

Commercialisée pour la première fois par Sony Energitech en 1991, la batterie lithium-ion occupe aujourd'hui une place prédominante sur le marché de l'électronique portable. Ses principaux avantages sont une densité d'énergie spécifique et volumique élevée (4 à 5 fois plus que le Ni-MH par exemple) ainsi que l'absence d'effet mémoire (aucun ou presque). Enfin, l'auto-décharge est relativement faible par rapport à d'autres accumulateurs. Cependant le coût reste important .

Nous trouverons d'ailleurs en fin d'article, un tableau comparatif des performances des différents types de batteries utilisées dans l'électronique portable.

### Il existe trois sortes principales d'accumulateurs lithium :

1. l'accumulateur *lithium métal*, où l'électrode négative est composée de lithium métallique (matériau qui pose des problèmes de sécurité)
2. les accumulateurs *lithium-ion*, où le lithium reste à l'état ionique grâce à l'utilisation d'un composé d'insertion aussi bien à l'électrode négative (généralement en graphite) qu'à l'électrode positive (dioxyde de cobalt, manganèse, phosphate de fer).
3. Les accumulateurs *lithium-polymère* sont une variante et une alternative aux accumulateurs *lithium-ion*, ils délivrent un peu moins d'énergie, mais sont beaucoup plus sûrs.

### Qu'est-ce qu'une batterie Li-Ion ?



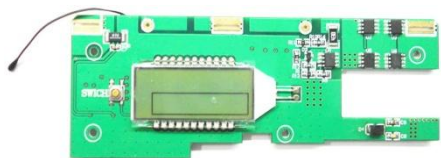
Une batterie Li-Ion est composée de plusieurs cellules connectées en série et en parallèle en fonction de la tension et des exigences de l'appareil. Trois types différents de cellules de batterie Li-Ion sont couramment utilisés : cylindrique, prismatique et polymère ; utilisés dans les ordinateurs portables, les tablettes et téléphones.

- **Les cellules cylindriques** font environ 18 mm de diamètre et 65 mm de longueur ; ce sont les cellules normalisées 18650. Ces cellules sont fréquemment utilisées dans les batteries faisant environ 20 mm d'épaisseur.
- **Les cellules prismatiques** sont fines et de forme rectangulaire ; les plus courantes sont les batteries Li-Ion de 6 et 8 cellules d'environ 12 mm d'épaisseur souvent utilisées dans les tablettes.

- **Les cellules polymères** sont plus minces que les cellules prismatiques. Elles sont souvent utilisées dans les produits tels que les ordinateurs de poche et certains ordinateurs ultra-portable, qui nécessitent des batteries faisant moins de 10 mm d'épaisseur ainsi que dans des téléphones.
- **La tension d'un élément Li-Ion est de 3,6 V.** Cette équivalence 1 élément Li-Ion = 3 éléments Ni-MH est très intéressante car elle permet dans certains cas de faire une substitution pure et simple, du Li-Ion par du Ni-MH uniquement, l'inverse pouvant s'avérer catastrophique. De plus le Ni-MH est d'une utilisation plus sûre, en particulier lors de la charge.

Ce problème de **sécurité impose d'intégrer un système électronique de protection**, embarqué le plus souvent dans la batterie. (Il empêche une charge ou décharge trop profonde, une surchauffe ou une élévation de température : sinon le danger peut aller jusqu'à l'explosion de l'élément ou l'incendie).

