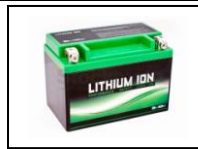




Les Batteries ou les accumulateurs



I- Introduction

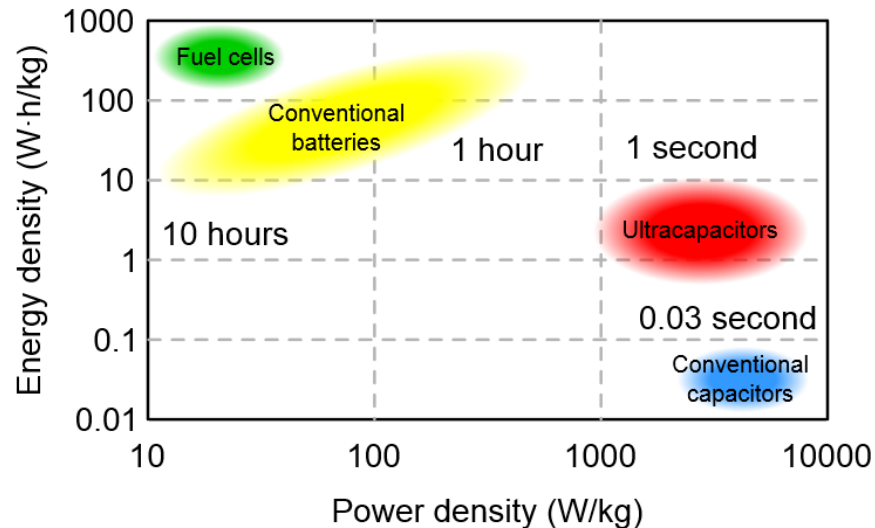
On distingue plusieurs types de **batteries** (ou **accumulateurs**)

(Une pile ne se recharge pas contrairement à une batterie)

a- Les deux principaux critères de performance d'un accumulateur sont :

- La densité massique d'énergie en $W \cdot h / kg$: Ce critère permet d'évaluer la quantité d'énergie qui peut être stockée par l'accumulateur pour une masse donnée.
- La densité massique de puissance en W / kg : Ce critère permet d'évaluer la puissance disponible pour une masse donnée, (c'est-à-dire la vitesse à laquelle on transfère l'énergie vers l'accumulateur, ou à partir de l'accumulateur).

Le diagramme de Ragone permet de comparer les différentes technologies d'accumulateur :



Parmi les plus courantes, on citera :

Alors que les batteries au plomb ont une **densité massique** de 30 Wh/kg, d'autres types se sont développés⁶ :

- Nickel - cadmium (Ni - Cd), 50 Wh/kg ;
- Nickel - zinc (Ni - Zn), 80 Wh/kg ;
- Nickel Métal Hydrure** (NiMH), 75 Wh/kg ;
- Plomb 2^e génération (2006), 75 Wh/kg⁷ ;
- Sodium - chlorure de nickel, Système zébra, 85 Wh/kg ;
- Lithium - ion** 1^{re} génération (1992), 90 Wh/kg ;
- Sodium - soufre** (Na - S), 107 Wh/kg ;
- Lithium Métal Polymère (LMP) (2004), 110 Wh/kg ;
- Lithium polymère (Li - Po), 120 Wh/kg
- Lithium - ion** 2^e génération (2000), 125⁸ à 150 Wh/kg
- Zinc - argent (2007), 200 Wh/kg⁹
- Lithium - ion - manganèse ; également dénommée lithium - manganèse (2007), LiMn, 300 Wh/kg¹⁰
- Lithium - soufre (Li - S) (2007), 300 Wh/kg
- Lithium - vanadium, + de 300 Wh/kg, présentée par Subaru en 2007¹¹
- Lithium - air** ou lithium - oxygène, en cours de développement (2010), entre 1 700 et 2 400 Wh/kg en pratique, théorique de 5 000 Wh/kg¹²
- Supercondensateur** à la poudre de céramique - aluminium (EESstor aux États-Unis)^{4,13} : Les supercondensateurs sont essentiellement utilisés pour le **stockage de l'énergie** dans les domaines de l'automobile (voitures électriques), du ferroviaire (stockage de l'énergie de freinage) et les énergies renouvelables (éolien et solaire notamment).

