

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE AHMED DRAIA
-ADRAR-



جامعة أحمد دراية-أدرار

Année /2021

Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Matière

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme de Master en

Physique

Option : Physique Energétique et Energies Renouvelables

Thème

Présenté Par :

**Contribution à la réalisation d'un système de suivi et
de gestion des batteries d'accumulateurs**

Melle : BAHJIJ Khedidja

et

Melle : FOUJIL Zohra

Devant le jury composé de :

Mr. Tigrine Rachid	Président	Pr.	Université Ahmed Draia-Adrar
Mr. Boudaoud Lahouaria	Examineur	MCA	Université Ahmed Draia -Adrar
Mr. Sayhi Mostefa	Promoteur	MCB	Université Ahmed Draia -Adrar

Année Universitaire 2020/2021

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne populaire et démocratique
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE AHMED DRAYA - ADRAR
BIBLIOTHÈQUE CENTRALE
Service de recherche bibliographique
N°.....07.....B.C/S.R.B//U.A/2021



جامعة احمد دراية - ادرار
المكتبة المركزية
مصلحة البحث البيوغرافي
الرقم.....07.....م.م/م.ب.ب/ج.أ/2021

شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): SAYHI Mostefa

المشرف على مذكرة الماستر.

الموسومة بـ: Contribution à la réalisation d'un système de suivi et de gestion des batteries d accumulateur

من إنجاز الطالب(ة): BAHJIJ khedidja

و الطالب(ة): FOUJIL zohra

كلية: Sciences et technologies

القسم: Sciences de la Matière

التخصص: Physique Energétique et Energies Renouvelables

تاريخ تقييم / مناقشة:

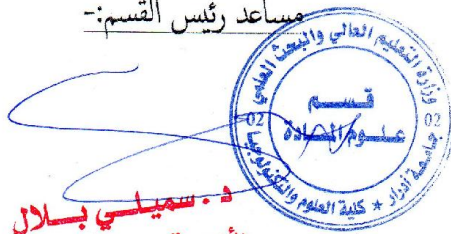
24/06/2021

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم، وان المطابقة بين النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها. وإمكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والإلكترونية (PDF).

= امضاء المشرف

ادرار في:

مساعد رئيس القسم:-



د. سميلي بلال
رئيس قسم علوم المادة

ملاحظة: لا تقبل أي شهادة بدون التوقيع والمصادقة.



Dédicace1

**Je dédie ce modeste travail
Particulièrement à ma mère et mon père
pour tous les sacrifices qu'ils ont faits pour
moi.**

A mon frère, à mes frères et tous mes amis.

**Et enfin à tous ceux qui m'ont aidé de près
ou de loin dans mon travail**



Dédicace2

Je dédie ce modeste travail
Particulièrement à ma mère et mon père
pour tous les sacrifices qu'ils ont faits pour
moi.

A mon frère, à mes frères et tous mes amis.

Et enfin à tous ceux qui m'ont aidé de près
ou de loin dans mon travail

Remerciements

Merci et louangés à DIEU tout –puissant majestueux d’abord pour la bénédiction de la patience et la capacité d’accomplir le travail dieu est loué pour ces bénédictions.

Nous exprimons nos remerciements et notre gratitude à notre promoteur, Dr SAYHI Mostefa, qui a supervisé ce travail, et pour tout le soutien, la direction et les conseils qu’il nous a fournis pour le mener à bien.

Nous tenons également à remercier tout particulièrement le professeur CHIBANI Abdel malek, qui ne nous a pas épargné son temps ni ses connaissances.

Table des matières

Page de garde : « contribution à la réalisation d'un système de suivi et de gestion des batteries d'accumulateur ».....	
Dédicace1.....	i
Dédicace2.....	ii
Remerciements	iii
Table des matières	v
Liste des figures.....	vi
Liste des tableaux	vii
Liste des Acronymes	viii
Nomenclature	ix
Introduction Générale.....	1

Chapitre 1 : Généralités sur les Batteries

1.1. Introduction	3
1.2. Définition de batteries d'accumulateur	4
1.3.Principe fonctionnement de batterie d'accumulateur.....	4
1.4Classification des batteries.....	5
1.5. Différentes technologies d'accumulateurs	6
1.6.Différents types de batteries d'accumulateurs.....	7
1.6.1L'Accumulateur au plomb.....	7
1.6.1. Caractéristiques de l'accumulateur au plomb	7
1.6.2L'accumulateur au nickel-cadmium.....	8
1.6.2.1Caractéristiques de l'accumulateur NiCd.....	9
1.6.3L'Accumulateurs aux ions de lithium.....	9
1.6.3.1Caractéristiques de l'accumulateur Li-ion	10
1.6.4L'Accumulateurs aux hydrures métalliques de nickel.....	10
1.6.4.1Caractéristiques de l'accumulateur NiMH.....	11
1.7. Comparaison entre les 4 types d'accumulateurs	12
8.Conclusion.....	12

Chapitre 2 Système de management de batterie (SMB)

2.1. Introduction	14
2.2 Fonctionnalités assurées par le BMS.....	15

2.3	Moniteur.....	20
2.4.	Les Etats des cellules.....	20
2.4.1.	L'Etat de charge : State of Charge.....	20
2.5	Equilibrage des cellule.....	21
2.5.1	Equilibrage dissipatif	21
2.5.2	Equilibrage redistributif	22
2.6	Protection de la batterie.....	22
2.7	Topologie.....	23
2.8	Concluions.....	24

Chapitre3 Simulation par Simulink

3.1.	Introduction.....	26
3.2	Définition de Proteus.....	28
3.3	Simulation de cycle charge-décharge par Simulink	29

Liste des figures :

Figure 1.1 Construction d'une batterie.....	4
Figure 1.2: Cellule électrochimique de base.....	5
Figure 1. 3 :Photo de battre au plomb acide.....	7
Figure1.4: Photo de batteries li_ino.....	10
Figure 1.5 : Photo de batteries Ni M.....	11
Figure 2.1 :Diagramme générique d'un BMS.....	15
Figure2.2 : <i>Illustration de la plage d'utilisation en tension d'un élément Li-Ion NMC</i> ...	19
Figure2.3 :Photo de Système de management de batterie (BMS).....	24
Figure 3 .1 : Diagramme du système.....	29
Figure 3.2 : Initialisation le programme sur le pic.....	29
Figure3.3 : Face avant d'afficheur LCD.....	30
Figure3.4 :État charge et décharge.....	31

Liste des tableaux :

Tableau (1.1) Caractéristiques de l'accumulateur au plomb.....	7
Tableau(1.2) Caractéristiques de l'accumulateur Ni-Cd.....	9
Tableau (1.3) Caractéristiques de l'accumulateur Li-ion.....	10
Tableau (1.4) Caractéristiques de l'accumulateur Ni MH.....	11
Tableau(1.6) Comparaison entres les quatre type d'accumulateurs.....	12

Liste des Acronymes :

Li – ion Accumulateur aux ions de lithium.

Ni – Cd Accumulateur au nickel cadmium.

Ni MH Accumulateur aux hydrures métalliques de nickel.

Pb Accumulateur au plomb

EV véhicule électrique (Electrical vehicle)

EOL fin de vie (End of life)

BMSSystème de management de batterie

SoC State of Charge □ État de charge, qui définit la quantité de charge restante pouvant être soutirée à une cellule en comparaison de la totalité de charge pouvant être stockée.

SoHState of Health État de santé, qui quantifie le degré de vieillissement d'une cellule en se basant sur la dégradation de son impédance interne et/ou de la perte de capacité.

SoF State of Function État de fonctionnement, qui informe sur la disponibilité de la cellule pour une application donnée (niveau de courant, durée d'impulsion) en fonction de ses états internes (température, SoC, ouvert, soit la tension mesurable lorsque la cellule est au repos (à courant nul) depuis une durée suffisamment

Nomenclature :

PPV: La puissance du générateur PV [w]

PL: La charge demandée au temps t [c]

η_{inv} :Rendement électrique de l'installation (tenant compte des différentes pertes et des convertisseurs).

CBat: La capacité de stockage de la batterie [Ah]

DOD : La profondeur de décharge

SOC :l'état de charge

Na: Le nombre de jours d'autonomie

Vb: La tension du système [V]

B :Capacité exponentielle en Ah-1

Introduction générale

L'utilisation de recours à des énergies propres pour assurer la sécurité énergétique et le développement économique et social des populations devient incontournable.

Dans le contexte du développement durable pour répondre au double défi mondial que posent l'épuisement, l'avenir des ressources énergétiques fossiles et les problèmes posés par rapport à l'environnement, incitations fortes qui poussent au développement des énergies renouvelables, il y a l'énergie solaire, qui toujours été considérée comme la source de la majorité des énergies.

L'énergie solaire assure des conditions de température propices à la vie. La production d'électricité peut être obtenue directement à partir de par conversion photoélectrique, l'énergie produite par les panneaux solaires est stockée dans des batteries.

Le stockage de l'énergie consiste à mettre en réserve une quantité de l'énergie provenant d'une source en un lieu donné, sous une forme aisément utilisable, pour une utilisation ultérieure, il est nécessaire pour valoriser avec efficacité les énergies renouvelables et propres lorsqu'elles sont intermittentes.

Dans notre modeste travail, nous parlerons sur projet BMS utilise des dispositifs programmables (Microcontrôleur Microchip), qui garantissent la polyvalence et la possibilité d'adaptation du système à la variation des spécifications et à l'utilisation de différents types de cellules, selon les différentes applications auxquelles les modules seront dédiés.

Parmi les travaux de BMS, suivi la charge et de la décharge.

Dans le premier chapitre, nous avons étudié le principe de certaines batteries, leurs caractéristiques, et les différences entre elles, par exemple, batterie lithium et batterie plomb acide.....etc.

Et dans deuxième chapitre, nous avons étudié le programme du système de gestion de la batterie pour les maintenir en gagnant une durée de vie plus longue en cas de charge et de décharge et comment équilibrer la chaîne de la batterie.

Dans le troisième chapitre, nous avons simulé la charge et la décharge dans BMS et en analysant ses résultats.