### Les systèmes de sécurité (BMS):

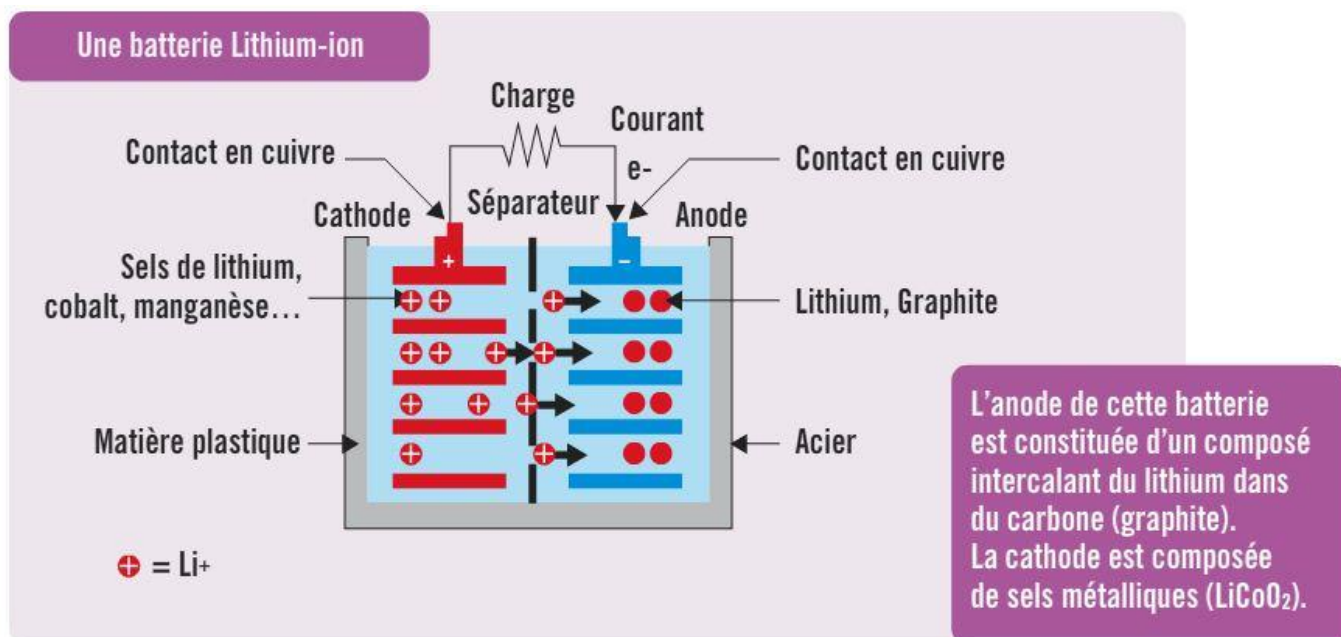


Une partie des dispositifs de sécurité de la batterie est intégrée directement dans l'élément : le fusible PTC. Il contient des détecteurs de pression et de température qui désactivent l'élément en cas d'élévation anormale de l'un des deux facteurs. Sur certaines batteries, ce fusible se réinitialise quand l'alimentation est coupée et que la température et la pression retombent à des niveaux acceptables.

Par souci de sécurité, des constructeurs préfèrent placer un fusible destructible qui rend l'élément inutilisable après surchauffe ou surpression. Outre ces éléments, la batterie intègre aussi de l'électronique prenant en charge d'autres systèmes de sécurité.

On y trouve un détecteur de tension maximale qui coupe la charge avant qu'elle n'atteigne une tension supérieure à 4,1 volts ; franchir ce palier la détruirait, avec un risque d'inflammation. A l'inverse, un autre capteur coupe la batterie avant qu'elle ne se décharge sous les 3 volts. Ce plancher descend parfois à 2,5 volts, limite minimale avant que la batterie ne rende l'âme et devienne inutilisable... sans autre risque. Ces deux sécurités sont réinitialisées après la mise hors tension.

A celles-ci, les constructeurs ajoutent généralement une détection des courts-circuits et parfois un fusible thermique redondant à celui des éléments. Sans ces protections, la surcharge, l'échauffement, ou le court-circuit d'une batterie au lithium-ion provoqueraient la formation de gaz organiques qui s'enflamment violemment sous l'effet de la chaleur. Mais il faut croire que les systèmes de sécurité sont très efficaces ; rares sont les accus qui en arrivent à de telles extrémités. **D'où l'importance de la qualité de fabrication de la batterie.**





## Les différents types de batterie Lithium. Avantages ; inconvénients :

### Batterie lithium-ion :

La plus utilisée actuellement dans les ordinateurs portables, les tablettes, les téléphones portables mais aussi dans le matériel de bricolage. Elle se présente sous plusieurs formes comme indiquer plus haut suivant l'utilisation que l'on veut en faire.

#### Avantages :

- ❁ Possède une haute densité d'énergie pour un poids très faible, grâce aux propriétés physiques du lithium (très bon rapport poids/potentiel électrique). Ces accumulateurs sont donc très utilisés dans le domaine des systèmes embarqués.
- ❁ Ne présente aucun Effet mémoire contrairement aux accumulateurs à base de nickel
- ❁ Ne nécessite pas de maintenance.
- ❁ Présente une faible autodécharge (5 à 10% par mois)
- ❁ Ces caractéristiques font de cette batterie l'une des meilleures solutions actuelles pour alimenter en électricité les appareils nomades (appareil photo, téléphone mobile, tablettes, PC) ou les véhicules (voiture hybride, voiture électrique).