Horizon 2020 :

- Condensateurs - lithium - ion (FHI) : en essai au Japon.

En 2016 peu de voitures électriques peuvent dépasser 400 km sans recharge en usage standard.

b- Capacité d'une batterie :

La capacité d'une batterie s'exprime en **Ampère.Heure** ou en **Watt.Heure**.
Le **Watt.Heure** étant le produit de l'**Ampère.Heure** par la tension de la batterie.

Exemple : **Batterie 7,2V 1200mAh**

Signifie : **Tension de service : 7,2V , Capacité Q = 1200mAh**
(Q = i * t , avec i courant constant)

donc en fait peut fournir 1200mA pendant 1heure

En réalité, une batterie est constituée d'élément de bases.

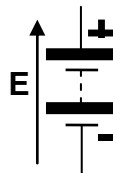
La tension de la batterie est donc un **multiple de la tension de l'élément de base.**

Cette tension nominale, mesurée à vide, dépend de la technologie de l'accumulateur, ex :

- **L'accumulateur au plomb a une tension nominale de 2V par élément.**

Elle est de **1,2V** pour les **accumulateurs nickel/cadmium (Ni/Cd)** ou **nickel/hydrure métallique (Ni/MH)**.

- **L'accumulateur Lithium Ion a une tension nominale de 3,6V,**
trois fois la tension d'un accu Ni/Cd.



Cette tension, dite nominale, est une tension qui constitue une moyenne.
En effet, en début de décharge, la tension est plus haute qu'à la fin !

Une batterie **Ni-Cd** ou **Ni-MH** de **7,2V (6*1.2V)** chargée fait en réalité **7,8V à 8V**.
Une batterie au plomb (de voiture par exemple) de 12V (6*2V) chargée sera de 12,6V (6*2,1V) (un peu plus si elle vient juste d'être chargée)

Un élément important dans le choix d'une source d'énergie autonome est la masse à embarquer. Le plomb reste l'accumulateur le plus lourd, on l'évitera autant que possible et on le réservera à des applications fixes.

Le plus léger, à capacité égale, est l'accumulateur Li-ion, on le rencontre beaucoup dans des téléphones mobiles, des caméscopes, des ordinateurs portables et des applications professionnelles.

II- Charge et décharge d'une batterie

Suivant le type de batteries, les courbes de charge et de décharge sont variables.
Un (bon) chargeur de batterie ne doit pas se limiter à un simple générateur de courant constant ...

Etudions par exemple le cas de l'accumulateur Ni-Cd (nickel Cadmium) :

1-La charge Normale

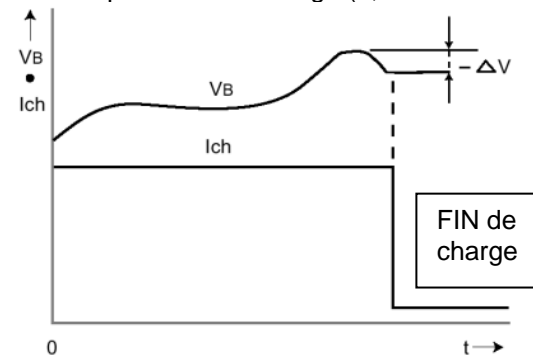
doit normalement se faire à courant constant au **1/10 ème du courant nominal** de la batterie sous une tension disponible d'au moins 1,45 V par élément (minimum pour que ça charge). Ce courant doit être maintenu pendant **environ 14 heures** lorsque au départ la batterie est complètement déchargée.