Chapitre I :

Les Batteries

1.1 Introduction

Depuis la 1ère mise au point par Gaston Planté en 1859 d'une batterie rechargeable au plomb-acide¹, les batteries ont révolutionné la façon de stockage de l'énergie. De nos jours elles ont permis une très grande mobilité et indépendance pour des secteurs condamnés auparavant, à être fixe (Télécommunication, instruments de mesure, appareillages médicales...etc.) ; d'autres parts, les batteries sont des solutions inéluctables pour l'aéronautique, le spatiale (lanceurs, satellites) et nouvellement pour les Smartphones, tablettes et les véhicules électriques (EV) [1-5]

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

Par l'encouragement quasi-mondiale du développement durable et l'exploitation des énergies renouvelables pour se substituer aux autres formes d'énergie (énergies fossiles, nucléaire,...), les batteries (accumulateurs) sont mises en valeurs comme une solution de stockage d'énergie qu' on peut récupérer aisément sous une forme électrique par une phase provoquée de décharge, et par la suite la régénérer lors d'une phase de charge. Les batteries d'aujourd'hui ont l'avantage d'être recyclées [6]

Car la majorité des composants constituants sont récupérables à leurs fins de vie (EOL) et peuvent être réutilisés pour en fabriquer d'autres. Toutefois, pour certains, elles ne sont pas biodégradables.[7]

Tel qu'il a été décrit au chapitre premier, la technologie des accumulateurs s'adapte selon les applications. On trouve les accumulateurs au plomb-Acide en 1er plan, à 65%, du Marché Mondiale des batteries, vues leurs implication dans le domaine de l'automobile, les applications industrielle de traction et dans les installations énergétique isolé et de secours. Une autre technologie, le « Nickel-Cadmium » a dominé les applications portables et aérospatiales. Pour plus de performances avec des batteries encore plus légères et moins volumineuses, des travaux de recherche ont été menés, permettant la mise en oeuvre d'autres couples comme (Nikel-Métal-Hydrure et Nikel-Hydrogène). Aujourd'hui, l'ensemble des batteries se retrouve tacler par des technologies récentes prometteuses à base du lithium-ion.

Les caractéristiques technologiques des batteries ainsi que les phénomènes chimiques gouvernant leurs fonctionnements sont communs pour l'ensemble des systèmes électrochimique

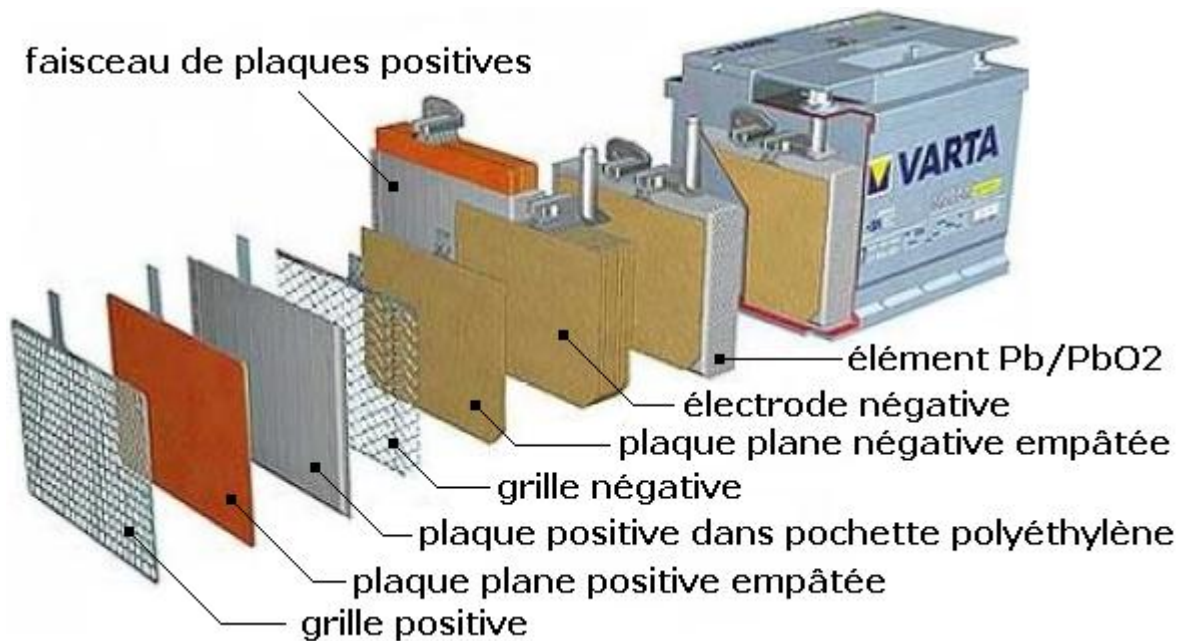


Figure (1.1) : Construction d'une batterie

1.2 Définition de batteries d'accumulateur :

Les **batteries** sont des **accumulateurs électrochimiques**. Elles sont capables de convertir de l'énergie électrique en un processus chimique réversible. Les **piles** ne sont pas des accumulateurs électrochimiques, car elles ne sont pas rechargeables. Leur fonction au sein d'un système technique est **stocker de l'énergie électrique** pour la restituer ultérieurement. On les retrouve dans les appareils autonomes ou embarqués qui sont de plus en plus nombreux au quotidien : appareils photo, téléphones portables, lecteurs MP3, jouets, jeux électroniques, télécommandes, petit électroménagers, outillages portatifs, véhicules automobiles... [8]

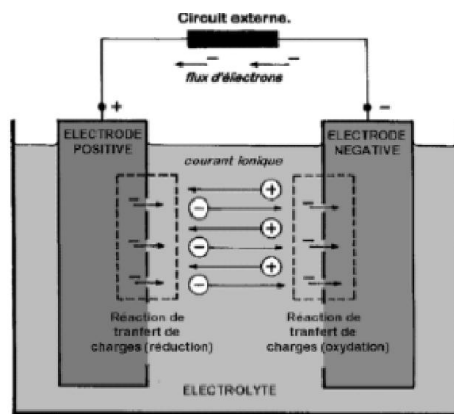
1.3 Principe fonctionnement de batterie d'accumulateur :

Il est nécessaire de comprendre les phénomènes chimiques de base gouvernant le fonctionnement des batteries afin de pouvoir justifier les choix des méthodes, des modèles, et par la suite mieux interpréter les résultats de ces **Electrode Négative** interactions. Le schéma de principe d'une cellule électrochimique est illustré par la Figure (1.2).

Lors d'une décharge de l'accumulateur, la réaction d'oxydation qui se produit à l'anode libère un ou des électrons dans le circuit extérieur. Ces électrons circulent alors jusqu'à la cathode où ils participent à la réaction de réduction (gain d'un ou plusieurs électrons). Simultanément,

les anions et les cations migrent dans la solution électrolytique entre les deux électrodes afin de préserver l'équilibre des charges. Lorsque l'anode est complètement oxydée (ou la cathode totalement réduite), ces réactions s'achèvent et la batterie est déchargée. Quant à la charge, elle est réalisée en appliquant un courant électrique aux électrodes afin d'engendrer les réactions inverses [9]

En décharge, l'anode est la borne négative de la batterie et la cathode est la borne positive. Par contre, en phase de charge l'électrode négative est la cathode et le positif est l'anode, les électrons circulant alors dans l'autre sens.



Figure(1.2) : Cellule électrochimique de base

4. Classification des batteries :

batteries se regroupent sous deux grandes classes : accumulateurs primaires (non-rechargeable) et autres secondaires (rechargeable), on distingue aussi d'autres genres de classifications basées soit sur une structure particulière (conception technologique) ou un domaine d'utilisation bien défini.

4.1 Batterie secondaires

Une batterie secondaire est un dispositif électrochimique destiné à emmagasiner de l'électricité pour la restituer ensuite à la demande. Ce genre de batterie peut être chargée électriquement une fois déchargée par le passage d'un courant électrique à travers ces électrodes en sens inverse du courant de décharge. C'est ce qui lui donne son aspect de dispositif de stockage d'énergie électrique connue sous le nom '**Accumulateur**'.

1app. Les applications où les accumulateurs sont utilisés comme un moyen de stockage d'énergie, sont généralement connectés à une source électrique pour être chargé (alternateur, réseau électrique, système GPV...etc.), et une charge qui consomme l'énergie délivrée par

l'accumulateur en régime de décharge, exemple : voiture, installations électriques en avion, satellite, alimentation de secours non interrompible (UPS).

2app. Dans ce cas ils sont utilisés à la place des batteries primaires en régime de décharge ; avec l'avantage d'être rechargeable plusieurs fois (cycles) plutôt que jetable. A titre d'exemple, on distingue que ce choix se fait pour certains étages du lanceur afin de couvrir les phases des essais de pré-lancement et aussi pour éviter de les changer en cas de retard du lancement[10]

5. Différentes technologies d'accumulateurs :

Jusqu'à la fin des années quatre-vingt, les deux principales technologies répandues sur le marché étaient les accumulateurs au **plomb** (pour le démarrage de véhicules, l'alimentation de secours de centraux téléphoniques...) et les accumulateurs **nickel-cadmium** (outillage portable, jouets, éclairage de secours...).

La technologie au **plomb**, connue plus communément sous le nom de **batterie au plomb**, est également qualifiée de système au plomb-acide. En effet, les réactions chimiques mises en jeu impliquent l'oxyde de plomb constituant l'électrode positive (improprement appelée cathode) et le plomb de l'électrode négative (anode), toutes deux plongées dans une solution diluée d'acide sulfurique qui constitue l'électrolyte. Ces réactions tendent à convertir le plomb et l'oxyde de plomb en sulfate de plomb, avec formation d'eau. Pour recharger la batterie, ces réactions doivent être inversées par la circulation d'un courant électrique imposé. Les inconvénients relevés sur la technologie au plomb (poids, fragilité, utilisation d'un liquide corrosif) ont conduit au développement d'accumulateurs **alcalins**.

