

Batterie

Accumulateur électrique Un accumulateur électrique ou simplement un accumulateur, est un dispositif destiné à stocker l'énergie électrique, sous forme électrique (condensateur) ou accumulateurs électrochimiques, parfois appelés à tort pile rechargeable. L'origine du terme Batterie est sans doute due à la constitution de batteries d'accumulateurs nécessaires pour obtenir une tension suffisante à l'utilisation désirée. Toutefois certains évoquent une autre source étymologique possible : l'effet de choc d'un courant électrique, comme si l'appareil électrique « battait » celui qui reçoit la décharge. Lorsque l'on parle d'éléments rechargeables on utilise le terme d'accumulateur. On les distingue des piles électriques qui ne sont par définition pas rechargeables. Les piles fournissent la quantité d'électricité prévue à leur fabrication (aucune charge, ni préparation n'est nécessaire avant utilisation).

Principe pile zinc/cuivre Généralités L'énergie électrique peut se stocker de différentes manières : Sous forme d'énergie électrostatique, en accumulant des charges électriques dans un ou plusieurs condensateurs. L'apparition, vers 1995, de condensateurs dont la capacité peut atteindre quelques centaines de farads permet de réaliser des substituts aux batteries d'accumulateurs classiques. Les avantages sont un gain de poids et un fonctionnement possible par très grand froid (véhicules polaires). Avec un inconvénient de taille le prix au Wh stocké nettement plus élevé. Sous forme d'énergie électromagnétique, en établissant un courant électrique dans un circuit bobiné autour d'un circuit magnétique, de telle sorte que l'énergie nécessaire pour mettre en mouvement les charges électriques puisse être restituée par induction. Sous forme électrochimique, qui présente la caractéristique intéressante de fournir une tension à ses bornes peu dépendante de sa charge (quantité d'énergie stockée) ou du courant débité. On utilise la propriété qu'ont certains couples chimiques d'accumuler une certaine quantité d'électricité en modifiant leur structure moléculaire et ceci de manière réversible. Différents types de couples chimiques sont utilisés pour la réalisation d'accumulateurs électriques.

Caractéristiques d'un accumulateur électrochimique La tension ou potentiel (en volt) est un paramètre important. Elle est de l'ordre de quelques volts pour un élément. Comme en pratique on désire des tensions plus élevées, (typiquement 12, 24 voire 48 V), pour augmenter la tension on raccorde des éléments en série au sein d'une batterie d'accumulateurs. La capacité électrique est généralement indiquée en A.h (Ampère(s) pendant une heure) par le constructeur. Elle se mesure dans la pratique par référence au temps de charge/décharge, en Ah. L'énergie stockée se mesure usuellement en Wh (watt-heure) mais l'unité officielle (SI) est le joule. $1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J} = 3,6 \text{ kJ}$; $1 \text{ J} = 0,278 \text{ mWh}$. Le débit maximum d'un accumulateur se mesure en ampère.

Différentes technologies

Plomb-acide ou Batterie au plomb La tension nominale d'un élément accumulateur de ce type est de 2 V. Il s'agit du système le plus ancien, mais aussi potentiellement l'un des plus polluants. C'est le dispositif de stockage d'énergie électrique utilisé dans la plupart des véhicules automobiles. L'accumulateur au plomb a été inventé par Gaston Planté qui observait l'électrolyse de l'eau acidulée. En essayant le plomb dans sa recherche de matières plus économiques que le platine, il remarqua que son appareil rendait de l'électricité lorsqu'on coupait l'alimentation ; comme si l'oxygène et l'hydrogène pouvaient rendre l'électricité qui les avait produits. Il crut avoir inventé la pile à combustible, mais comprit vite que ce n'était pas l'oxygène et l'hydrogène gazeux qui rendaient le courant, mais la modification chimique (oxydation) de la surface du plomb. Son appareil se composait de deux lames de plomb maintenues écartées par des bandes isolantes. Pour augmenter la surface des électrodes, Planté enrôla concentriquement deux bandes de plomb séparées par deux intercalaires de caoutchouc pour éviter tout contact entre elles, le tout contenu dans un bocal de verre rempli d'eau acidulée. Pour obtenir une capacité de décharge importante, G. Planté constata qu'il était nécessaire de faire subir aux électrodes une série de cycles charge/décharge qui constituait ce qu'il appela « la formation ». Le fonctionnement de la batterie ne disperse pas de plomb. Le plomb est un polluant, en revanche le recyclage des batteries est facile. Mais le transport et le recyclage des batteries est de plus en plus sévèrement réglementé, ce qui augmente les frais, diminue la rentabilité du recyclage ; par conséquent la quantité de batteries recyclées a tendance à diminuer, le prix du kilogramme de batteries devient inférieur au prix du kilogramme de ferraille. La durée de vie ainsi que les performances d'une batterie au plomb dépendent fortement de l'utilisation que l'on en fait. Ainsi, on a vu des batteries rendre l'âme après seulement 50 cycles alors que d'autres du même type ont tenu plus de 500 cycles. Cette forte disparité est en partie due au fait que ces batteries sont influencées par le type de cycle charge/décharge qu'on leur impose, supportent très mal les décharges profondes et nécessitent un système embarqué de contrôle très poussé afin de fournir les meilleures performances possibles.