Durant la charge la tension de la batterie va augmenter d'abord rapidement puis plus lentement jusqu'à atteindre un maximum de tension d'environ 1,4 V / élément. La charge est alors terminée.

Ensuite, si la batterie reste alimentée avec le même courant, Il y aura surcharge. La tension va commencer à baisser, la batterie n'accumule plus d'énergie et le courant qui la traverse se dégage en chaleur : C'est le moment où la batterie commence à chauffer. Il y a, à ce moment là, la production d'hydrogène et d'oxygène dans les éléments.

A 0,1xIn (Inominale), au bout de 14 h de surcharge les éléments commencent à se détruire.

L'idéal pour tester précisément la fin de charge d'une batterie Cd-Ni c'est de détecter le $-dV/dt$, c'est à dire **le moment où la tension de la batterie a atteint son maximum et où cette tension commence à baisser**. Cette méthode est fortement conseillée pour les charges rapides et accélérées. D'autres solutions sont possibles. On utilise aussi couramment la détection du niveau de la tension théorique de fin de charge (1,4 V / élément).



Vb : Evolution de la tension batterie en fonction du temps

Ich : Courant de charge de la batterie

2-La charge accélérée

s'effectue au **1/5 ème du courant nominal** de la batterie pendant **6 à 7 heures maximum**. La surcharge ne doit pas dépasser 40 mn sous peine de destruction des éléments. . Cette charge est assez rapide mais de moins bonne qualité qu'une charge normale.

3-La charge rapide

s'effectue à la valeur du **courant nominal** de la batterie pendant **1 heures** maximum. La surcharge est interdite à ce taux de charge.

ATTENTION tous les accumulateurs ne supportent ce type de charge.

Attention, pour les charges accélérée et rapide :

Vous devez posséder un chargeur à détection et coupure automatique de fin de charge ($-dV/dt$). **De plus la batterie doit être impérativement complètement déchargée avant la charge.**

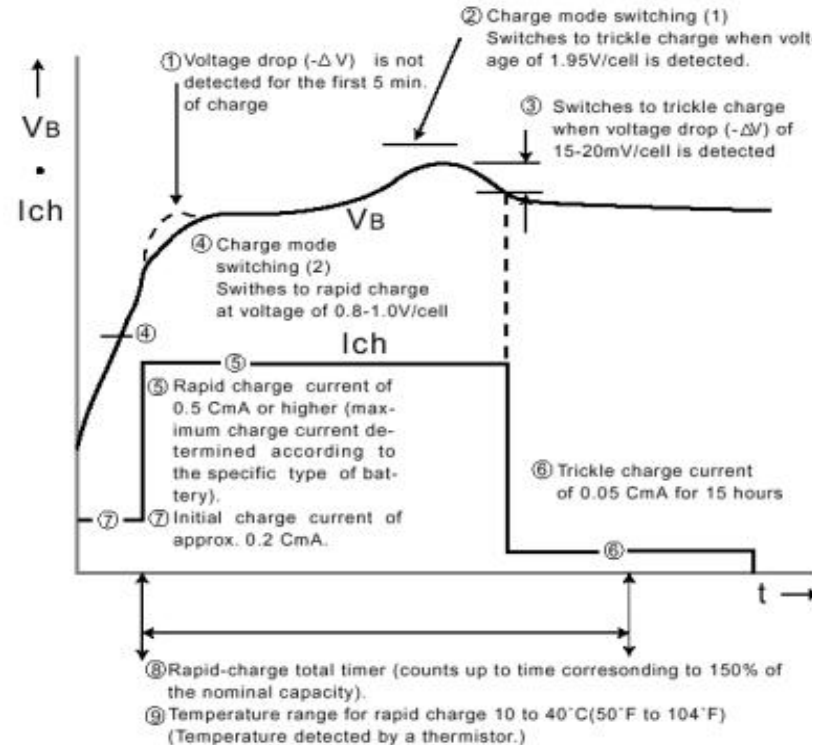
La charge permanente

s'effectue au **1/20ème du courant nominal** de la batterie sans limitation de durée (pas une semaine quand même). La batterie se charge, mais ne s'échauffe pas après la fin de charge (courant plus faible).