#### Inconvénients :

- ❁ La profondeur de décharge : ces batteries s'usent moins vite lorsqu'elles sont rechargées tous les 10% que lorsqu'elles le sont tous les 80% (préférez donc charger souvent votre téléphone portable ou votre PC à batterie lithium)
- ❁ **Cette technologie s'utilise même quand on ne s'en sert pas** (corrosion interne et augmentation de la résistance interne d'où une durée de vie de 2-3 ans)
- ❁ Les courants de charge et de décharge admissibles sont plus faibles qu'avec d'autres technologies
- ❁ Il peut se produire un court-circuit entre les deux électrodes par croissance dendritique de lithium
- ❁ L'utilisation d'un électrolyte liquide peut présenter des dangers si une fuite se produit et que celui-ci entre en contact avec de l'air ou de l'eau
- ❁ Cette technologie mal utilisée présente des dangers potentiels : elles peuvent se dégrader en chauffant au-delà de 80 °C en une réaction brutale et dangereuse. Il faut toujours manipuler des accumulateurs lithium-ion avec une extrême précaution, ces batteries peuvent être explosives. Faites particulièrement attention lors de la charge de la batterie : **utilisez toujours le chargeur qui est fourni avec l'appareil.** Et comme avec tout accumulateur : Ne mettez jamais en court-circuit l'accumulateur, n'inversez pas les polarités, ne surchargez pas et ne percez pas le boîtier

#### Utilisation – entretien :

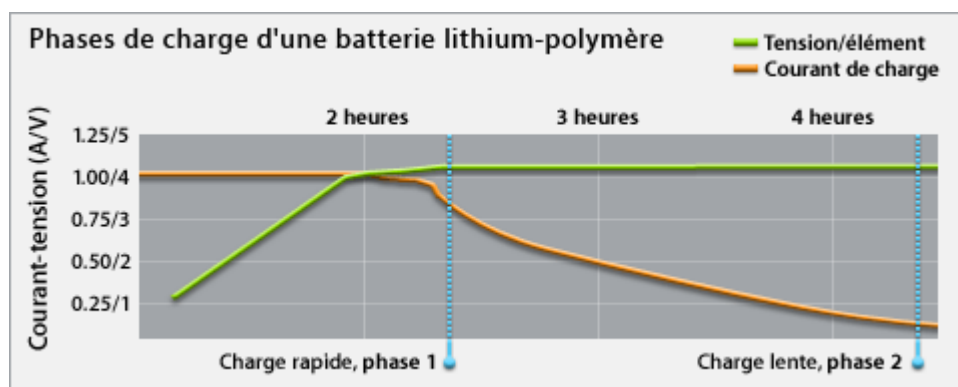
- ❁ Ne pas faire de décharge profonde la recharger avant qu'elle ne soit à 25 ou 30% de charge résiduelle.
- ❁ Ne pas stocker les batteries trop longtemps sans les utiliser
- ❁ Nombre de cycles de charge/décharge: 500 à 1000
- ❁ Stocker la batterie à température ambiante (les constructeurs les stockent vers 15°)
- ❁ Ne pas décharger complètement la batterie avant de la stocker.
- ❁ La charger aux environs de 30 à 50% avant de la stocker.
- ❁ La recharger une fois par mois à 50% si on ne l'utilise pas.
- ❁ Durée de vie depuis sa fabrication : de 2 à 3 ans même sans s'en servir.
- ❁ Si le PC reste branché constamment sur le secteur il est préférable d'enlever la batterie pour éviter la surchauffe due à la chaleur dégagée par le PC.
- ❁ Ne pas exposer la batterie à des températures élevées pendant de longues périodes.
- ❁ Toujours utiliser le chargeur d'origine car elles sont très sensibles au mode de charge
- ❁ Toujours utiliser des batteries de bonne qualité avec toutes les sécurités.

## Mode de charge de la plus part des PC :

Conformément aux recommandations des fournisseurs de cellules de batteries et aux pratiques recommandées, l'ordinateur ne continue pas de charger la batterie une fois qu'elle est entièrement chargée à 100 %. Une fois la batterie chargée à 100 %, le bit d'interruption de charge est défini, ce qui empêche le chargement de la batterie. La batterie n'élimine pas le bit d'interruption de charge tant que l'indicateur de niveau de charge ne pas tombe au-dessous de 94 %. Lorsque l'indicateur de charge de la batterie passe en dessous de 94 %, le bit de charge est défini et la batterie commence à se charger avec l'adaptateur secteur connecté à l'ordinateur portable. Si l'adaptateur secteur est déconnecté entre les niveaux 94 % et 100 %, le bit de charge ne sera pas défini et l'ordinateur ne chargera plus la batterie.

