



Jeter ? Pas question !

Les batteries

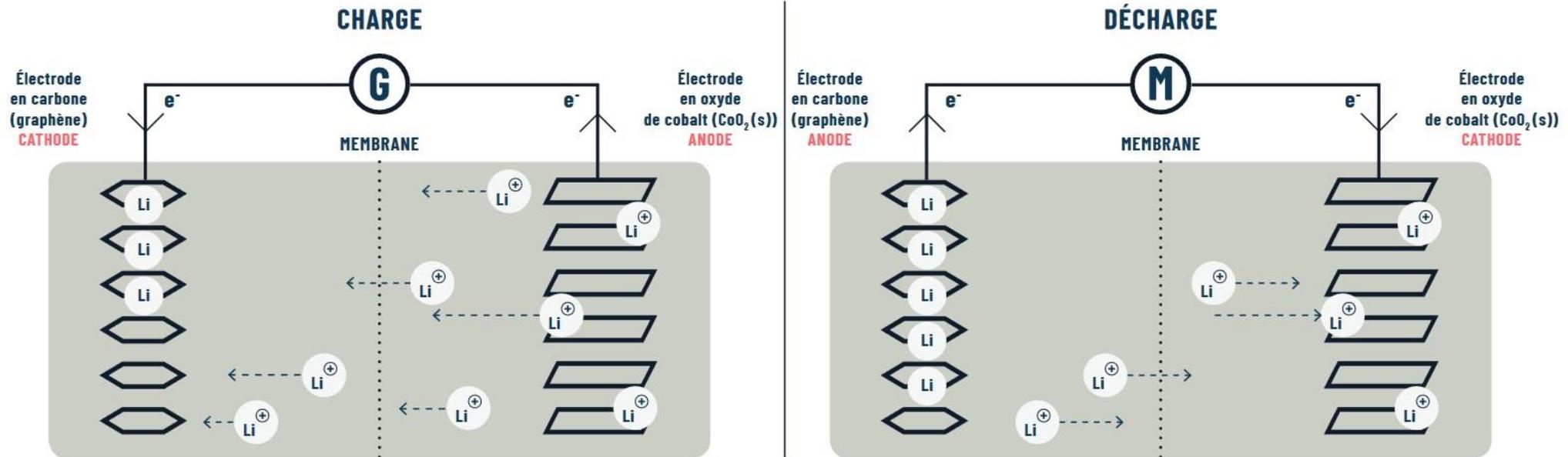
Principe des batteries électriques

- Une batterie est un dispositif qui permet de stocker de l'énergie sous forme d'énergie chimique.
- Lorsqu'une batterie se charge, elle convertit de l'énergie électrique en énergie chimique.
- Lorsqu'elle se décharge, elle convertit de l'énergie chimique en énergie électrique.
- Les cycles réversibles charge / décharge sont une des caractéristiques d'une batterie par opposition aux piles qui ne font que convertir de l'énergie chimique en énergie électrique.

Constitution d'une batterie

- Une batterie est constituée d'un bac étanche contenant une alternance de plaques positives et négatives.
- Ce sont le plus souvent des éléments métalliques qui sont le siège de réactions d'oxydo-réduction (échanges
- d'électrons). Les mouvements d'électrons sont inversés lors de la charge et de la décharge. Entre les plaques, un
- électrolyte constitué d'ions assure la continuité des mouvements de charges via une membrane .

Cycle de charge et décharge d'une batterie



CATHODE



Réduction de Li⁺ en Li

Lors de la charge de la batterie, les ions Li⁺  sont réduits en métal Li  par les électrons arrivant à la cathode. Ces électrons proviennent de la conversion des énergies solaires et du vent en énergie électrique.

ANODE



Oxydation de Li en Li⁺

Lors de la charge de la batterie, le métal Li  est oxydé en ions Li⁺  et les électrons libérés à l'anode alimentent, entre autres, les moteurs.