Le courant d'entretien :

Une batterie a tendance à ce décharger naturellement. Après une charge il est possible de lui appliquer un courant de **1 /100ème du courant nominal** indéfiniment pour maintenir son état de charge au maximum. Ce courant ne charge pas la batterie il compense simplement les pertes naturelles(99 % de la capacité initiale au bout de 10 jours, 90 % au bout de 30 jours).

La solution rapide et de bonne qualité est de combiner une charge rapide ou accélérée avec une charge permanente en fin de cycle. La détection du $-dV/dt$ (3) entraîne la diminution du courant de charge à 1/20ème de I_n , qui sera appliqué pendant quelques heures. Ce mode de charge est actuellement proposé par la plupart des composants spécialisés du domaine. Ce fonctionnement est accompagné de plusieurs systèmes de sécurité qui coupent la charge et permettent de protéger vos éléments.



- (1) Temporisation sur la détection de fin de charge pour éviter qu'elle ne se déclenche dès le début de la charge.
- (2) Détection de tension max de 1,95 V/élément.
- (4) Limitation du courant de charge si la tension est inférieure à 0,8 V/élément.
- (8) Compteur de temps limitant la charge rapide ou accélérée à 150 % de la capacité
- (9) Détection de l'élévation de température des éléments. Pour cela la batterie doit être préalablement équipée d'un capteur de température.

LA DECHARGE Ni-Cd (Nickel Cadmium)

Quand on parle de décharger complètement une batterie cela sous entend bien sur de **ne pas descendre en dessous de 1 V / élément**. Ceci est la tension minimum en dessous de laquelle l'élément ne doit jamais descendre sous peine de destruction partielle, voire complète. La décharge se déroule en trois phases. Premièrement une chute rapide de la tension vers la valeur de 1,2V/élément. Puis une longue plage où la tension reste stable à cette valeur. Et enfin une avalanche de la tension de l'accu. C'est là qu'il faut stopper rapidement la décharge avant la destruction. La proportion de la longueur de ces phases est fonction du courant débité.

III- Critères de choix d'une batterie

Pollution, la capacité, l'effet mémoire, le poids, le prix, l'encombrement

2 Exemples

-Batterie NiMH

Pollution : Le NiMH (Nickel Hybride ou Nickel Hydrure Métallique) ne contient pas de Cadmium hautement polluant

La Capacité : Pour un même volume un accu NiMH a environ (suivant les modèles) 40 % de capacité en plus qu'un accu NiCd

L'effet mémoire Les accus NiMH sont très peu sensibles à l'effet mémoire. (L'effet « mémoire » se caractérise par une perte de capacité au bout d'un certain nombre de cycles de charge/décharge. En pratique, il faut complètement décharger sa batterie avant de la recharger pour éliminer le problème – l'effet mémoire n'est pas irréversible -)

Avantages du NiCd par rapport au NiMH

Le NiCd supporte des pointes de courant en décharge très importantes jusqu'à 10 x In ce qui n'est pas possible avec du NiMH

Le Ni-Cd présente une autodécharge naturelle beaucoup plus faible que le Ni-MH

-Batterie Lithium-ion :

Pollution : Pas de pollution par métaux lourds.

La Capacité : Haute densité énergétique (4x le plomb, 3x le Ni-Cad, 2x le Ni-Mh).

La tension varie légèrement, mais constamment, en fonction de l'état de décharge (de 4 à 3,3V/ élément environ). Une simple mesure de la tension à vide de la batterie indique son état de charge.

Pas d'effet mémoire
Autodécharge très faible (5% par mois).