## La charge des batteries :

Les batteries lithium-ion polymère disposent d'une haute densité de puissance qui vous offre une grande autonomie dans un boîtier léger. Et vous pouvez recharger une batterie lithium-ion polymère quand bon vous semble, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer un cycle de charge ou de décharge complet.



## Charge standard

La plupart des batteries lithium-ion polymère utilisent une charge rapide pour recharger votre appareil à 80 % de sa capacité, puis passent en charge lente. Cela représente environ deux heures pour recharger un PC à 80 % de sa capacité, puis deux heures de plus pour atteindre sa pleine charge si vous ne l'utilisez pas en cours de charge. Les batteries lithium-ion peuvent être rechargées un grand nombre de fois, mais un nombre limité, défini en fonction du "cycle de charge".



## Cycle de charge.

L'utilisation et la recharge d'une batterie à 100 % de sa capacité correspondent à un cycle de charge complet.

Un cycle de charge correspond à l'utilisation de **l'intégralité** de l'énergie de la batterie, mais pas forcément sous la forme d'une charge unique. Vous pouvez par exemple utiliser votre appareil pendant plusieurs heures un jour, et utiliser la moitié de la batterie, puis le recharger complètement. Si vous faites la même chose le lendemain, seul un cycle de charge est compté, pas deux. Il peut donc vous falloir plusieurs jours pour aller au bout d'un cycle. Chaque fois que vous terminez un cycle de charge, les capacités de la batterie diminuent légèrement, mais vous pouvez accomplir de nombreux cycles avec la batterie de votre portable, avant que sa batterie ne soit réduite à 80 % de sa capacité d'origine.

## En résumé :

Lors de la première utilisation, la batterie est livrée chargée à environ 40%. (Si elle n'a pas été stockée trop longtemps)

Si vous utilisez votre PC sur le secteur vous pouvez mettre en place votre batterie et utiliser votre ordinateur. Elle se chargera automatiquement et stoppera la charge lorsqu'elle sera terminée.

Si vous devez utiliser votre ordinateur sur batterie, la mettre en charge environ 4 heures avant de l'utiliser.

Si vous utilisez très longtemps (plusieurs jours) votre ordinateur sur secteur, il est préférable d'enlever la batterie à cause de la chaleur dégagée par le PC et qui est néfaste pour la batterie.

Bien suivre les conseils d'entretien indiqués plus haut.

## Batterie Lithium-Polymère (Li-Po)



Appellation commerciale du Li-ion polymère où l'électrolyte est un polymère gélifié.

Attention certaines batteries Li-Po sont vendues sans circuit de protection et doivent donc être manipulées avec une grande précaution.

La batterie Li-Po utilise une chimie semblable aux batteries Li-ion et a des caractéristiques proches mais possèdent tout de même quelques différences.

## Avantages des Li-Po/Li-ion

- Batterie pouvant prendre des formes fines et variées (carte de crédit)
- Batterie pouvant être déposée sur un support flexible
- Faible poids (le Li-Po permet parfois d'éliminer l'enveloppe de métal lourde)
- Plus sûre que les Li-Ion (plus résistante à la surcharge et aux fuites d'électrolytes)
- Plus de cycles de vie

## Faiblesse des Li-Po/Li-ion

- Densité énergétique plus faible que les Li-ion
- Plus cher que le Li-ion (pour le moment)
- Charge soumise à des règles strictes sous peine de risque d'inflammation.

## Lithium-air

La pile **lithium-air** met en œuvre le couple lithium-dioxygène qui offre une densité énergétique très élevée (jusqu'à 5000 Wh/kg). Cela est dû au fait d'une part, que l'un des composants (l'oxygène) reste disponible et inépuisable sans être stocké dans la pile (comme dans la plupart des piles à air), mais surtout à la faible masse atomique et aux forts potentiels redox du lithium et de l'oxygène. Délivrante une tension de 3,4 V, elle présente toutefois certains inconvénients : corrosion, nécessité de filtres (exige un air très pur) et faible puissance spécifique (100 W/kg). Si les piles sont déjà commercialisées depuis plusieurs années (en particulier pour les piles d'appareils auditifs), les premiers modèles rechargeables sont récents. La recherche reste donc très active dans ce domaine.