Les accumulateurs **alcalins**, de plus grande capacité (quantité d'électricité restituée à la décharge) mais développant une force électromotrice moindre (différence de potentiel aux bornes du système en circuit ouvert) sont utilisés dans des applications où le poids est un paramètre primordial. Leurs électrodes sont soit à base de **nickel** et de **cadmium** (accumulateur nickel-cadmium), soit à base d'oxyde de nickel et de zinc (accumulateur zinc-nickel), soit à base d'oxyde d'argent couplé à du zinc, du cadmium ou du fer (accumulateurs à l'oxyde d'argent).

Toutes ces technologies utilisent une solution de potasse comme électrolyte. Les technologies au plomb, comme les accumulateurs alcalins, se caractérisent par une grande fiabilité, mais leurs densités d'énergie massiques restent relativement faibles (35 Wh/kg pour le plomb, 55 Wh/kg pour le nickel-cadmium).

Au début des années quatre-vingt-dix, avec la croissance du marché des équipements portables, deux filières technologiques nouvelles ont émergé : les accumulateurs nickel-métal hydrure et les accumulateurs au lithium.[11]

6. Différents type batterie d'accumulateurs :

6.1 L'Accumulateur au plomb

On a déjà utilisé les accumulateurs au plomb à la fin du siècle dernier pour le démarrage des moteurs à combustion interne et pour les batteries de secours dans les hôpitaux. Ce type d'accumulateur, inventée en 1859 par Planté, est le plus ancien des accumulateurs secondaires. En plus, sa technologie est bien connue et très largement utilisée du fait que le coût de fabrication n'est pas élevé. La résistance interne de l'accumulateur au plomb est très faible.

Ci-dessous un tableau qui résume quelques caractéristiques de la batterie



Figure(1. 3) : photo de batterie au plomb acide

6.1.1 Caractéristiques de l'accumulateur au plomb

Tension nominale par cellule [volt]	2,1
Température de fonctionnement [°C]	ambiante
Autodécharge	~ 2 % par jour
Temps de charge [h]	8 heures, charge jusqu'à 90% de la capacité dans la première heure.
Nombre de cycles de vie	Jusqu'à 800 cycles.

Tableau (1.1) Caractéristiques de l'accumulateur au plomb[10]

Bien que l'accumulateur au plomb fait toujours partie des moyens de stockage d'énergie dans l'industrie, il présente quelques inconvénients qu'on peut noter et qui sont :

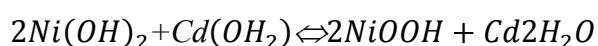
- Cycle de vie faible, environ 400 cycles (charge et décharge) dans des applications hybrides.
- Énergie spécifique faible, donc si on veut une grande puissance la batterie d'accumulateurs sera plus lourde, ce qui n'est pas vraiment économique dans les véhicules hybrides
- Faible performance à basses température

6.2 L'accumulateur au nickel cadmium

Le nickel cadmium était considéré comme le compétiteur du plomb dans la conception des véhicules électriques. Parmi les avantages de ce type d'accumulateurs on peut citer les suivants :

- Énergie spécifique doublement supérieure à celle de l'accumulateur au plomb.
- Puissance spécifique élevée.
- Grande durée de vie.
- Résistance interne très faible,
- Faible autodécharge.
- Bonne performance à basse température.

L'électrode et la cathode du couple chimique sont le siège des réactions globales suivantes:



L'inconvénient majeur des accumulateurs nickel cadmium c'est que le cadmium est un élément chimique polluant. D'autre part, le coût de fabrication de ce type de batterie d'accumulateurs est trois fois supérieur à celui de la batterie au plomb. le tableau ci-dessous présente quelques paramètres nominaux d'un accumulateur Ni-Cd

6.2.1 Caractéristiques de l'accumulateur Ni-Cd

Tension nominale par cellule [volt]	1,2
Resistance interne	~ 0.06 ohm par cellule de 1 Ah
Température de fonctionnement [°C]	- 40 à + 80
Autodécharge	0,5 % par jour
Temps de charge [h]	1 heure, charge rapide jusqu'à 60% de la capacité dans les 20 premières minutes.
Nombre de cycles de vie	Jusqu'à 1200

Tableau (1.2) Caractéristiques de l'accumulateur Ni-Cd

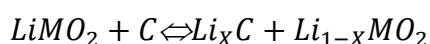
Le principal marché de ce type d'accumulateur est celui des appareils portables ainsi que les équipements électroniques. Les accumulateurs nickel cadmium ont été utilisés dans la version électrique de la Peugeot 106, Citroën AX, Renault Clio et Ford. On note aussi que ce type d'accumulateur est rarement utilisé dans les véhicules électriques hybrides.

6.3 L'accumulateur aux ions de lithium

Les premiers accumulateurs de ce type ont été commercialisés par Sony dans les années 90.

Ils présentent un plus grand potentiel électrochimique. En plus, le lithium est le plus léger des métaux. Les accumulateurs aux ions de lithium sont largement utilisés dans l'industrie des ordinateurs portables, les téléphones cellulaires ainsi que dans les systèmes embarqués à cause de leur haute densité d'énergie. D'ailleurs, ce type de batterie d'accumulateurs a une bonne performance à température élevée et une faible auto décharge d'autant plus qu'il ne présente aucun effet mémoire.

Les deux électrodes du couple chimique sont le siège des réactions globales suivantes :



Les premières batteries d'accumulateurs de ce genre avaient des durées de vie assez faibles. Afin de remédier à ce problème, on a changé la structure de l'électrode au lithium. Le tableau ci-dessous présente quelques caractéristiques nominales de l'accumulateur

6.3.1 Caractéristiques de l'accumulateur Li-ion

Tension nominale par cellule (volt)	3,6
Resistance interne	Très faible
Température de fonctionnement (°C)	ambiante
Autodécharge	Faible, 10% par mois
Temps de charge (h)	2 à 3
Nombre de cycles de vie	Plus que 1000

Tableau(1.3) Caractéristiques de l'accumulateur Li-ion

Le seul inconvénient que présente l'accumulateur aux ions de lithium est que l'électrode négative est composée de lithium métallique qui peut causer des problèmes de sécurité. Pour contrer cela, un autre type d'accumulateur a été développé, il s'agit des accumulateurs lithium polymère qui fournissent un peu moins d'énergie, mais ils sont plus sûrs



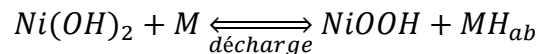
Figure(1.4):photo de batteries li_ion

6.4L' Accumulateur aux hydrures métalliques de nickel

La recherche sur ce type d'accumulateur a commencé dans les années 70. L'accumulateur au nickel hydrure métallique a remplacé progressivement celui au nickel cadmium parce qu'il présente de meilleures performances. Actuellement, cet accumulateur domine le marché des véhicules hybride comme la Toyota Prius et la Honda Insight. L'avantage majeur de ce type

d'accumulateur c'est qu'il présente un bon compromis entre le prix, l'énergie, la puissance, Et l'environnement

D'autre part, ce type d'accumulateur n'est pas polluant comme le nickel cadmium, car l'hydrogène, absorbé par le métal hydrure, constituant l'électrode négative n'est pas un élément toxique. En plus, les accumulateurs aux hydrures métalliques de nickel sont très peu sensibles à l'effet mémoire par rapport à ceux au nickel cadmium. Les deux électrodes du couple chimique sont le siège des réactions globales suivantes :



Fiugre(1.5) :photo de batteries NiMH

6.4.1Caractéristiques de l'accumulateur NiMH

Tension nominale par cellule [volt]	1,2
Resistance interne	~ 0,06 ohm par cellule de 1 Ah
Température de fonctionnement [°C]	ambiante
Autodécharge	Faible, jusqu'à 5% par jour
Temps de charge [h]	1 heure, charge rapide jusqu'à 60% de la capacité dans les 20 premières minutes.
Nombre de cycles de vie	Jusqu'à 1000.

Tableau (1.4) Caractéristiques de l'accumulateur Ni MH

Actuellement, ce type d'accumulateur est utilisé dans des apphcations spatiales, la téléphonie mobile, les ordinateurs portables, les équipements médicaux, ainsi que pour les véhicules

hybrides dans les dernières années et cela est dû à sa haute densité d'énergie. Une batterie d'accumulateurs aux hydrures métalliques de nickel offre 40% de densité d'énergie supérieure à celle fournie par une batterie au nickel cadmium de même poids .L'inconvénient c'est que les accumulateurs NiMH ont une durée de vie moins importante que celle des accumulateurs Ni-Cd et une auto décharge plus importante.

7 - Comparaison entre les 4 type d'accumulateurs :

	Plomb	Ni-Cd	NIMH	Li-ion
Tension nominale par cellule [volt]	2,1	1,2	1,2	3,6
Resistance interne	Très faible	~ 0.06 ohm par cellule de 1 Ah	~ 0,06 ohm par cellule de 1 Ah	Très faible
Température de fonctionnement [°C]	ambiante	- 40 à + 80	ambiante	ambiante
Autodécharge	~ 2 % par jour	0,5 % par jour	Faible, jusqu'à 5% par jour	Faible, 10% par mois
Nombre de cycles de vie	Jusqu'à 800 cycles.	Jusqu'à 1200	Jusqu'à 1000.	Plus que 1000

Tableau(1.6) Comparaison entre les quatre type d'accumulateurs

8 - Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté le principe de fonctionnement d'une cellule électrochimique ainsi que quelques définitions de base. La deuxième partie du chapitre a été consacrée aux quatre types d'accumulateurs cités au préalable, on a présenté les caractéristiques de base pour chacun d'eux avec les avantages et les inconvénients. Le choix de ces quatre types d'accumulateurs est justifié par le fait qu'ils sont largement utilisés dans plusieurs applications grand public et industrielles.