Différences entre les technologies de batteries

	Plomb	Nickel-Cadmium	Nickel-Métal Hydrure	Lithium-ion
Tension cellule	2,0 V	1,2 V	1,2 V	3,6 à 3,7 V 3,2 V (LFP)
Énergie spécifique	25-50 Wh/kg	30-60 Wh/kg	50-90 Wh/kg	100-230 Wh/kg
Cycles	200-500	1000-1500	1000	500-3000
Domaine de température	0°C à 50°C	-30°C à 50°C	-20°C à 50°C	-20°C à 50°C
Autodécharge	-5 % / mois	-15 % / mois	-25 % / mois	-2% / mois
Durée de vie calendaire	5 ans	10 ans	5-10 ans	5-15 ans
Prix kWh (Pb base 100)	100	300	350	300 à 500
Temps de charge standard	10 heures	5 heures	3-5 heures	3 heures

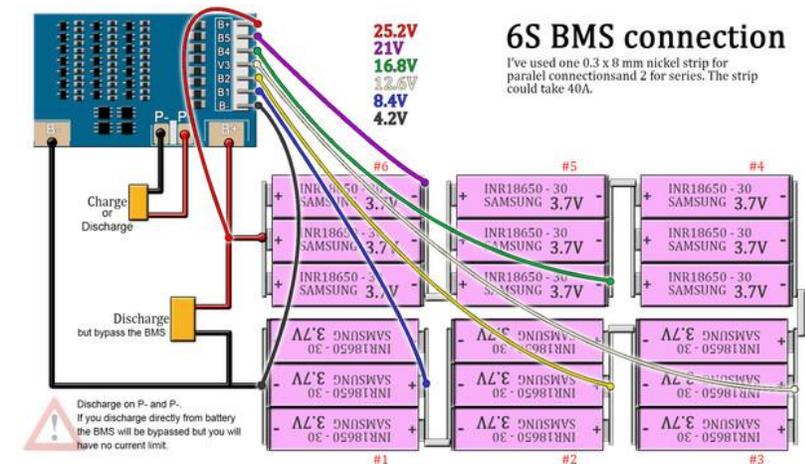
La technologie Lithium-ion présente:

Le meilleur rapport énergie stockée/poids (Wh/kg)

Le plus faible taux d'auto décharge

Batterie Lithium-ion dans les appareils

- A partir d'une cellule élémentaire de 3,6V, les batteries sont constituées d'assemblage en série (Pour augmenter la tension en V) et en parallèle (pour augmenter la capacité en A.h)
- Les problèmes de sécurité imposent d'intégrer un système électronique de protection embarqué (BMS), qui empêche une charge ou décharge trop profonde et permet l'équilibrage des tensions entre éléments dans les batteries constituées de plusieurs éléments en série ; à défaut, le danger peut aller jusqu'à l'explosion de la batterie.



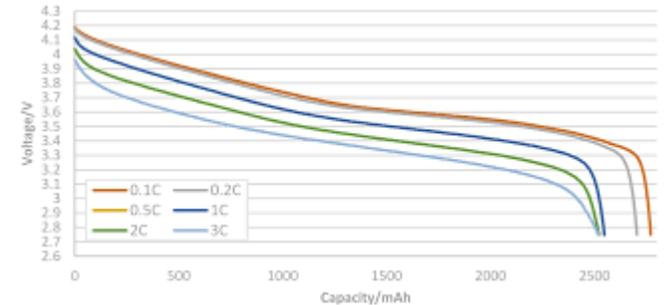
Assemblage de cellules élémentaires



- Chaque cellule est caractérisée par:
 - Tension nominale: 3.2V pour Fe-FePo₄; 3,6V pour Li-ion; 3,7V pour Li-Polymere.
 - Capacité C (A.h): 1600mA.h, 2100mA.h, 2600mA.h, 3500mA.h
 - Courant de décharge (A): exprimé en fonction de sa capacité C, si 1C le courant décharge sera de 2,1A pour une capacité de 2100mA.h
- Pour augmenter la capacité d'une batterie on met en parallèle plusieurs cellules, les capacités s'additionnent
- Pour augmenter la tension on met en série les cellules, les tensions s'additionnent
- Par exemple un assemblage **13S4P** comportera un ensemble de 13 éléments en **S**érie constitués chacun de 4 cellules en **P**arallèle ce qui donnera une batterie de 48V (=13x3,6V) et 8,4 A.h (si chaque cellule a une capacité de 2100mA.h)
- Certains fabricants expriment la caractéristique en W.h qui n'est que le produit de la tension nominale en V multipliée par la capacité en A.h ($P=U \times I$). Par exemple la batterie de 48 V et 8,4 A.h fait 403,2 W.h

Les tensions mini et maxi d'une cellule Li-Ion

- Les accumulateurs Lithium-ion sont très sensibles:
 - Aux **décharges profondes**: un élément ne doit jamais descendre en dessous de 3V (2,9V)
 - À la **surcharge**: un élément ne doit jamais monter au dessus de 4,2V
- Le circuit de protection (Battery Management System) mesure en permanence la tension de chaque élément (ou groupe d'éléments en parallèle):
 - En charge: dès que l'un d'entre eux dépasse 4,2V il coupe la charge
 - En décharge: dès que l'un d'entre eux passe en dessous de 3V il coupe la décharge



