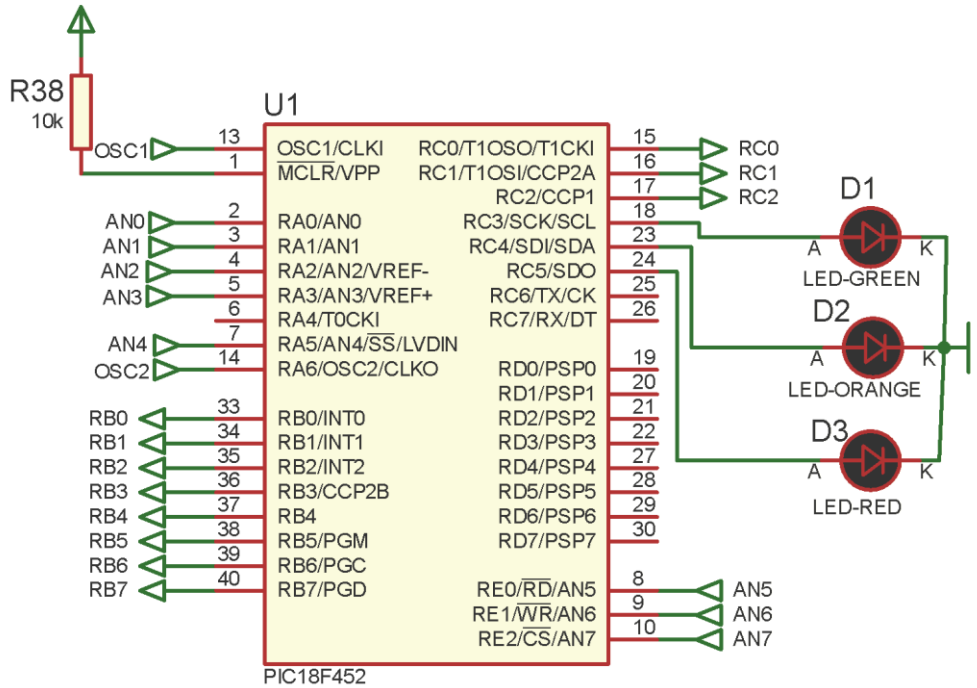


Figure III.17 l'effet de température sur les fonction de BMS cas $T > 60$.