Chapitre 2 :
Systeme de
management de
batterie (SMB)

2.1. Introduction :

Pour certaines applications alimentées par batterie, le module de stockage (plusieurs cellules) est doté d'un système de gestion et de distribution d'énergie appelé système de management de batterie (BMS). Dans le but d'optimiser ses performances par rapport aux demandes de la mission tout en limitant les risques de dégradation de la batterie, ce système interface avec les autres modules embarqués et fonctionne en temps réel pour le contrôle du charge/décharge [12.14]

Durant toute la mission, un BMS a pour rôle d'assurer les tâches suivantes :

- Collection des informations des capteurs installés sur les cellules de la batterie (tensions, courant, température, état de thermostat...etc.).
- Contrôle de la charge batterie pour assurer une phase de charge la plus courte possible à des conditions seines, sur la base d'algorithmes intégrés dans le BMS [15].

La gestion du rééquilibrage (Balancing) des cellules afin d'aboutir à des performances optimales du module batterie. Ce rééquilibrage est nécessaire dans les batteries à plusieurs cellules (sérié/parallèle) ou avoir une cellule stressée (qui se comporte comme une charge) limite la performance de l'ensemble du module. Le BMS contrôle ce rééquilibrage des cellules à travers une instrumentation installée et une stratégie (algorithme) prédéterminée et implémentée dans le BMS [16].

- La protection de la batterie des risques en évitant la surcharge ou la sur décharge excessive ou d'autres anomalies majeures (e.g, l'augmentation de la température pour les Li-Ion) qui peuvent se produire en cas de défaillance de la batterie ou des équipements dans l'environnement qui l'entoure. Cette protection peut être physique, par relai pour arrêt d'urgence ou par envoi d'alarme (rapport à l'utilisateur).
- Monitoring l'état de la batterie et communication d'information (SOC, DOD, température, alarmes, jauge...etc.).
- Le Contrôle thermique de la batterie a pour but de maintenir les batteries dans une plage d'opération sécurisée. Ce contrôle peut aller d'une simple mesure de la température afin de revoir la stratégie des équipements auxiliaire à mettre en servie comme c'est le cas pour des batteries VRLA, jusqu'au réchauffage ou le refroidissement de la batterie à travers un contrôle thermique active (radiateur active, réchauffeur, thermostat...etc.) dans le cas des batteries Ni-MH et/ou Li-Ion. un système de ventilation peut être envisagé pour dégager les gaz hasardeux générés par la batterie.

- La commination (TM/TC) avec l'ordinateur de bord (OBC) de l'application selon des protocoles de communication standard (I2C, RS-232, CAN ou Os-link...etc.).

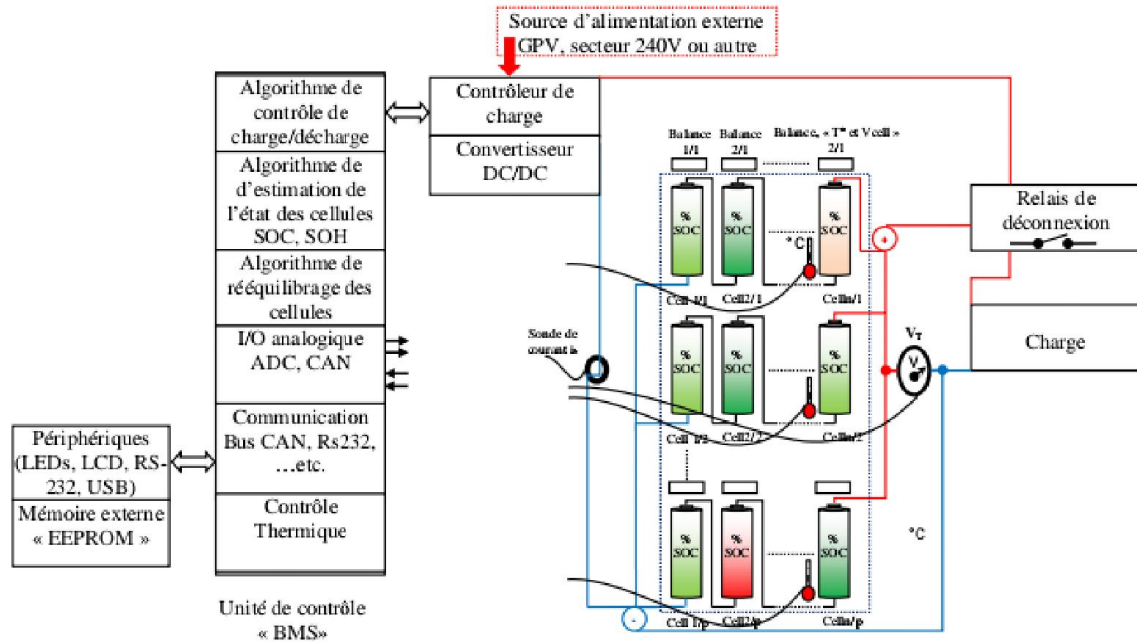
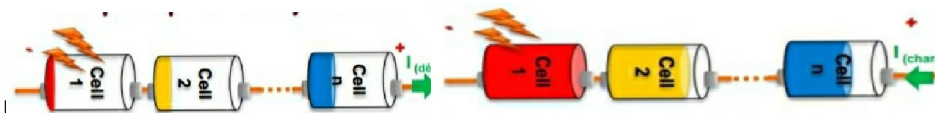


Figure 2.1 Diagramme générique d'un BMS police

2.2 Fonctionnalités assurées par le BMS

Les fonctionnalités d'un BMS peuvent être réparties en différentes catégories[17] :



Mesurer et Commander :



:

- Mesure des tensions et température des éléments
- Mesure de tension, courant et isolement du pack batterie
- Commande du contacteur, du système de régulation de température, voire du Système d'extinction d'incendie

Protéger :



- Détecter ou prédire les dangers au sein du pack: surcharge ou sur décharge des

éléments, court-circuit entre éléments, températures trop hautes ou trop basses

- Détecter ou prédire les dangers extérieurs au pack: surcharge, sur décharge, courant trop important, court-circuit, défaut d'isolement
- Protéger le pack batterie face à ces dangers

Gerer :



Estimer l'état de charge (SOC - State Of Charge)

- Estimer la puissance disponible
- Estimer la puissance maximale de charge
- Assurer l'équilibrage des éléments électrochimiques

Diagnostic :



- Détection des défauts rencontrés
- Estimation de l'état de santé (SOH - State Of Health)
- Estimation de la durée de vie restante (SOL - State Of Life)

Interfacer :



- Communiquer les informations pertinentes à l'applicatif extérieur:
- Alertes de dépassement de seuil de sécurité ou de seuil critique
- Caractéristiques maximales de charge
- Puissance et énergie disponible
- Recevoir les informations pertinentes de l'applicatif extérieur

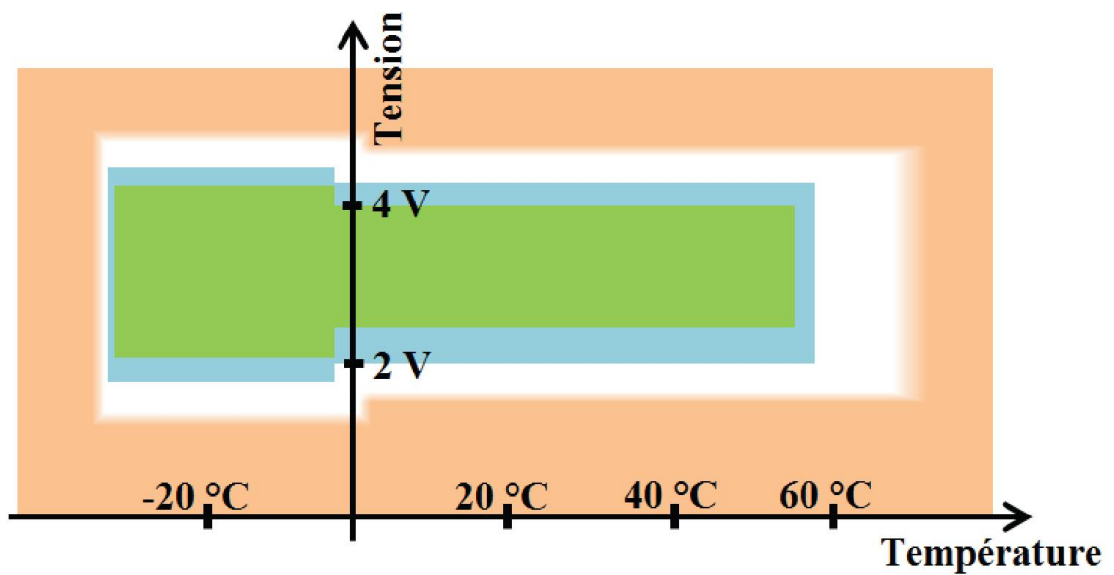


Figure2.2 : *Illustration de la plage d'utilisation en tension d'un élément Li-Ion NMC...19*