## Lithium-phosphate

Cette version, plus récente, a une tension un peu plus faible (~3.3V) mais se veut plus sûre, moins toxique et d'un coût moins élevé. En effet, le prix des batteries lithium ion provient en grande partie des matériaux utilisés à la cathode, qui contient du cobalt et/ou du nickel, métaux très chers.

Pour un développement industriel dans le véhicule électrique (contenant de l'ordre de 30kWh de batteries), une baisse de prix est impérative. Le coût d'une batterie Li-ion standard est en effet de plus de 1000€ / kWh et devrait être abaissé sous 500€ / kWh pour atteindre ce marché.

Dans une batterie Lithium à technologie phosphate, les cathodes standard ( $LiCo_xNi_yAl_zO_2$ ) sont remplacées par le phosphate de fer  $LiFePO_4$ , matériau peu cher, car ne contenant pas de métaux rares, et de plus non toxique contrairement au cobalt. En outre cette cathode est très stable et ne relâche pas d'oxygène (responsable des explosions et feux de batteries Li-ion) la rendant plus sûre.

Cependant des recherches sont encore en cours pour s'assurer de leur durée de vie à long terme à des températures élevées, car il semblerait que la dissolution du fer (favorisé par la température) nuise à la cyclabilité de cette batterie.

## Lithium Métal Polymère (LMP)



Elle se présente sous forme d'un film mince enroulé. Ce film d'une épaisseur de l'ordre d'une centaine de micromètre (un millionième de mètre), est composé de 5 couches :

- Isolant.
- Anode : feuillard de lithium
- Electrolyte : composé de polyoxyéthylène (POE) et de sels de lithium (dans le cas de la batterie de la société Batscap).
- Cathode : composée de d'oxyde de vanadium, de carbone et de polymère (dans le cas de la batterie de la société Batscap).
- Collecteur de courant : feuillard de métal, permettant d'assurer la connexion électrique.

## Caractéristiques

La densité massique est de 110 Wh/kg. Pour comparaison Elle contient presque 3 fois plus d'énergie que les batteries au plomb (~40 Wh/kg) à poids égale car la structure en film mince est légère et maximise la surface de stockage utile d'énergie.

Il n'y a pas d'effet mémoire, on n'a donc pas besoin de vider complètement l'accumulateur avant de la recharger.

Durée de vie annoncée de l'ordre de 10 ans.

Pour un fonctionnement optimal, l'électrolyte a besoin d'être maintenu à une température autour de 85°C.

## Les autres types de batteries :

Les anciens types de batteries utilisées sont :

- ✚ Les batteries au plomb ou au plomb gélifié
- ✚ Les batteries au nickel : nickel-cadmium (Ni-Cd) et nickel-métal hydride (Ni-Mh)



## Tableau comparatif et spécifications des différents types de batteries :

Spécifications	Plomb acide Plomb gel.	NiCd	NiMH	Li-ion		
				Cobalt	Manganese	Phosphate
Energie massique (Wh/Kg)	30–50	45–80	60–120	150–190	100–135	90–120
résistance interne <sup>1</sup> (en milliOhms)	<100 12V pack	100–200 6V pack	200–300 6V pack	150–300 7.2V	25–75 <sup>2</sup> (par cellule)	25–50 <sup>2</sup> (par cellule)
Durée de vie <sup>4</sup> (décharge 80%)	200–300 cycles	1000 <sup>3</sup> cycles	300–500 <sup>3</sup> cycles	500-1000 cycles	500-1000 cycles	1000-2000 cycles
Charge rapide (temps)	8–16h	1h(typique)	2–4h	2–4h	1h (ou moins)	1h (ou moins)
Tolérance surcharge	Haute	Modérée	Faible	Faible car ne tolère absolument pas la surcharge		
Auto-décharge/mois (à température ambiante)	5%	20% <sup>5</sup>	30% <sup>5</sup>	<10% <sup>6</sup>		
Tension nominale cellule (en V)	2V	1.2V <sup>7</sup>	1.2V <sup>7</sup>	3.6V <sup>8</sup>	3.8V <sup>8</sup>	3.3V
Seuil de charge voltage (V/cell)	2.40 entretien 2.25	Détection de la charge maximale par signature de la tension		4.20		3.60
Seuil de décharge voltage (V/cell, 1C)	1.75	1.00		2.50 – 3.00		2.80
Courant de charge crête Meilleur résultat	5C <sup>9</sup> 0.2C	20C 1C	5C 0.5C	>3C <1C	>30C <10C	>30C <10C
Plage de température de charge	–20 à 50°C	0 à 45°C		0 à 45°C <sup>10</sup>		
Plage de température de décharge	–20 à 50°C	–20 à 65°C		–20 à 60°C		
Maintenance Recommandée	3–6 mois <sup>11</sup> (electrolyte)	30–60 jours (décharge)	60–90 jours (décharge)	Pas de maintenance		
Sécurités requises	Protection thermique	Fusible de protection thermique stable		Protection du circuit nécessaire <sup>12</sup>		
En service depuis	Fin 1800s	1950	1990	1991	1996	1999