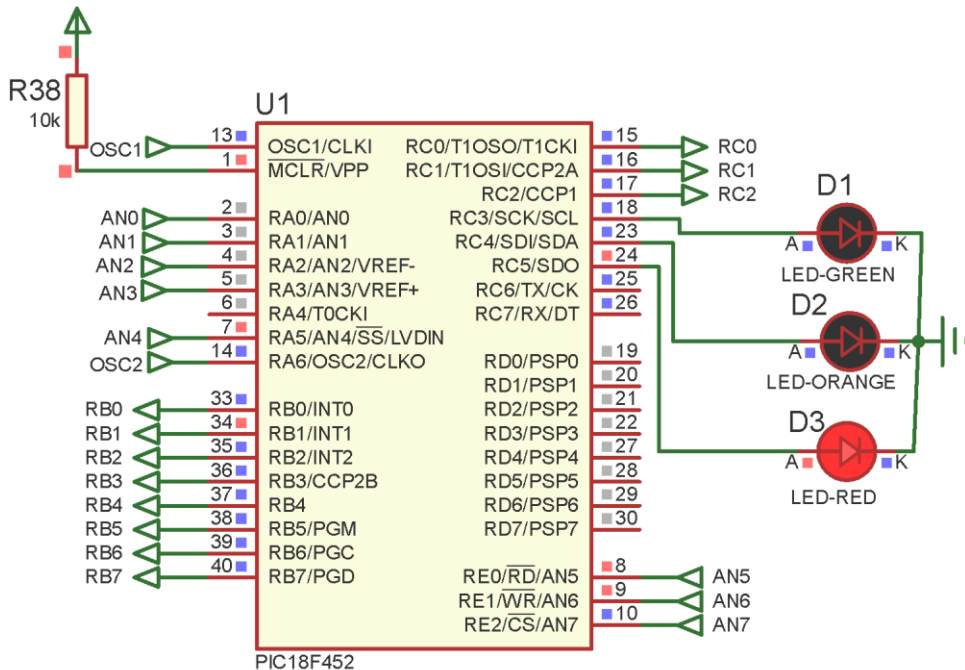


Figure III.18 l'effet de température sur les fonction de BMS cas $T < 60$

III.7.3 La fonction d'équilibrage entre les cellules

Cette fonction basé sur la charge de condensateur par la cellules la plus chargé et déchargé dans la cellule la moins chargé par l'ouvertir et la fermeture des interupteur (les MOSFET) dans cette circuit d'équilibrage trouverai 12 cas d'équilibrage et dans les figures suivant donne quelque exemple sur les cas d'équilibrage.

- ✓ Cas de Vcell3 et plus chargé et Vcell4 le moins chargé.

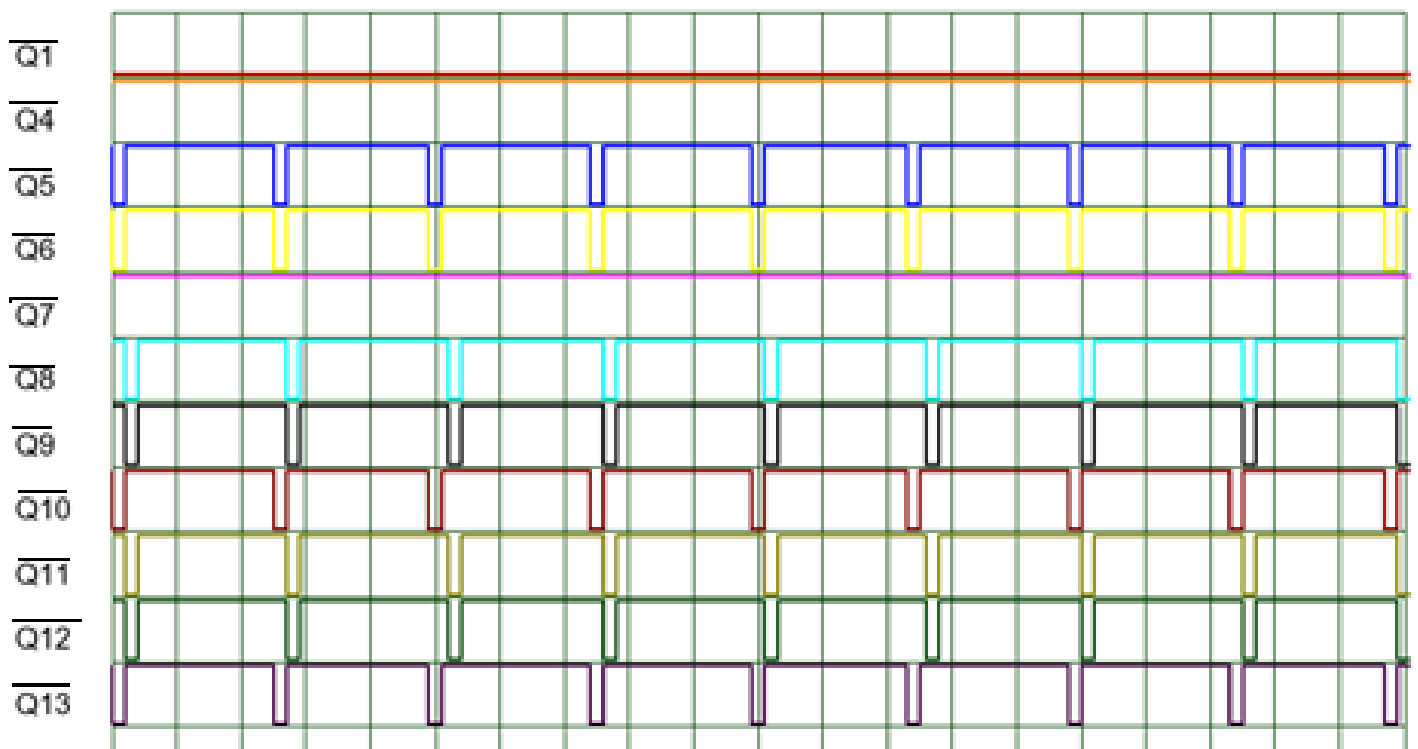


Figure III.19 signal logique de commutation des MOSFET

- ✓ Cas Vcell1 plus chargée et Vcell4 le moins chargée.