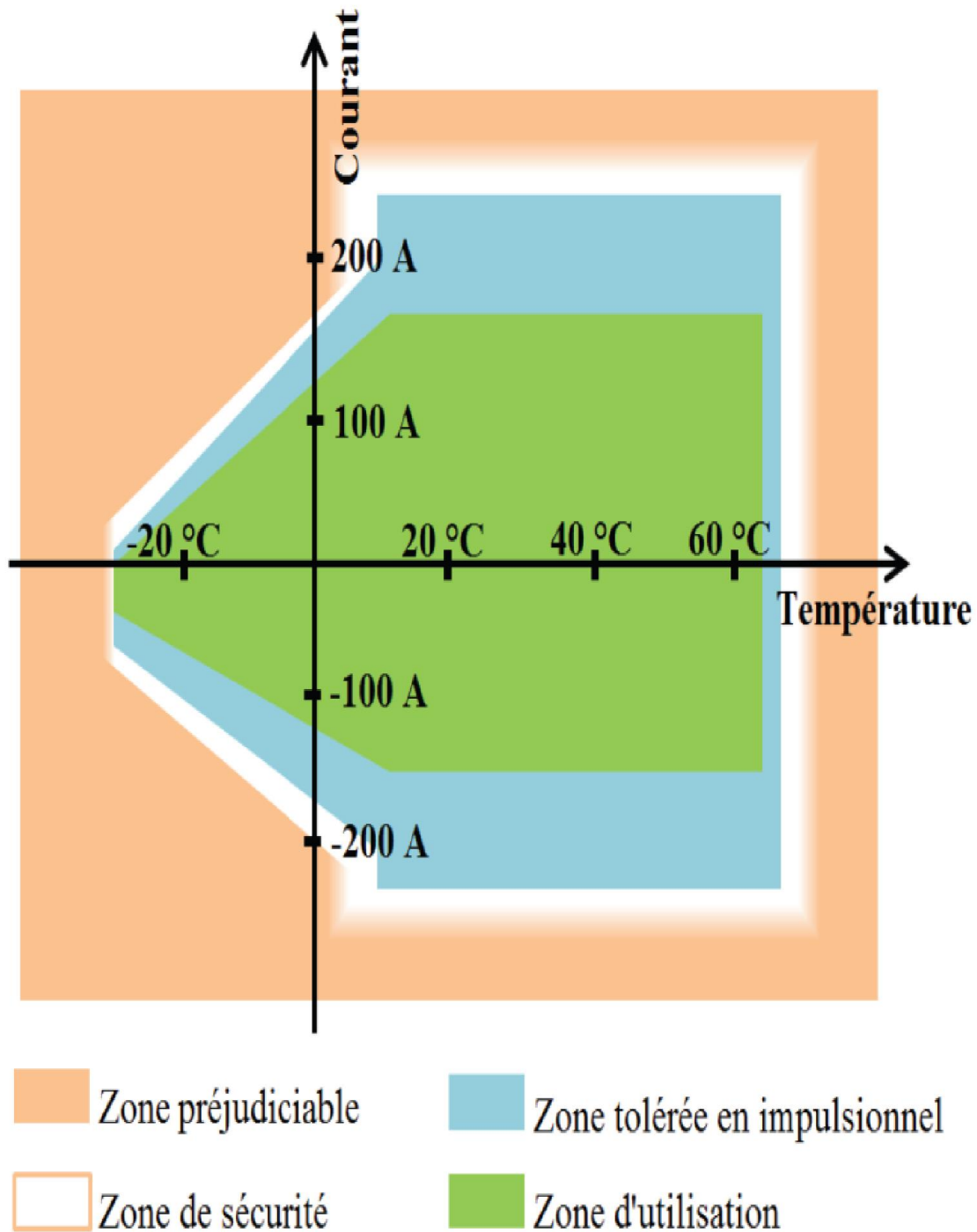


Figure2.2 : Illustration de la plage d'utilisation en tension d'un élément Li-Ion NMC

2.3 Moniteur :[18]

Un BMS est un élément indispensable sur tous les packs batteries. Il surveille l'état de différents éléments de la batterie, tels que:

- Tension: totale ou des cellules individuelles
- Température: température moyenne, température d'admission de liquide de refroidissement,

température de sortie de liquide de refroidissement, ou températures des cellules individuelles

- État de charge (SOC) ou la profondeur de décharge (DOD): indique le niveau de charge de la batterie[18]
- État de santé (SOH): mesure définie de l'état général de la batterie
- Débit du réfrigérant : air ou fluides batteries
- Courant: dans ou hors batterie

2.4 Les états des cellules

La gestion des cellules, et donc de la batterie, nécessite de connaître l'état de charge (SoC) actuel des cellules, leur état de santé (SoH) ainsi que leur disponibilité (SoF) pour le type d'application auxquelles elles sont destinées.[18]

2.4.1 L'état de charge : State of Charge (SoC)

Il s'agit du rapport (souvent exprimé en pourcent) entre la charge stockée (en Ah) à un instant " t " et la charge totale stockable (capacité en Ah) à un instant de référence. Selon les sources, cette référence peut correspondre à la capacité de la batterie donnée par le fournisseur, celle mesurée lors d'une première utilisation, ou bien à la capacité actuelle.

À noter que certaines sources parlent de profondeur de décharge (abrégié DoD pour Depth of Discharge), qui est le complément du SoC. Par exemple, pour une batterie déchargée jusqu'à un SoC de 17 %, on parle de DoD de 83 %. Le SoC représente donc la quantité de charge qui est potentiellement déchargeable alors que le DoD indique celle qu'il est possible de charger dans la cellule. On peut également noter qu'au lieu (ou en complément) du SoC, d'autres sources

introduisent la notion de SoE (State of Energy) .

Ce n'est alors plus un rapport de quantité de charge, mais un rapport d'énergie (prise en compte de la tension) qui est étudié. De façon analogue au SoC, il définit donc la quantité d'énergie stockée dans une cellule par rapport à la quantité totale stockable. Nous ne ferons plus mention des termes SoE et DoD dans la suite de ce mémoire de thèse, et préférons utiliser le terme SoC.

% près) constitue le principal objectif du BMS. Le moyen le plus efficace de remonter à ce paramètre est de se baser sur l'étude de la tension en circuit ouvert (abrégié OCV pour Open Circuit Voltage). Or, pour un même état de charge, cette tension varie selon la durée de relaxation, la température, l'état de santé (SoH), et le type d'utilisation précédent l'instant de mesure. Ce comportement étant trop complexe modéliser (et variable selon la technologie de

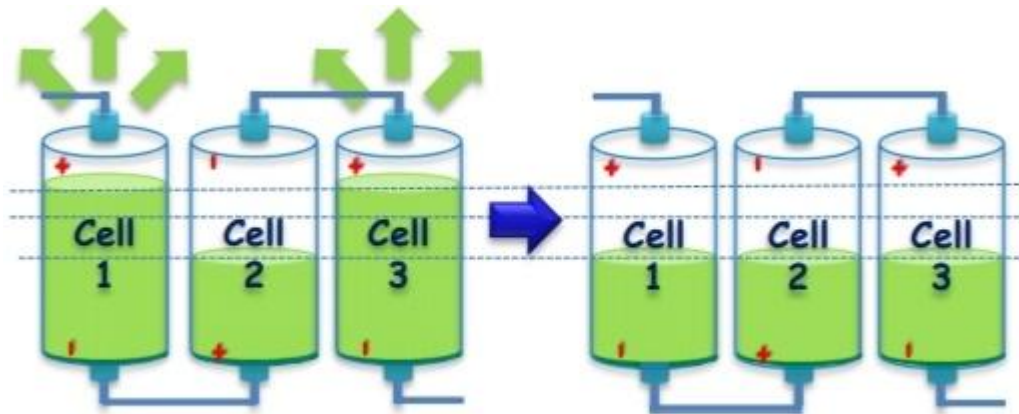
la cellule), des tables de correspondances (ou des lois simplifiées) sont établies expérimentalement afin de donner la correspondance entre OCV à et SoC dans différentes situations (température, vieillissement, ...), et pourront être extrapolées afin de se rapprocher du SoC réel[18]

2.5 Equilibrage des cellules :

Equilibrage les tensions : circuits d'équilibrage

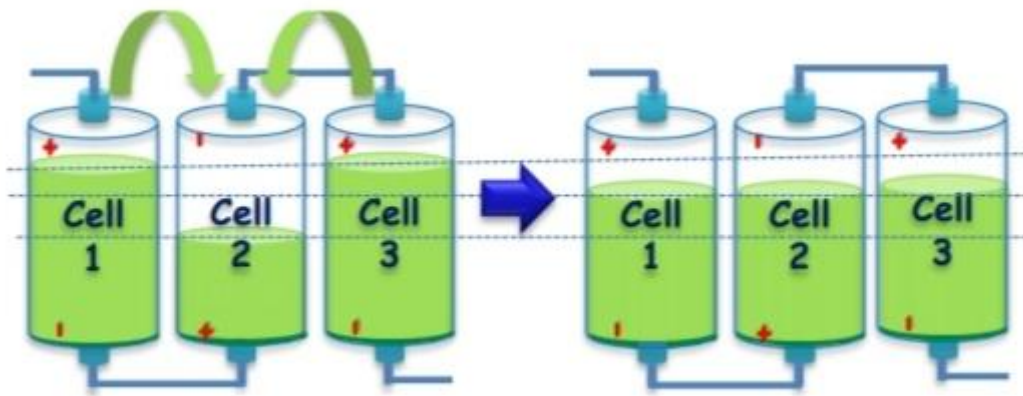
- Egalise les tensions entre éléments
- Protège les éléments de la surcharge et la sur-décharge[19]

2.5.1 Equilibrage dissipatif



- Circuits d'équilibrage dissipatif (résistif)
- Rendement énergétique (faible)
- Cout(acceptable)

2.5.2 Equilibrage redistributif



- Circuits d'équilibrage redistributif (capacitif ou inductif ou avec transformateur)
- Rendement énergétique(bon)
- Cout (élevé)

2.6 Protection de la batterie :

Un BMS protège sa batterie en l'empêchant de fonctionner en dehors de sa plage de fonctionnement

typique:

- Sur-intensité
- Sur-tension (lors du chargement)
- Sous-tension (lors de la décharge), particulièrement important pour le plomb-acide et cellules Liion
- Surchauffe
- Sous-température
- Sur-pression (NiMH batteries)

Le BMS empêche la batterie de fonctionner en dehors de sa plage de fonctionnement typique, grâce à:

- un interrupteur interne
- des dispositifs externes à la batteries qui permettent de réduire ou de mettre fin à son utilisation
- un contrôle de l'environnement, par des radiateurs, des ventilateurs, des climatiseurs ou des

réfrigérants liquides

2.7 Topologie :

Il existe différents types de BMS qui peuvent varier en fonction de la complexité et des performances demandées:

- Simples régulateurs passifs permettant d'atteindre un équilibre entre chacune des cellules en "bypassant" certaines cellules lorsque leur tension atteint un certain niveau
- Régulateurs actifs intelligents permettant d'allumer et d'interrompre une partie du chargement afin
- BMS complet signalant l'état de la batterie grâce à l'affichage, et protégeant la batterie d'un dysfonctionnement

Les BMS peuvent être organisés en 3 catégories:

