

Les batteries Lithium-ion

par Patrick DENSA
Resp. Commercial chez MAATEL

Elles sont partout autour de nous. Elles nous donnent notre autonomie, facilitent notre mobilité. Les batteries au lithium font partie de notre vie quotidienne.

Mais comment fonctionnent-elles et comment les mettons-nous en œuvre dans nos dispositifs électroniques ?

Cet article, en deux parties, tentera d'y répondre.

La première partie s'attachera à décrire le fonctionnement propre des cellules (c'est de la chimie, mais ça va bien se passer) et mettra en lumière leurs caractéristiques essentielles. La seconde partie se focalisera sur la mise en œuvre des batteries au lithium dans les dispositifs électroniques.



Définitions

Accumulateur : dispositif destiné au stockage de l'énergie électrique sous la forme de réactions électrochimiques. Il existe de nombreuses « chimie » permettant ce stockage, chacune disposant de caractéristiques particulières en faisant leurs qualités et défauts.

Pile électrique : terme désignant, en français, les accumulateurs non rechargeables.

Batterie : par opposition à la pile, la batterie est rechargeable

Cellule ou élément : partie de base, siège des réactions électrochimiques, constituée des électrodes, de l'électrolyte et des points de contact.

Pack batterie : assemblage de multiples cellules en série/parallèle de façon à atteindre les caractéristiques de tension / courant / capacité désirées.

BMS (Battery Management Système) : dispositif électronique de gestion des cellules d'un pack batterie. Il mesure la capacité restante, l'évaluation de l'état de santé du pack, assure l'équilibrage des tensions pendant la charge, éventuellement, pilote le chargeur

PCM (Protection Circuit Module) : autre dispositif électronique assurant la sûreté de la batterie contre les tensions, les courants et les températures extrêmes. Il est généralement intégré dans les packs, au plus près des éléments à protéger.

Voir plus

Fonctionnement

Les batteries sont des dispositifs de stockage de l'énergie électrique par le biais de réactions électro-chimiques réversibles.

Les réactions chimiques consistent à un échange d'ions dans un couple de matériaux à travers un électrolyte. Ce sont des réactions d'oxydo-réduction.

Dans le cas des batteries Li-ion, ce sont des ions ... Li⁺ qui sont échangés !

Le lithium a le double avantage d'être à la fois très léger (c'est le plus léger des éléments solides) et de pouvoir facilement se séparer d'un de ses trois électrons pour former un ions Li⁺.

Les batteries sont classées en grandes familles selon les matériaux utilisés pour réaliser les électrodes ou l'électrolyte :



Batteries lithium-polymère :

l'électrolyte se présente sous la forme d'un gel à base de polymère. L'avantage de ce principe est de permettre la réalisation de cellules de très petites dimensions, très compactes et dans de nombreux facteurs de forme mais au prix d'une relative fragilité mécanique, thermique et électrique.

Batteries au lithium-titanate :

l'anode est constituée de lithium-titanate fritté et la cathode d'oxyde de titane et de lithium. Cette technologie autorise une capacité de charge rapide exceptionnelle et un fonctionnement à des températures basses, jusqu'à -40°C.



Dans les batteries Li-ion modernes, le lithium est présent sous la forme sels dissous dans un solvant qui forme l'électrolyte, les électrodes en elles-mêmes étant généralement réalisées en oxyde de lithium / cobalt et en graphite.

Batteries au lithium-dioxyde de cobalt :

la cathode est constituée de dioxyde de cobalt. L'anode est en graphite et l'électrolyte est « liquide »



Batteries au lithium-phosphate de fer :

la cathode est en lithium-phosphate de fer et l'électrolyte est sous forme solide. Ces batteries présentent une densité énergétique plus faible mais ne sont pas sujettes à l'emballement thermique en cas d'endommagement mécanique. Elles présentent également un léger effet mémoire.



Les principales caractéristiques

Ci-dessous les caractéristiques comparées de diverses technologies de batteries.

	Plomb/acide	Ni-Cd	Ni-MH	Li-ion	Li-PO
Tension par élément	2.25V	1.2V	1.2V	3.6V	3.7V
Energie massique	30 – 50Wh/kg	45 - 80Wh/kg	60 - 110Wh/kg	90 - 180 Wh/kg	100 - 130 Wh/kg
Energie volumique	75 - 120 Wh/dm ³	80 - 150 Wh/dm ³	220 - 330 Wh/dm ³	220 - 400 Wh/dm ³	?
Taux d'autodécharge	5% par mois	>20% par mois	>30% par mois	2% par mois	2% par mois
Seuil de décharge profonde	1.6 – 1.9V	0.8V	0.9V	2.5 – 3V	2.5 – 3V
Durée de vie	400 – 800 Cycles	1500 – 2000 Cycles	800 – 1000 Cycles	500 – 1000 Cycles	200 – 300 Cycles

Les constituants

La cathode :

c'est le pôle positif de la cellule. C'est cette électrode, lors de la décharge, qui reçoit les électrons du circuit électrique externe et les ions du circuit interne. Elle est généralement composée d'oxyde métallique de lithium / cobalt.