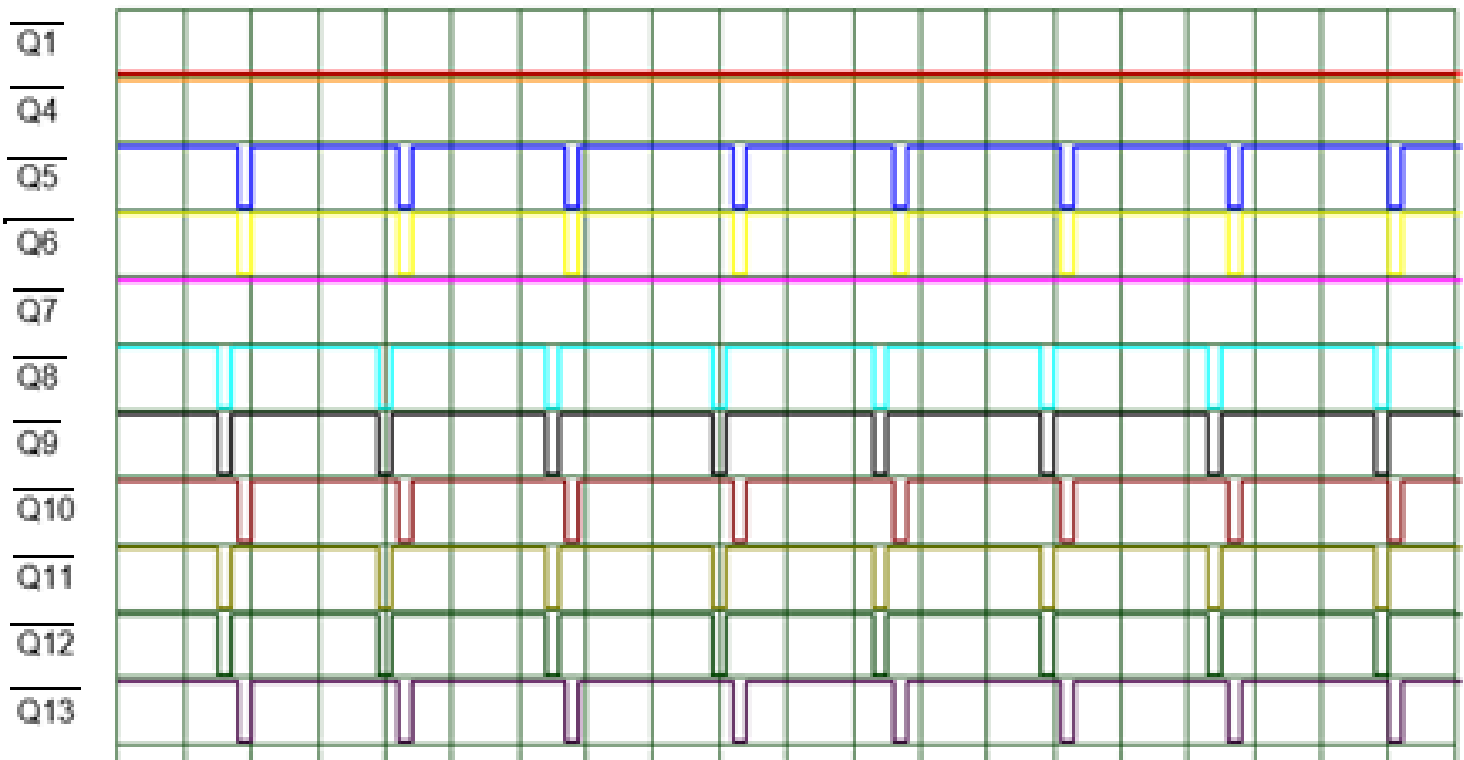


Figure III.20 Signal logique de commutation des MOSFET

On donne dans la figure suivante un exemple sur le signal de la charge et la décharge d'un condensateur dans un cas d'équilibrage.