- les BMS centralisés: un seul contrôleur est connecté à des cellules de batterie à travers une multitude de fils
- les BMS distribués: un contrôleur est installé sur chaque cellule, avec seulement un câble de communication unique entre la batterie et le contrôleur
- les BMS modulaires: plusieurs contrôleurs reliés à un certain nombre de cellules, accompagnés d'une communication entre les contrôleurs

Les BMS centralisés sont plus économiques, moins flexibles, et sont accompagnés d'une multitude de fils de connexion. Les BMS distribués sont généralement plus chers, plus simples à installer, et ont un aspect plus propre. Les BMS modulaires offrent un bon compromis entre les avantages et les inconvénients des deux autres topologies. Les exigences relatives à un BMS dans les applications mobiles (tels que les véhicules électriques) et les applications stationnaires (comme les panneaux photovoltaïques ou les éoliennes) sont différentes, en particulier par rapport au poids ou à l'espace utilisé, de sorte que les intégrations matérielles et logicielles

doivent être adaptées à l'utilisation spécifique de chaque produit. Dans le cas des véhicules électriques ou hybrides, le BMS est seulement un sous-système et ne peut pas fonctionner comme un périphérique autonome. Il doit communiquer avec au moins un chargeur (ou infrastructure de charge), une charge, une gestion thermique et un sous-système d'arrêt d'urgence. Par conséquent, pour avoir un bon design de BMS dans un véhicule, il faut l'intégrer avec les sous-systèmes. Certaines applications mobiles (comme les chariots de matériel médical, les fauteuils roulants motorisés, les scooters et les chariots élévateurs à

fourche) ont souvent du matériel externe de charge, mais le BMS à bord doit toujours être étroitement intégré avec le chargeur externe lors de sa conception.

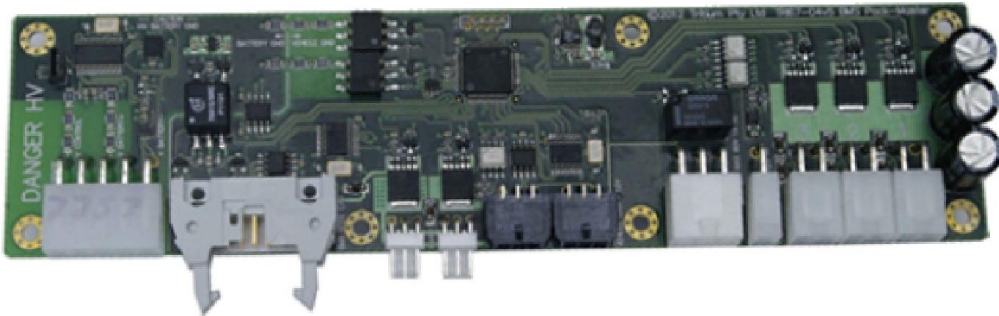


Figure2.3 Photo de Système de management de batterie (BMS)

8 CONCLUSION :

Dans ce chapitre on s'est intéressé 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.

Afin de mieux comprendre les batteries Li-ion, le chapitre suivant présentera une fonctionnalité du BMS à savoir le contrôle de processus de charge et de décharge et leurs comportements électriques via l'étude d'une batterie Li-ion avec le logiciel Proteus.

Chapitre 3

Simulation de batterie

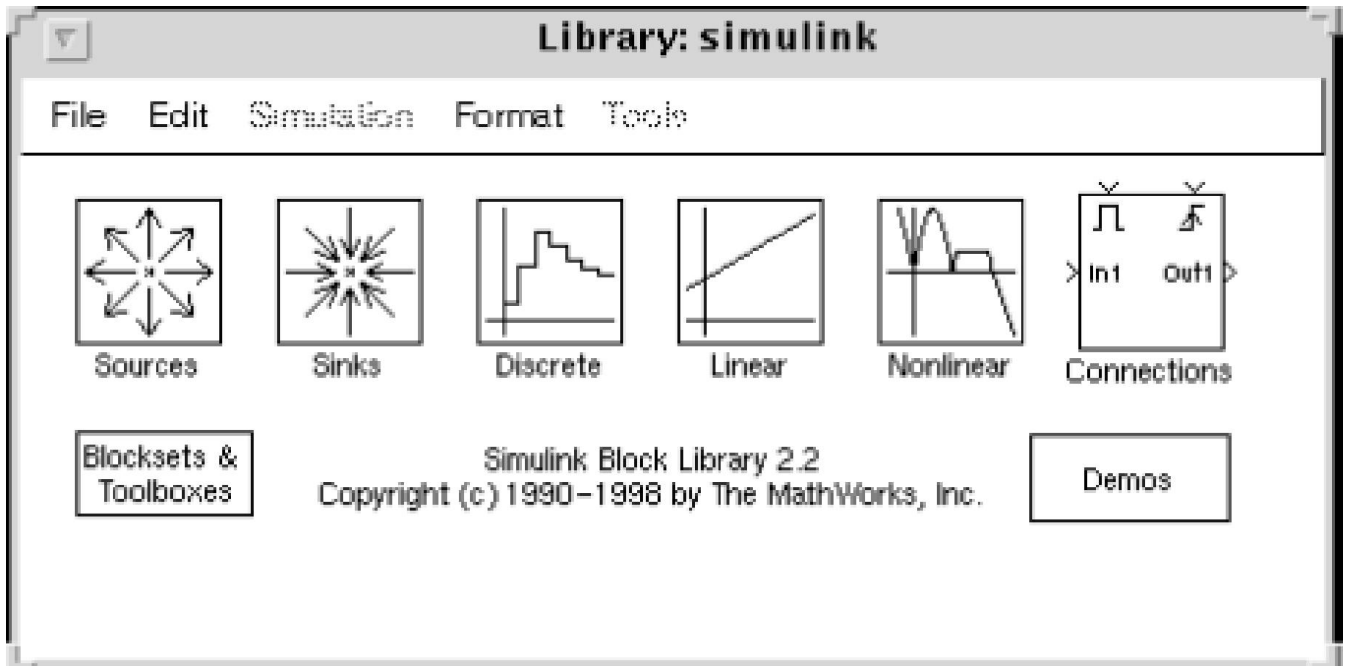
Simulink

Introduction

Simulink est l'extension graphique de MATLAB permettant de représenter les fonctions mathématiques et les systèmes sous forme de diagramme en blocs, et de simuler le fonctionnement de ces systèmes

POUR DÉMARRER SIMULINK

Dans la fenêtre Commande de MATLAB, taper `simulink`. La fenêtre Simulink va s'ouvrir



Cette fenêtre contient des collections de blocs que l'on peut ouvrir en cliquant (double) dessus:

Sources Sources de signaux

Discrete Blocs discrets

Linear Blocs linéaires

Nonlinear Blocs non linéaires

Connections Entrée/sortie, multiplexeur/démultiplexeur, etc.

Demos Démonstrations

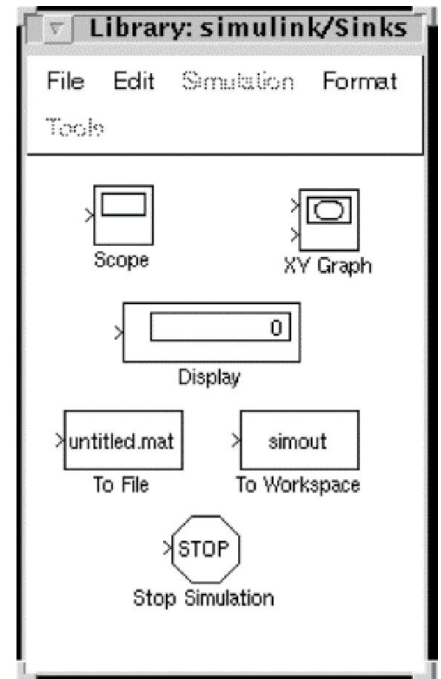
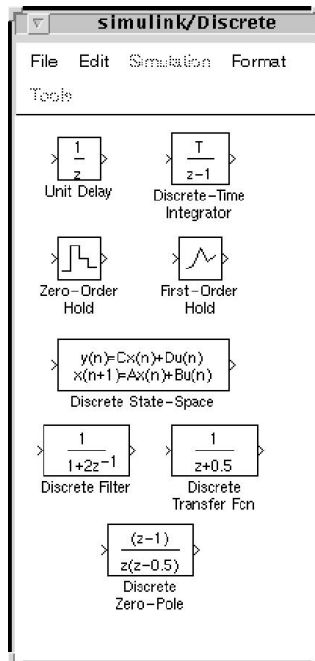
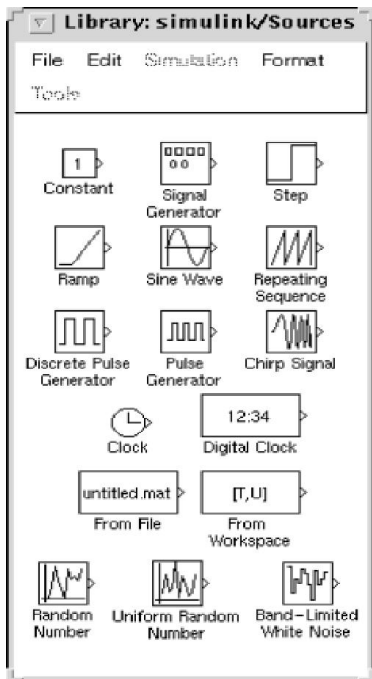
Blocksets & Toolboxes Blocksets et toolboxes