Ni-Cd (Nickel-cadmium) La tension nominale d'un élément accumulateur de ce type est de 1,2 V. Ce couple électrochimique est l'un des plus couramment utilisés depuis plusieurs décennies pour fabriquer des batteries d'accumulateurs alimentant les appareils portatifs. Ce type d'accumulateur possède un effet mémoire, ce qui impose leur stockage dans un état déchargé (0,6 V). La fin de charge est caractérisée par une variation de la tension de charge (dv/dt) négative. C'est ce seuil qui est détecté par les chargeurs automatiques de qualité pour arrêter la charge. Par rapport au Ni-MH, le Ni-Cd peut supporter des pointes de courant en décharge plus importantes (de l'ordre de 10 fois) et sa décharge naturelle est beaucoup plus lente que celle du Ni-MH. Par contre le cadmium est très polluant. Ce type d'accumulateur permet un nombre de cycles charge/décharge plus important que les accus Li-ion et beaucoup plus important que les Ni-MH (durée de vie supérieure).

Ni-MH (Nickel-métal hydrure) La tension nominale d'un élément accumulateur de ce type est de 1,2 V. Ce type d'accumulateur n'incorpore ni cadmium ni plomb et est donc peu polluant. De plus, son énergie massique est supérieure de 40 % à celle des Ni-Cd et son effet mémoire est très faible. La fin de charge est caractérisée par une variation de la tension de charge ($\Delta v / \Delta t$) très faiblement négative. C'est ce seuil qui est détecté par les chargeurs automatiques de qualité pour arrêter la charge.

Lithium Les accumulateurs à base de lithium sont d'une technologie récemment mise au point et en cours de développement intense,

présentant un très important potentiel électrochimique. On distingue la technologie Lithium métal où l'électrode négative est composée de lithium métallique (matériau qui pose des problèmes de sécurité) et, la technologie 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. Les accumulateurs lithium-ion ont été remplacés par les accumulateurs lithium polymère délivrant un peu moins d'énergie, mais beaucoup plus sûrs. La durée de vie de ces accumulateurs n'est que de 2 à 3 ans après fabrication, indépendamment du nombre de cycles de charges. Le potentiel le plus répandu d'une cellule au lithium-ion est de 3,7 V.

Pile alcaline Contrairement aux mentions inscrites sur leurs emballages, les piles alcalines « non rechargeables » peuvent elles aussi être régénérées partiellement. Mais seulement avec un chargeur adapté à cet usage. Les chargeurs standard (Ni-MH ou Ni-Cd) utilisent des méthodes de charges non appropriées qui rendent l'opération dangereuse, pouvant aller jusqu'à l'explosion de la pile ou du moins la destruction du container avec fuite des composants acides. D'ailleurs, par sécurité et de façon générale, chaque chimie nécessite une méthode de charge spécifique donc un chargeur compatible. Certes, les alcalines subiront un nombre de cycles moins grand qu'un accumulateur, même en restant dans les conditions idéales de réversibilité de la réaction chimique (en particulier, en ne déchargeant jamais les éléments à moins de 1,25 V), il n'est possible de les régénérer que quelques dizaines de fois au maximum. En conséquence, cette possibilité est méconnue du grand public, d'autant qu'elle est réservée aux amateurs avertis des contraintes. De plus, cela ne peut être rentable que pour certains usages.

Alcaline rechargeable Il existe depuis les années 2000 une version améliorée dite alcaline rechargeable, spécifiquement destinée à être rechargée de nombreuses fois. Ce produit est manufacturé en particulier par une société canadienne Pure énergie. Elle est disponible dans le commerce de façon presque confidentielle. Ce type de piles alcalines est particulièrement adapté aux appareils qui ne déchargent ni trop vite, ni trop profondément leurs accumulateurs. Mais elles peuvent servir d'"accu de secours" grâce à leur longue durée de conservation de la charge hors utilisation.

Brome Actuellement au stade de prototype, les accumulateurs à base de brome seront probablement réservés aux installations fixes car ils nécessitent la circulation de l'électrolyte et que, de plus, le brome est particulièrement dangereux. Les couples étudiés sont: sodium-brome, vanadium-brome et zinc-brome.

Tableau comparatif des différentes technologies

| Type | Énergie massique | Tension d'un élément | Durée de vie (nombre de recharges) | Temps de charge | auto-décharge |
|----------|------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| Plomb | 30-50 Wh/kg | 2 V | 200 - 300 | 8-16 h | 5 % |
| Ni-Cd | 48-80 Wh/kg | 1,25 V | 1 500 | 1 h | > 20 % |
| Ni-MH | 60-120 Wh/kg | 1,25 V | 300 - 500 | 2-4 h | > 30 % |
| Alcaline | 80-160 Wh/kg | 1,5-1,65 V | 100 | 1-16 h | (selon capacité) < 0,3 % |
| Li-ion | 110-160 Wh/kg | 3,7 V | 500 - 1 000 | 2-4 h | 10 % |
| Li-Po | 100-130 Wh/kg | 3,7 V | 300 - 500 | 2-4 h | 10 % |

noter que la batterie Li-Po (lithium polymère) est effectivement moins performante que la Li-ion mais fabriquée différemment. Elle prend moins de place que la Li-ion. Par conséquent une batterie Li-Po de même taille qu'une batterie Li-ion possède une capacité plus importante (contrairement à ce que semblerait laisser penser ce tableau).