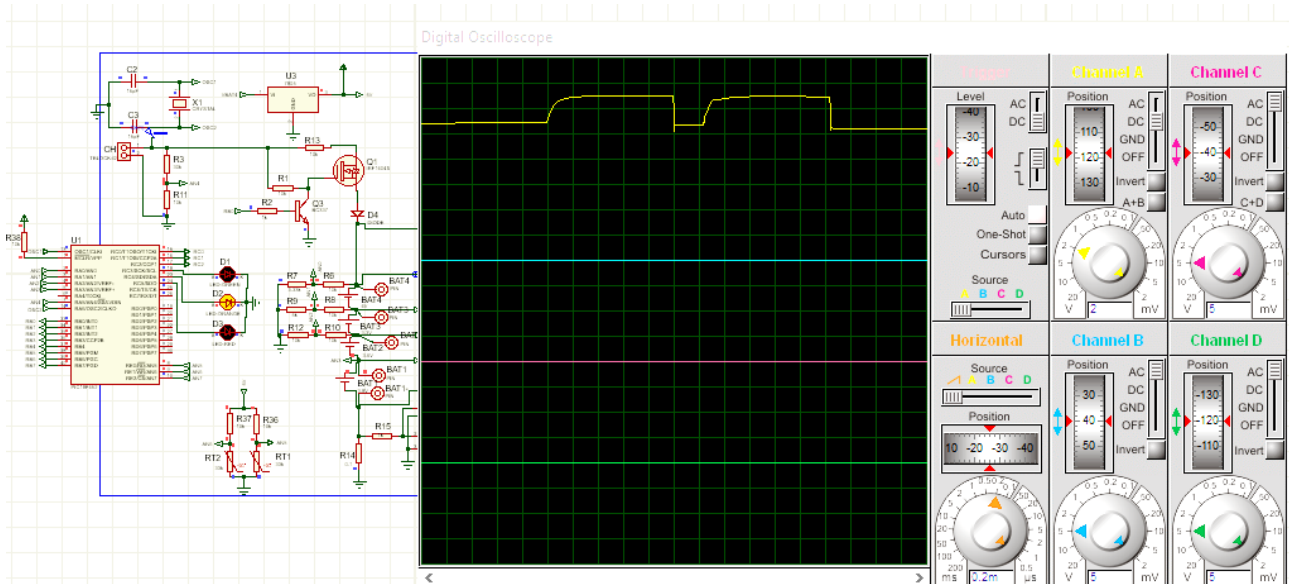


Figure III.21 signale de charge et décharge d'un condensateur.

- Si la LED orange allumera la batterie est demi chargée.