- 1) La résistance interne d'une batterie varie en fonction de milliampères-heure (mAh) , le câblage et le nombre de cellules. Le circuit de protection des batteries lithium-ion ajoute environ 100 mV.
- 2) La taille des cellules et la conception détermine la résistance interne.
- 3) La vie de cycle est basée sur une batterie qui est entretenue régulièrement.
- 4) Le nombre de cycle est basé sur la profondeur de décharge (DoD). Une décharge superficielle améliore la durée de vie.

- 5) L'auto-décharge est plus élevée immédiatement après la charge. NiCd perd 10% dans les 24 premières heures, puis diminue à 10% tous les 30 jours. Une température élevée augmente l'auto-décharge.
- 6) Les circuits de protection internes consomment généralement 3% de l'énergie emmagasinée par mois.
- 7) La tension traditionnelle est 1.25V, 1.2V est plus couramment utilisé.
- 8) Une faible résistance interne réduit la chute de tension sous charge et Li-ion est souvent classé plus haut que 3.6V/cell. Les cellules marquées 3.7V et 3.8V sont entièrement compatibles avec 3.6V.
- 9) Capable de fortes impulsions de courant, a besoin de temps pour récupérer.
- 10) Ne chargez pas vos batteries Li-ion en dessous de zéro
- 11) La maintenance peut être sous la forme d'égalisation du niveau d'électrolyte ou de graissage des bornes pour éviter la sulfatation.
- 12) Seuil mini : si moins de 2.20V ou maxi : si plus de 4.30V pour la plupart Li-ion; différents seuils de tension s'appliquent pour les batteries lithium-fer-phosphate.

## **En résumé :**

### **Batteries lithium-ion (Li-Ion) :**

**Durée de vie :** 500 à 1000 cycles complets, de 2 à 3 ans à partir de sa fabrication.

**Charge ; décharge :** Ne supporte pas la surcharge ni la décharge en dessous de son seuil. Peut être chargée à tous moments (il vaut mieux la charger plus souvent). Temps de charge complet d'environ 3 à 4 heures. Les charges rapides se font uniquement sur le premier palier à 80%. L'autodécharge est de 5 à 10% par mois environ.

**Tension de la batterie :** l'élément de 3,6V peut être chargé à 3,7V ou 3,8V en fonction de la résistance interne de la batterie sans problème.

**Sécurité :** en raison des risques d'explosion ou d'incendie en cas de mauvaise utilisation il faut utiliser des batteries bien protégées par leur système de sécurité et utiliser le chargeur d'origine.

### **Nickel- cadmium (Ni-Cd) :**

**Durée de vie :** environ 1000 cycles ou 8 ans.

**Charge ; décharge :** pour une batterie vide charge à C/10 (C= courant nominal) pendant 14 heures. La batterie est chargée lorsque chaque élément fait 1,4V. effet mémoire en cas de charge partielle répétée. Ne jamais décharger un pack d'accumulateur à 0V

**Stockage :** déchargé de préférence avec cycle charge-décharge tous les 6 mois pour les maintenir. Un accumulateur neuf ou stocké depuis longtemps doit subir plusieurs charges décharges pour retrouver sa capacité nominale.

### **Nickel-métal hybride (Ni-Mh) :**

**Durée de vie :** 300 à 500 cycles ou 8 ans.

**Charge ; décharge :** charge identique à la Ni-Cd, ne présente que peu d'effet mémoire mais ne supporte pas la surcharge ; demande un chargeur adapté à leurs caractéristiques. Décharge : attention ! l'élément se détruit en dessous de 2,5V.

**Stockage :** à l'état chargé.

**sources :** H.P. ; Apple ; battery university ; collège de France