Le poids : Poids beaucoup plus faible que Ni-Cd ou Ni-Mh.
Encombrement moindre.

Désavantages :

Prix plus élevé, Impossible d'assembler soi même le pack.
Résistance interne un peu plus élevée que celle du Ni-Cad.
Puissance en fortes pointes plus faible.

IV- Dimensionnement d'une batterie

Exemple 1

On souhaite faire fonctionner un moteur électrique de modèle réduit 12W , 7.2V pendant 90 minutes. Quelle devra être la capacité Q (en Ah) et la tension de service de ma batterie ?

Batterie : $6 \times 1,2V = 7,2V$

Courant absorbé par le moteur :

$P_{abs} = U \times I$ d'où $I = P/U = 12/7,2 = 1,6A$

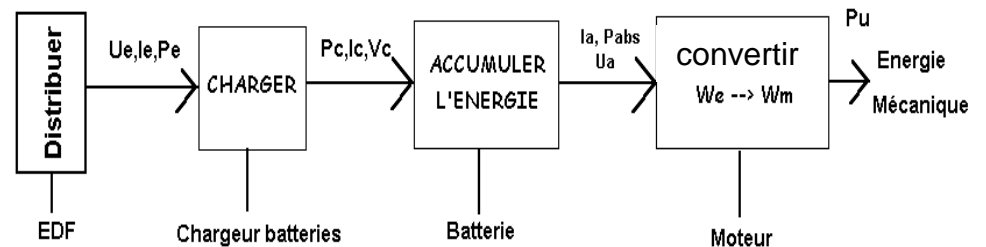
$90mn = 1,5h$ ($90/60 = 1.5$) .

$Q = \text{Courant} \times \text{temps} = I \times T = 1,6 \times 1,5 = 2,4AH$ (2,4 ampère. Heure et non ampère/heure !!!!)

Il faut donc un pack batterie de **7,2V 2400mAh**

(en réalité il faudrait tenir compte du taux de décharge et de l'effet Peukert qu'on verra plus tard, choisir une batterie de 3 à 5HA en pratique)

Exemple 2



Batterie : 12V 18Ah

Moteur CC: Puissance utile : 10W . Tension nominale : 12V Rendement η_1 : 50%

Chargeur 12V . rendement $\eta_2=40\%$.

EDF : $U_e = 230V$

- 1- Calculer la puissance absorbée (P_{abs}) par le moteur à courant continu.

- 2- En déduire le courant (I_a) consommé par le moteur.

- 3- Calculer le temps de fonctionnement sur batteries (autonomie)

On recharge la batterie (supposée déchargée) avec un courant de 1A

- 4- Calculer le temps nécessaire pour une charge complète.

- 5- Calculer la puissance instantanée P_c (en W) fournie par le chargeur

- 6- Calculer la puissance totale (en Wh) fournie par le chargeur

- 7- Calculer la puissance d'entrée P_e instantanée (en W) absorbée

- 8- Calculer le courant I_e (en A) absorbé

- 9- Calculer la puissance totale absorbée (en Wh)

- 10- Calculer le rendement global du système (Puissance totale fournie/Puissance totale absorbée)

On utilise 6 piles identiques conformes (pile électrochimique possédant la tension nominale suivante : 1,5V) pour alimenter un radio-CD 9 V - 4,2 W.

1. Comment devra-t-on associer les 6 piles pour obtenir les 9 V souhaités ?
2. Donner le modèle équivalent de cette association.
3. Calculer l'intensité du courant que doivent fournir les piles pour alimenter l'appareil « à plein régime ».
4. Calculer la valeur exacte de la tension électrique fournie par les 6 piles.
5. Calculer la résistance interne de l'appareil lorsqu'il fonctionne à sa puissance nominale.
6. Chaque pile a une capacité de 2000 mAh. Calculer le temps pendant lequel il est possible de faire fonctionner la radio-CD.