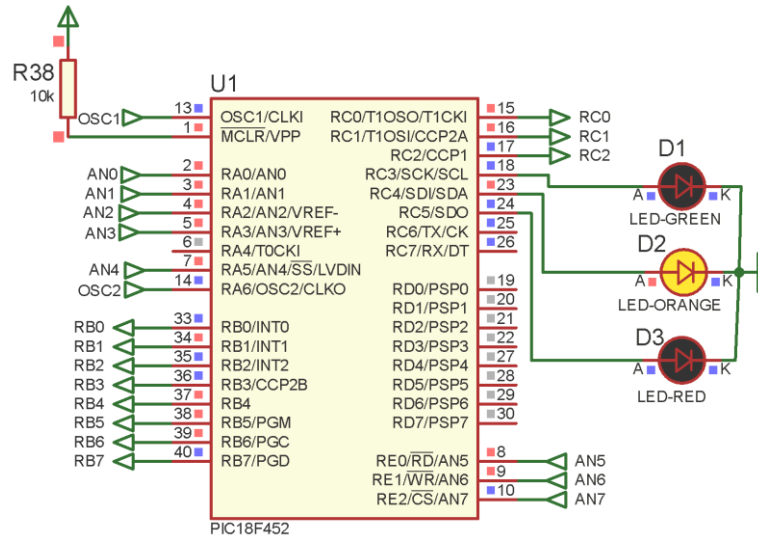
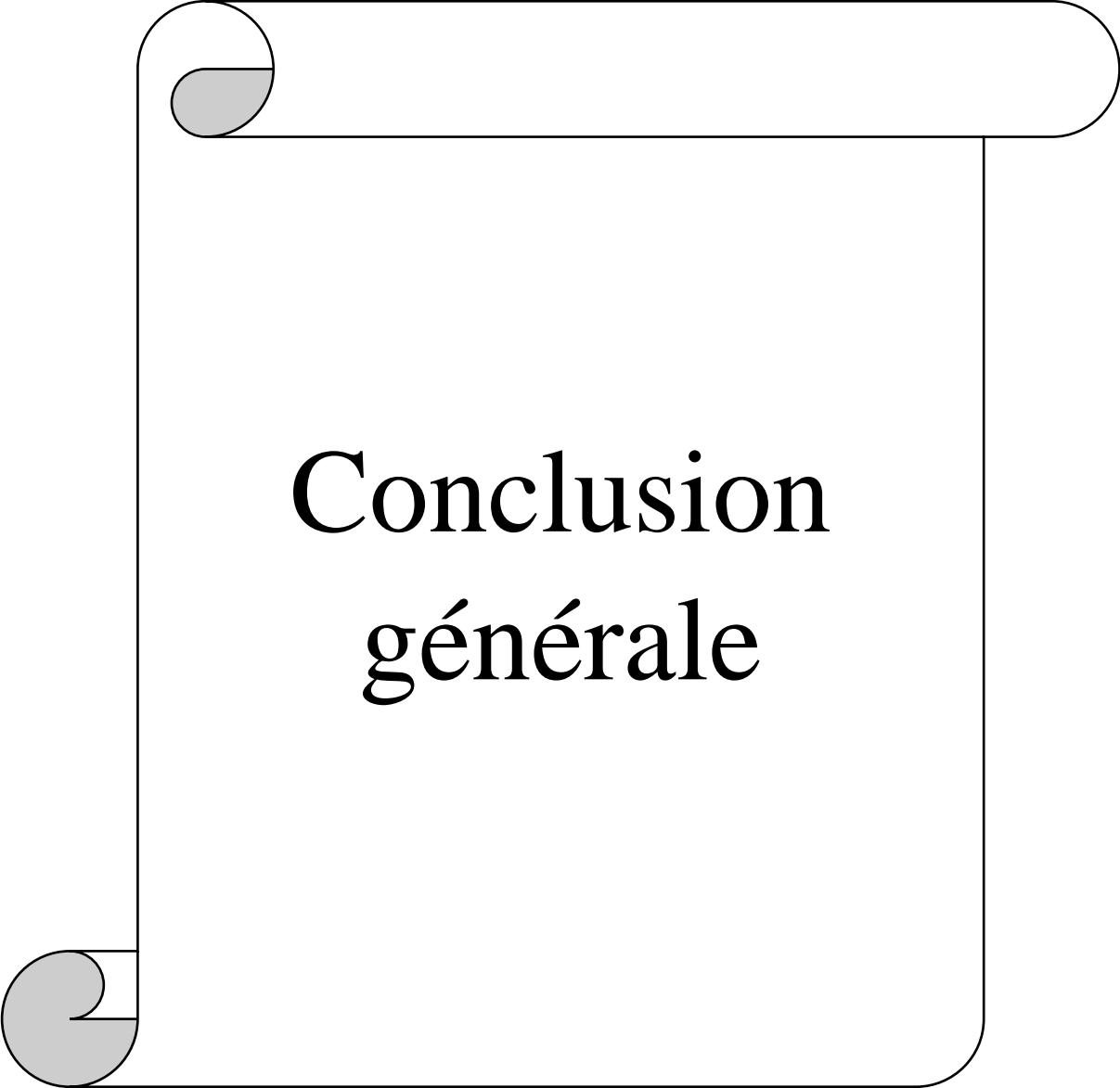


Figure III.24 la batterie est demi chargement

III.8 conclusion

La simulation informatique est une station très importante avant de passer à la réalisation pratique (côté matériel). Elle est basée sur des logiciels de haut niveau permettre la conception et la programmation des circuits.



**Conclusion
générale**

Conclusion générale

Dans ce projet, nous avons fait une réalisation d'un circuit programmable de BMS ce qui nous poussait à choisir le microcontrôleur **PIC18f452** pour gérer les fonctions de la carte électronique qui représente une partie indispensable aux applications des systèmes électroniques.

L'objectif le plus important du projet est assurer que la gestion de la batterie sera faite de manière très sanitaire et optimale. Il est important de fréquemment recueillir la température et la tension des cellules afin d'éviter des accidents ou une explosion du bloc de batterie, il en va de la sécurité des futurs utilisateurs.