Sources de signaux

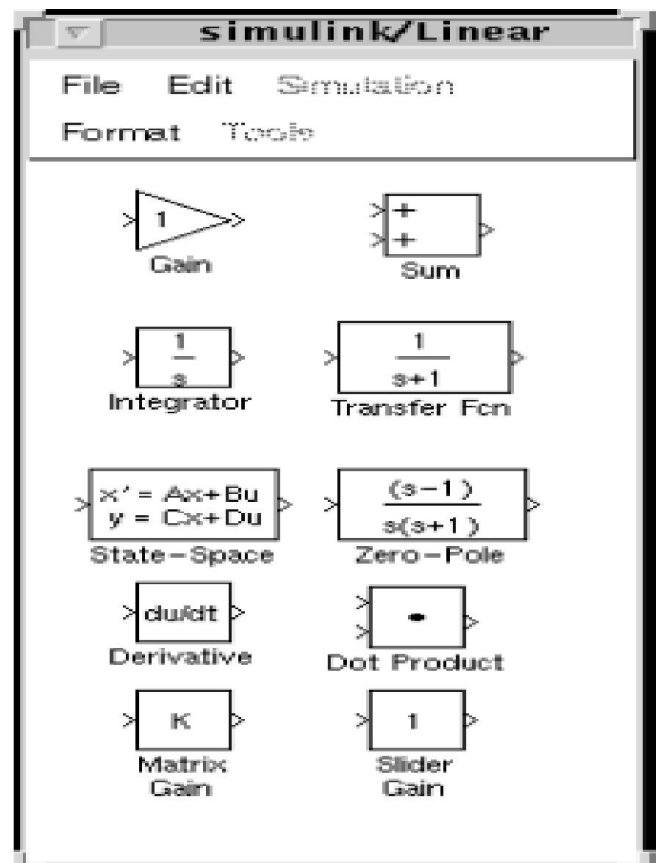
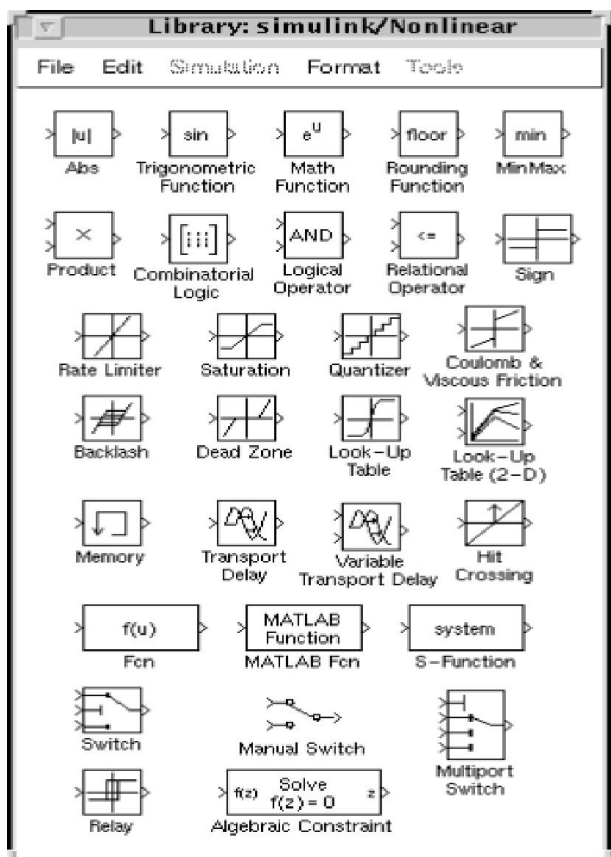
Affichages

Blocs

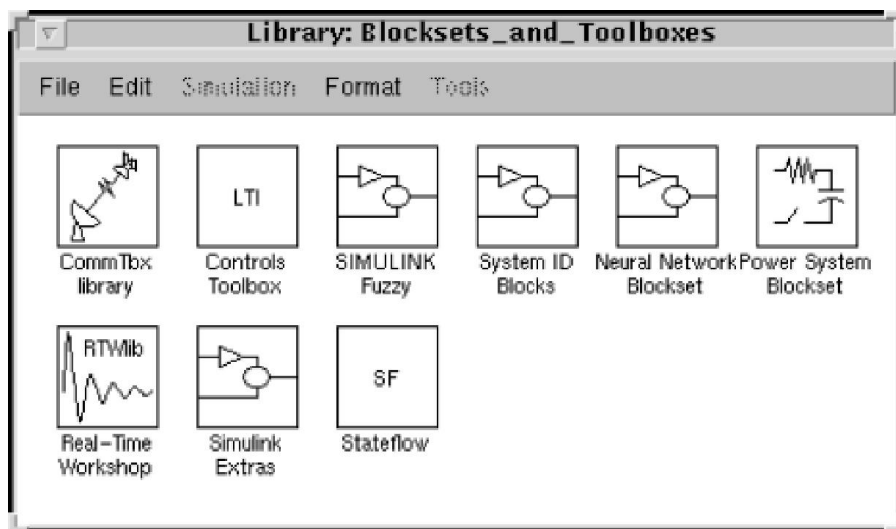
discrets



Blocs non linéaires Blocs linéaires



Blocksets et toolboxes



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

Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation (incluant lycée et université) utilisent cette suite logicielle. Outre la popularité de l'outil, Proteus possède d'autres avantages [20]:

- Pack contenant des logiciels facile et rapide à comprendre et utiliser
- Le support technique est performant
- L'outil de création de prototype virtuel permet de réduire les coûts matériel et logiciel lors de la conception d'un projet

C'est le système que nous allons simuler à l'aide du programme proteus

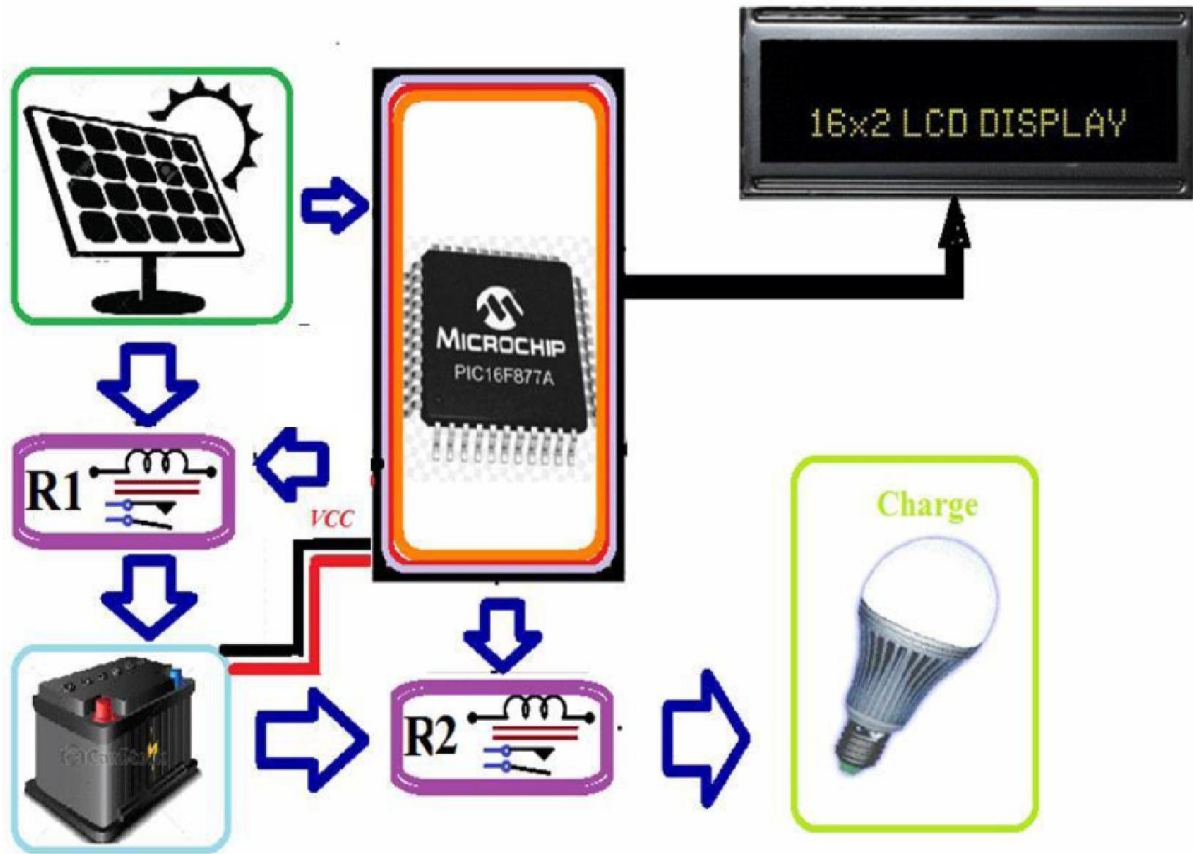


Figure 3 .1Diagramm du système

Brochage de MCLR

Il est nécessaire de faire passer la tension de la broche MCLR à une tension de 5V. Si cette broche est connectée à une circuiterie de Reset de type RC.

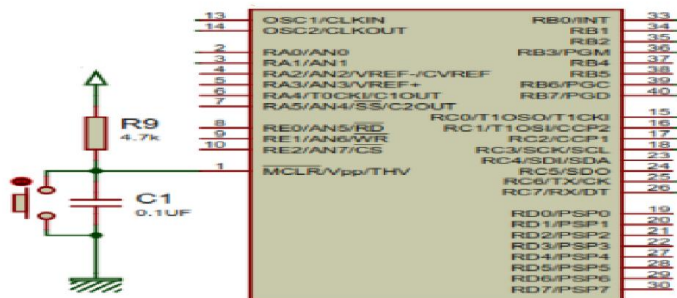


Figure 3.2 : Initialisation le programme sur le pic

Chapitre3: simulation de batterie Simulink

L'afficheur LCD

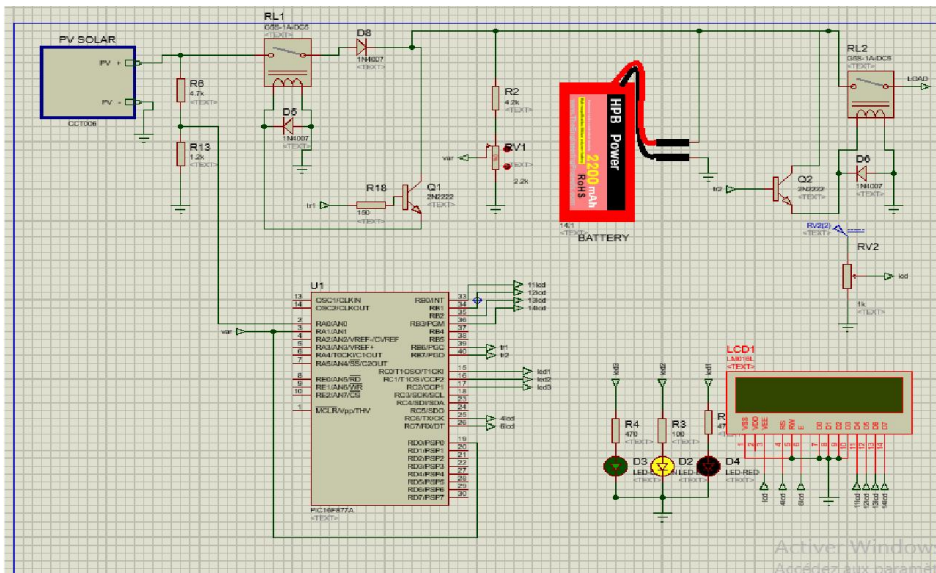
Il permet d'afficher des informations diverses. Il s'agit d'un afficheur parallèle 16 caractères 2 lignes avec affichage rétro éclairé bleu (LCDD162BL) il est doté d'une liaison I2C ou série. Pour ce qui nous concerne, nous avons utilisé la liaison I2C