Le séparateur :

Son rôle principal est d'empêcher la survenue de courts-circuits entre les électrodes. Il est réalisé en non-tissé ou en film polymère. Le séparateur est poreux et est particulièrement perméable aux ions Li⁺.

L'anode :

C'est le pôle négatif de la cellule. C'est elle, lors de la décharge qui délivre les électrons dans le circuit électrique externe et les ions dans le circuit interne. Elle est généralement constituée de graphite.

L'électrolyte :

Il constitue le circuit électrique interne où circulent les ions Li⁺. Il est composé d'un solvant liquide (solution organique) dans lequel des sels de lithium sont dissous. Pour les batteries lithium-polymère, la solution organique est remplacée par un polymère.

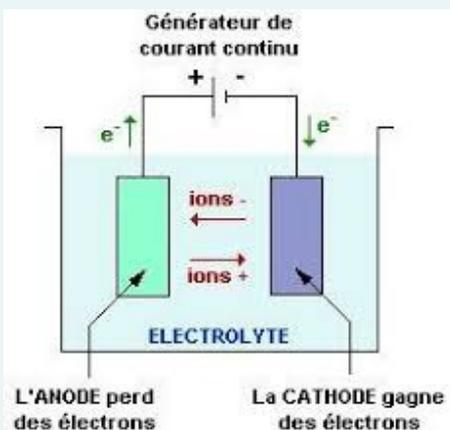


Le boîtier :

C'est le contenant des autres constituants. Il réalise la protection mécanique ainsi que la fonction d'interface de connexion électrique. Pour les plus fortes puissances, il assure également le rôle d'échangeur thermique avec le milieu environnant.

Les collecteurs :

Il s'agit des conducteurs électriques internes chargés de collecter les électrons pour les mettre à disposition du circuit électrique externe. Pour le côté anodique, il est en cuivre et en aluminium pour le côté cathodique.



La chimie

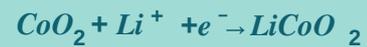
Lors de la décharge, l'anode est oxydée pour libérer des électrons e^- dans le circuit électrique externe et des ions Li^+ dans l'électrolyte (circuit électrique interne) tandis que la cathode est réduite en consommant les électrons du circuit externe et les ions du circuit interne.

En termes d'équations chimiques, on obtient :

à l'anode (-) :



à la cathode (+) :



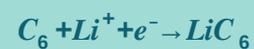
Nota : dans le circuit électrique externe, les électrons circulent à l'inverse du sens conventionnel du courant, de l'anode vers la cathode.

Lors de la charge, les sens de circulation s'inversent et les équations sont à considérer dans l'autre sens : l'anode est réduite et la cathode est oxydée.

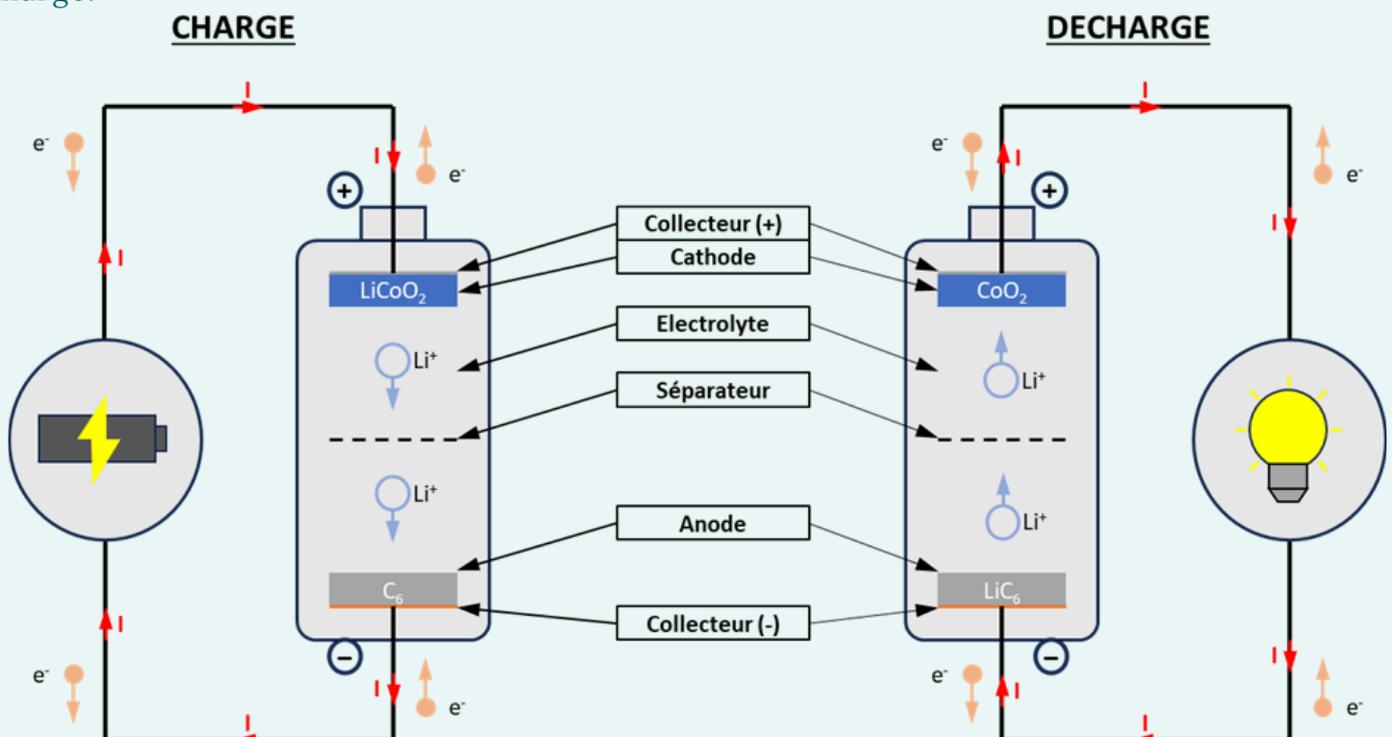
à la cathode (+) :