La première partie du projet BMS allant au-delà d'une simple étude bibliographique sur les systèmes gestion batteries, a été enrichissante car cela demandait des capacités à la fois de compréhension d'analyse et synthèse de documents.

La deuxième partie de projet basée sur l'étude de circuit de système gestion batterie nous a permis d'approfondies nos connaissances.

La troisième et dernière partie de ce projet basé sur la simulation sous logiciel Proteus qui permet de créer la carte PCB et la programmation par logiciel mikroC, a aussi été très utile pour nos formations. J'ai ainsi pu développer mes compétences sur l'environnement de programmation et la réalisation des cartes électronique.

Références

- [1] M.Broussely, « practical lithium batteries from past to future », international meeting on lithium batteries, Biarritz, June 2006.
- [2] Buchmann Cedex Electronics Inc. Est-ce que les batteries au lithium-ion alimenteront le nouveau millénaire ? Isidor Avril 2001.
- [3] Germain VALLVERDU, Principe de fonctionnement des batteries au lithium, Université de Pau et des pays de l'Adour.
- [4] Dekkiche abdelillah ,Modèle de batterie générique et estimation de l'états de charge – thèse doctorat monteriel-le 2 mai 2008.
- [5] Jamal elouakhoumi. Étude Bibliographique et modélisation des batteries Li-Ion et des BMS. faculté des sciences et techniques gueliz de marrakech 25 Juin 2013.p8
- [6] Larminie, .T. & Lowry,. Electric Vehicle Technology Explained, Jolin 'Wiley & Sons Inc, L.2003. 314 p.
- [7] Elie Riviere. Détermination in-situ de l'état de santé de batteries lithium-ion pour un véhicule électrique. Energie électrique. Université Grenoble Alpes, 2016. Français
- [8] <https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/page/view.php?id=1320>
- [9] H.J. Bergveld et al.,“Battery Management Systems, Design by Modeling”, Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [10] Matthieu Urbain. Modélisation électrique et énergétique des accumulateurs Li-Ion. Estimation en ligne de la SOC et de la SOH. Autre. Institut National Polytechnique de Lorraine, 2009. Français
- [11] Germain VALLVERDU, Principe de fonctionnement des batteries au lithium, Université de Pau et des pays de l'Adour,2011.
- [12] Linden.D.& Reddy,ThomasB.Handbook of Batteries. 3^e Edition.McGraw-Hill, 1200p
- [13] Pascal Messier _ Algorithme d'estimation d'état de charge pour système de gestion de batterie avancé sherbrooke (québec) . canada le 12 aout 2019.
- [14] Baiwir, Romain Modélisation de systèmes de stockage électrique et leur intégration dans un réseau électrique intelligent. université de liège . 2017
- [15] <https://passionelectronique.fr/bms-fonctionnement-choix-18650-lithium/>

- [16] J. Garche and A. Jossen, “Battery Management System (BMS) for Increasing Battery Life”, TELESCON 2000. , pp. 81-88, 2000.
- [17] “Battery Management Systems in Electric and Hybrid Vehicles” *Energies* 2011, 4, 1840-1857; doi: 10.3390/en4111840
- [18] Aurélien Lièvre. Développement d’un système de gestion de batterie lithium-ion à destination de véhicules ”mild hybrid” : détermination des indicateurs d’état (SoC, SoH et SoF). *Energie électrique*. Université Claude Bernard - Lyon I, 2015. Français.
- [19] Davide Andrea” Battery Management Systems for Large Lithium Ion Battery Packs”
- [20] David Allart. Gestion et modélisation électrothermique des batteries lithium-ion. *Energie électrique*. Normandie Université, 2017. Français.
- [21] jouris jaguement gestion themique d’un pack de batteries lithium-ion en condition hivernales incluant le vieillissement _univercité du Québec_novembre2015
- [22] Akram Eddahech. Modélisation du vieillissement et détermination de l’état de santé de batteries lithium-ion pour application véhicule électrique et hybride. *Autre*. Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 2013. Français
- [23] Valer Pop et al., “Battery Management Systems: Accurate State-of-Charge Indication for Battery Powered Applications”, Springer, Volume 9, 2008
- [24] Aurélien Lièvre. Développement d’un système de gestion de batterie lithium-ion à destination de véhicules ”mild hybrid” : détermination des indicateurs d’état (SoC, SoH et SoF). *Energie électrique*. Université Claude Bernard - Lyon I, 2015. Français. ffNNT : 2015LYO10065
- [25] Etat de l’art et Modélisation de Battery Management Systems innovants _Timothée LAMBERT_INSA de Strasbourg_ Spécialité Génie Electrique - Option Energie 2014
- [26] Mohamed Daowd, «A Review of Passive and Active Battery Balancing based on MATLAB/Simulink».
- [27] Siqi Li, «A High-Efficiency Active Battery Balancing Circuit Using Multiwinding Transformer».
- [28] Davide Andrea. Battery Management Systems For Large Lithium-Ion Battery Packs. 2010, p. 300.