Evolution de la tension en fonction de la capacité à différents courants

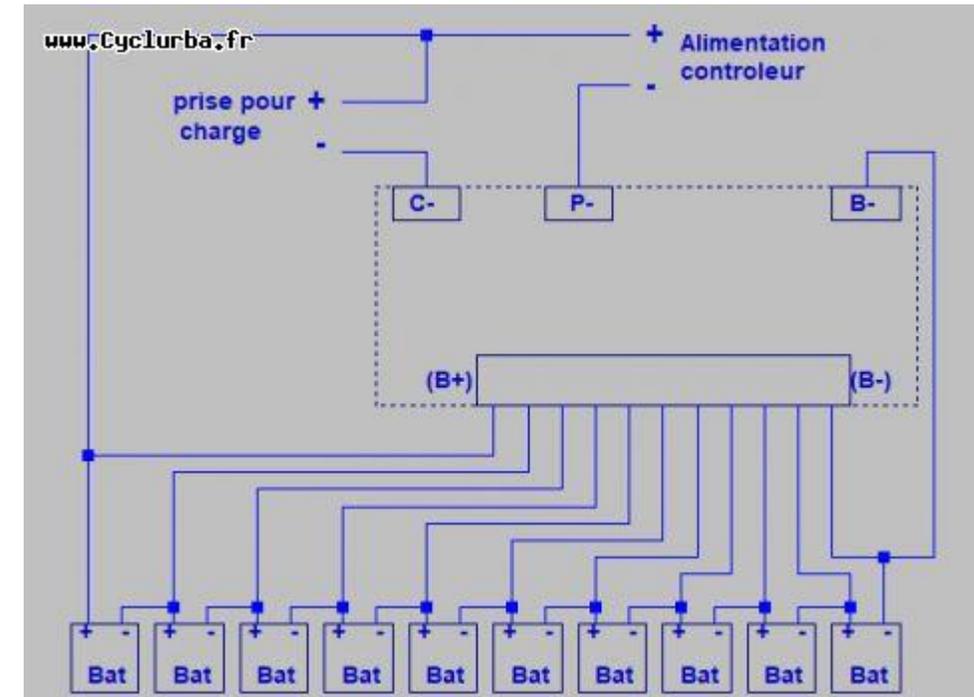
Réparation des batteries Lithium-ion

- La première action à faire lorsque l'on est face à une batterie défectueuse est de mesurer la tension de chaque élément (si possible en faisant débiter la batterie dans une résistance adaptée)
 - Si tous les éléments sont au dessus de 3,6V: la batterie n'est pas en cause, il faut plutôt incriminer le BMS
 - Si un élément est inférieur à 3V: il est défectueux
- La réparation de la batterie consistera à extraire l'élément ou le groupe d'éléments défectueux et le remplacer par un nouvel élément de mêmes caractéristiques (Chimie, capacité A.h). Il est cependant fort probable que les autres éléments présentent des capacités réduites, donc la batterie réparée n'aura pas la capacité initiale.

Réparation des BMS (circuit de protection)

Cas d'un vélo électrique

- Un BMS consiste essentiellement à mesurer la tension de chaque cellule de la batterie:
 - Si une cellule présente une tension inférieure à un seuil (3V) le comparateur va bloquer le transistor qui lie le pôle moins de la batterie au pôle moins du variateur moteur.
 - Si une cellule présente une tension supérieure à un seuil (4,2V) le comparateur va bloquer le transistor qui lie le pôle moins de la batterie au pôle moins du chargeur.



Réparation des BMS (circuit de protection)

Cas d'un vélo électrique

- La réparation va consister à:
 - d'abord vérifier le bon fonctionnement des transistors servant d'interrupteur entre le pôle moins de la batterie et le chargeur ou le variateur moteur, et les remplacer si besoin.
 - Ensuite (c'est laborieux!) vérifier avec une alimentation stabilisée réglable en remplaçant chaque cellule et vérifier au voltmètre que chaque comparateur bascule bien en dessous (3V) et au-dessus (4,2V) des seuils.
 - Certains BMS intègrent un circuit spécialisé qui ne permet pas d'accéder aux comparateurs, il est alors préférable de changer le BMS.