à l'anode (-) :



Les ions Li^+ font donc la navette entre l'anode et la cathode au fil des cycles de charge et décharge.



Les contraintes

Malgré leurs nombreux avantages, les batteries Li-ion sont entachées de quelques défauts qui, s'ils ne sont pas correctement pris en considération, peuvent se transformer en problèmes graves.

La décharge profonde

La décharge profonde des cellules (tension $< 2,5V$ ou capacité résiduelle $< 5\%$) est hautement dommageable, qu'elle soit due à une utilisation prolongée ou à une autodécharge en phase de stockage

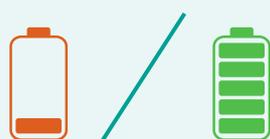


La sur-charge

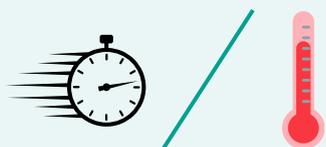
La sur-charge au-delà de $5,2V$ provoque des réactions chimiques irréversibles au niveau des électrodes qui réduisent définitivement la capacité de la cellule.

L'autodécharge

Les cellules en stockage subissent une autodécharge ou perte de capacité, pouvant aller jusqu'à quelques % par mois. Ainsi, il est impossible de stocker des cellules sur de longues durées sans maintenance (recharge partielle) sous peine d'atteindre la décharge profonde.



ou

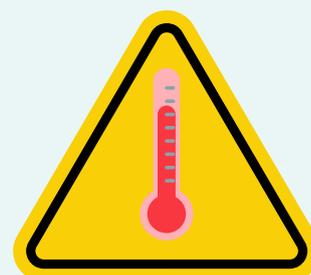


Le cyclage / durée de vie

Les batteries sont soumises à deux principaux phénomènes de vieillissement : le cyclage (alternance des charges et décharges) selon des lois complexes de type fatigue qui font intervenir l'amplitude des cycles et leur nombre, et le temps combiné à la température de fonctionnement selon une loi d'Arrhénius.

Les températures extrêmes

A des températures très basses les ions Li^+ ne peuvent plus se déplacer dans l'électrolyte, la cellule perd alors toute capacité à délivrer du courant. A très haute températures, des réactions chimiques non contrôlées se manifestent entraînant des dégradations irréversibles ; voire une destruction violente de la batterie. Dans les deux cas, des contraintes mécaniques liées aux différentiels de dilatation peuvent conduire à des ruptures dans les constituants et entraîner la mort de la batterie



L'équilibrage des tensions

Il est souvent nécessaire d'assembler des cellules en série/parallèle pour obtenir la capacité et/ou la tension désirée. Dans ce cas, il est primordial de respecter un équilibrage des tensions si l'on ne veut pas voir les caractéristiques de l'assemblage se dégrader rapidement. Lors du montage en parallèle, c'est au moment de l'assemblage qu'il faut que les tensions des différents éléments soient alignées pour éviter que des éléments ne se déchargent brutalement dans les autres. Pour les assemblages en série, la tension de chaque élément doit être surveillée de près, en particulier lors des phases de charge, pour éviter que certains ne voient leur tension dépasser la limite acceptable. De plus, un dispositif actif d'équilibrage peut s'avérer nécessaire pour atteindre la capacité maximale pour chaque élément

À suivre, prochainement la partie 2...