[29] Lip Huat Saw, Yonghuang Ye et Andrew A O Tay. « Integration issues of lithium ion battery into electric vehicles battery pack ». In : *Journal of Cleaner Production* 113 (2016), p. 1032–1045

[30] Lip Huat Saw, Yonghuang Ye et Andrew A O Tay. « Integration issues of lithium ion battery into electric vehicles battery pack ». In : *Journal of Cleaner Production* 113 (2016), p. 1032–1045

[31] <https://www.labunix.uqam.ca>

[32] J.-M. Tarascon et M. Armand, «Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries», *Nature*, vol. 414, pp. 359-367, 2001.

[33] PIC18FXX2 Data Sheet High Performance, Enhanced FLASH Microcontrollers with 10-Bit A/D .2002 Microchip

Résumé:

Le stockage d'énergie électrique est une révolution au niveau de développement du monde, les batteries d'accumulateurs et les condensateurs sont capables de disposer d'une réserve d'énergie autonome, pour assurer une autonomie importante, plusieurs industriels emploient des batteries à haut densité énergétique, dont lithium-ion est la plus nouvelle technologie, l'emploi d'un système de gestion d'énergie de batterie est essentiel avec ce type de batterie il assure l'utilisation optimale de son énergie, l'utilisation de ce système est mène à une amélioration de l'autonomie de gestion d'énergie et rend la durée de vie de la batterie plus longue et son utilisation plus sure.

Au coure de ce projet, nous avons étudié et réalisé un système de gestion de batterie basé sur une carte de commande.

Mot clé : *stockage d'énergie, batteries d'accumulateurs, énergie autonome, système gestion batterie.*

Abstract:

The storage of electrical energy is a revolution at the level of development of the world, accumulator batteries and capacitors are capable of having an autonomous reserve of energy, to ensure significant autonomy, several industrialists use batteries with high energy density, of which lithium-ion is the newest technology, the use of a battery management system is essential with this type of battery it ensures optimal use of its energy, the use of a battery management system leads to improved system runtime and makes battery life longer and safer to use.

During this project, we study and realize a battery management system based in electronic carte of controller.

Keyword: *storage of electrical energy, lithium-ion, autonomous energy, energy battery management system.*

ملخص :

يعد تخزين الطاقة الكهربائية ثورة في التطور الحاصل في العالم الحالي، فالبطاريات والمكثفات الكهربائية قادرة على الحصول على احتياطي مستقل من الطاقة ولضمان هذه الاستقلالية يستخدم العديد من الصناعيين بطاريات ذات كثافة عالية من الطاقة منها الليثيوم ايون التي تعد من احدث التقنيات المستعملة حيث يعد استخدام نظام ادارة طاقة البطارية ضروري لهذا النوع من البطاريات فهو يضمن الاستخدام الامثل لطاقتها ، ويؤدي استخدام نظام ادارة طاقة البطارية الى تحسين وقت التشغيل ويجعل عمر البطارية اطول واكثر امانا في الاستخدام.

من خلال هذا المشروع، قدمنا دراسة وانشاء نظام تسيير طاقة البطارية والذي يعتمد على بطاقة الكترونية

للتحكم في هذا النظام.

كلمات مفتاحية: *تخزين الطاقة، الليثيوم ايون، استقلالية الطاقة، نظام ادارة طاقة البطارية.*