Figure3.3 Face avant d'afficheur LCD

Nous utilisons l'écran LCD pour afficher différentes informations :

- 1- message d'accueil
- 2- le fonctionnement de notre système
- 3- La tension du panneau et le niveau de la batterie



Chapitre3: simulation de batterie Simulink

Le programme Proteus nous a donné une courbe qui démontre la manière dont le chemin d'expédition et de déchargement lors de l'utilisation de BMS dans l'état général.

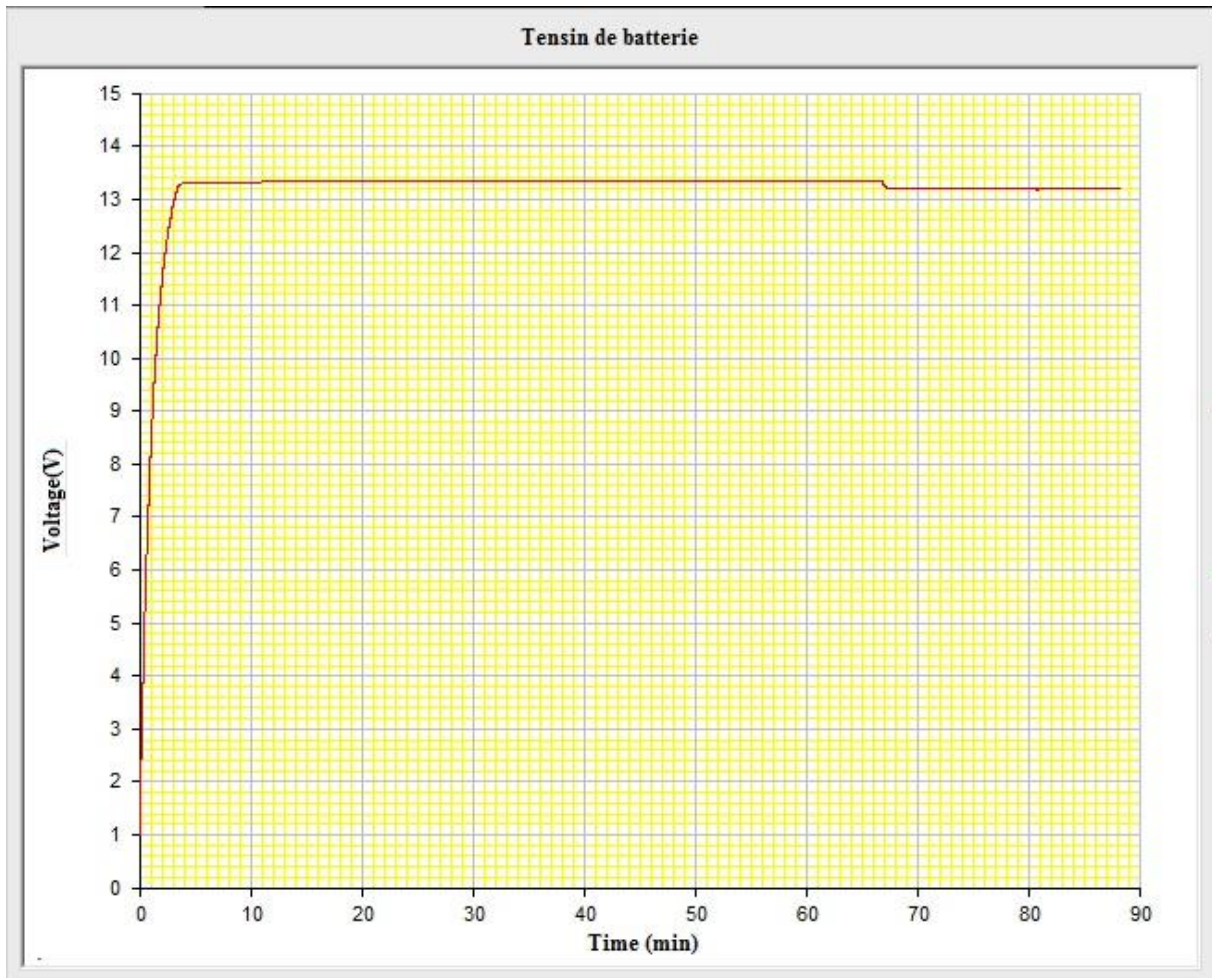


Figure3.4 état charge et décharge

- Notez une augmentation de la tension au fil du temps
- Et de la note de stabilité à 13.40 indiquant l'organisation de l'expédition et du déchargement.

Conclusion Générale

Dans toutes les installations électriques avec stockage d'énergie électrique, il y'a des risques d'endommager les accumulateurs. Le système BMS est très important pour collecter le maximum d'information pour assurer une bonne fonctionnement des batteries.

L'objectif de notre travail a porté sur l'élaboration d'une partie de suivi l'état de charge et décharge des batteries.

Nous espérons que ce travail vous aidera dans cette direction en vous permettant de comprendre ce que vous pouvez en retirer et ce que vous pouvez apporter à notre objectif commun de développement durable. ce projet, est réalisé et simulé à l'aide du logiciel ISIS.

Pour dire que notre système est bien adapté pour le contrôle de l'état de charge de la batterie nécessite plusieurs essais sous différentes conditions et on conclure qu'il assure quand même sa protection contre toute charge et décharge excessive, avec une meilleure autonomie au système photovoltaïque et une longue vie à notre batterie en diminuant ainsi le cout du système. Nous avons obtenu des bons résultats dans le temps de réponse et la précision.

Références :

Références :

[1]	D. Linden et T. Reddy, Hand Book of Batteries, 3 éd., New York: McGraw-Hill, 2002.
[2]	I. Buchmann, Batteries in a Portable World, Cadex Electronics Inc, 2005.
[3]	G. Pistoia, BatterieOpereted Dives and systems, From Protoble Electronics to industrial Products, Rome: Elsevier, 2008.
[5]	T. R. Crompton, Battery Reference Book, Oxford: Newnes, 2000.
[6]	Battery Univesity.com, CADEX, 2006.
[7]	E. K. Aifantis et al, High Energy Density Lithium Batteries, Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, 2010.
[8]	Fiche resources les batteries
[9]	Technologie Accumulateurpdf
[10]	D. Linden et T. Reddy, Hand Book of Batteries, 3 éd., New York: McGraw-Hill, 2002
[11]	<p>COMME EXIGENCE PARTIELLEÀ</p> <p>L'OBTENTION DE LA MAÎTRISE EN GÉNIE DE</p> <p>LAPRODUCTION AUTOMATISÉEEM.Ing.</p> <p>PARDEKKICHE AbdelillahMONTREAL, LE 2</p> <p style="text-align: right;">MAI 2008</p>

Références :

[12]	M. Broussely et G. Pistoia, Industrial Applications of Batteries, From Portable Electronics to Industrial Products, Oxford: Elsevier, 2007.
[13]	G. Pistoia, Batterie Opereted Dives and systems, From Portable Electronics to industrial Products, Rome: Elsevier, 2008.
[14]	V. Pop et al, Battery Management Systems, Accurate State-of-Charge Indication for Battery-Powered Applications, Philips Research Laboratories, Eindhoven, The Netherlands éd., vol. 9, Eindhoven: Springer, 2008.
[15]	J. e. a. Cabezas, «Smart-1 Battery management electronic_BME,» ESASP, 2002.
[16]	D. Loche et H. Brade, «Lithium-Ion battery cell in LEO,» ESASP, 2002
[17]	s.shili, Thèse univ.lyon1 ,2016
[18]	pdf bms
[19]	s.shili, Thèse univ.lyon1 ,2016
[20]	http://www.elektronique.fr/logiciels/proteus.php

Résumé

Dans ce travail, nous avons étudié les batteries en général, leurs principes et leurs caractéristiques ainsi que les moyens de leurs préservations. Nous avons étudié, en détail, les systèmes de gestion de batterie pour mieux cerner les paramètres principaux qui pourraient affecter les performances des batteries accumulateurs. Nous avons développé, en dernier lieu, une application de simulation de suivi de l'état de charge et décharger les batteries.

Mots clés : Batterie, Système management de batterie, charge et décharge.

Summay

In This work, we have studied batteries in general, their principals and characteristics along with their preservation means. We have studied, in details, "battery management systems" to better understand the main parameters that could affect the performance of accumulator batteries. Finally, we have developed a simulation application to monitor the state of charge and discharge batteries

Key words: Battery, Battery management system, Charging and discharging

الملخص:

في هذا العمل، درسنا البطاريات بشكل عام، من حيث مبادئها وخصائصها، وطرق الحفاظ عليها درسنا تفصيلياً، أنظمة إدارة البطاريات لغرض تحديد الوسائط الأساسية التي تؤثر على فعالية بطاريات الشحن. قمنا في الأخير بعمل تطبيق محاكاة لإدارة حالة الشحن والتفريغ لدى البطارية.

كلمات مفتاحية: بطارية، نظام ادرة البطاريات، شحن وتفريغ البطاريات