

Les batteries (ou accumulateurs) et les piles sont des systèmes électrochimiques, qui stockent de l'énergie sous forme chimique et la restituent sous forme électrique. Les batteries sont basées sur un système électrochimique réversible, contrairement aux piles.

1 - Rappel sur le courant

L'intensité (ou courant) est proportionnelle à la quantité d'électrons déplacée par seconde.



Figure 1 : Convention de sens pour le courant

2 - Réaction électrochimique

Le courant est produit par la circulation d'électrons entre 2 plaques ou électrodes :

- une électrode positive capable de céder ou de capter les électrons,
- une électrode négative capable de céder ou de capter les électrons¹.

Le courant est créé par un mouvement d'ensemble des électrons qui se déplacent de l'électrode positive à l'électrode négative en passant par un fil de métal (conducteur), pour alimenter un récepteur. Les ions issus de ce transfert d'électrons traversent l'électrolyte partant de la cathode pour rejoindre l'anode. La batterie se décharge.

Une batterie ou une pile se caractérise donc tout d'abord par deux couples « oxydant-réducteur » (par exemple Plomb/Oxyde de plomb, Carbone/Oxyde de cobalt lithium ou Carbone/Phosphate de fer lithié ...) échangeant des électrons. L'association de deux plaques (ou de deux matériaux d'insertion pour la batterie li-ion) constitue l'entité primaire d'une batterie.

Les deux électrodes baignent dans une solution électrolytique (ou électrolyte), liquide ou sous forme de gel. C'est la réaction entre la solution et les électrodes qui est à l'origine du déplacement des électrons et des ions dans la solution. Ainsi, l'électrolyte a pour fonction d'assurer la conduction ionique et, plus généralement, de participer à la réaction chimique. Un isolant poreux (ou séparateur) permet de séparer les deux électrodes tout en autorisant le passage des ions.

¹ Lors de la décharge, l'électrode positive est le siège d'une réaction de réduction et l'électrode négative est le siège d'une réaction d'oxydation. Lors de la charge, les réactions s'inversent. L'électrode où siège la réaction de réduction est la cathode, celle où siège la réaction d'oxydation est l'anode. Dans le cas de la décharge, l'électrode positive est la cathode, alors que dans le cas de la charge, cette même électrode positive est l'anode. Les terminologies « anode » et « cathode » ne présentent donc que peu d'intérêts ici.

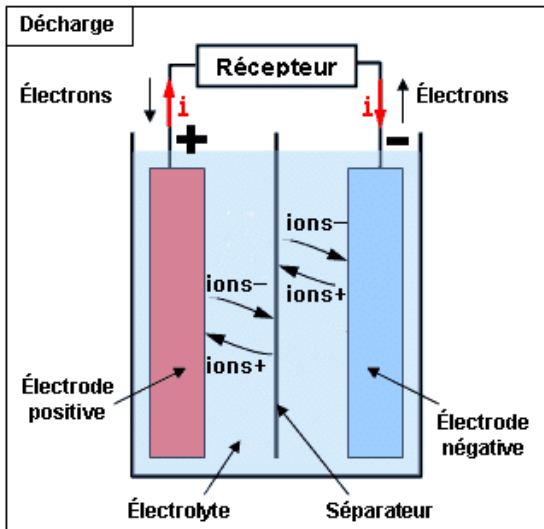


Figure 2 : Principe de fonctionnement d'une batterie au plomb

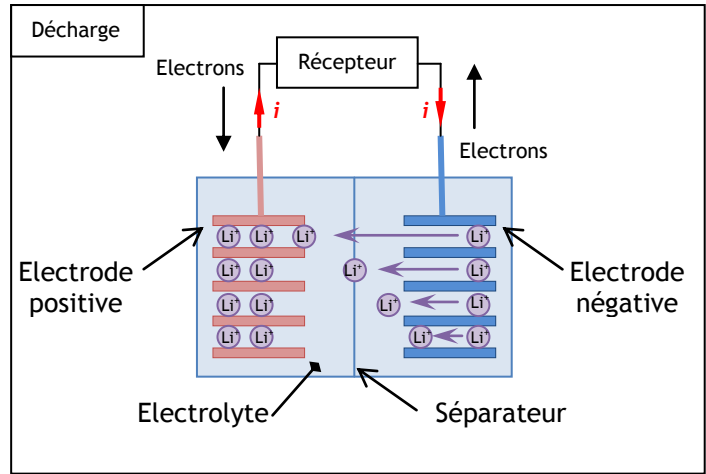
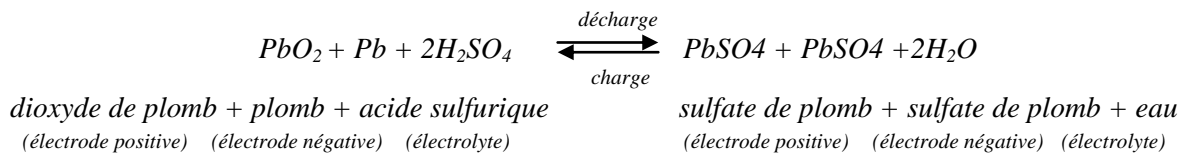


Figure 3 : Principe de fonctionnement d'une batterie au lithium

3 - Exemple : Entité primaire d'une batterie au plomb (oxyde de plomb/plomb)

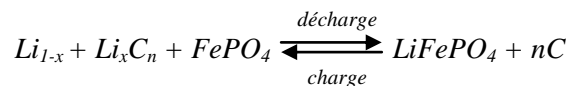
- Électrode positive : oxyde de plomb,
- Électrode négative : plomb,
- Électrolyte : mélange d'eau + acide sulfurique.



4 - Exemple : Entité primaire d'une batterie au lithium (LiFePO₄)

- Électrode positive : phosphate de fer lithié LiFePO_4 ,
- Électrode négative : carbone,
- Électrolyte : mélange sels de lithium + solvant organique.

La décharge entraîne la formation de LiFePO_4 à l'électrode positive alors que le graphite de lithium se sépare en carbone et en cation Li^+ à l'électrode négative. A la charge, le graphite de lithium se forme à l'électrode négative, alors qu'à l'électrode positive il y a destruction de LiFePO_4 .



5 - Phase de décharge

Lors de la décharge, la réaction électrochimique est spontanée, elle engendre le déplacement des électrons au travers du récepteur afin de rétablir l'équilibre des potentiels chimiques, créant ainsi le courant. Lorsque les deux électrodes possèdent le même potentiel, la batterie ne débite plus de courant.

6 - Phase de charge

Le procédé est l'inverse de la décharge : pendant la charge, la batterie est réceptrice du courant fourni par le secteur. Un générateur est placé aux bornes de la batterie et débite en sens inverse dans le système. À l'intérieur de la batterie, les potentiels chimiques des électrodes « s'éloignent » et donc la tension augmente. L'énergie chimique accumulée se manifeste par des réactions électrochimiques forcées, sens opposé au sens spontané. À l'extérieur de la batterie, l'énergie électrique se manifeste par un déplacement d'électrons.

7 - Effet mémoire

L'effet mémoire touche les batteries nickel-hydrure de métal, Ni-MH. Le principe est que lorsque l'on recharge une batterie sans jamais la laisser se décharger totalement, on finit par perdre la capacité non utilisée : une batterie utilisée la plupart du temps à 75% finit par perdre 25% de sa capacité. Une décharge complète avec un appareil approprié peut rendre réversible ce phénomène. *Une explication de ce phénomène peut par exemple être consultée sur le site « Le monde des accumulateurs & batteries rechargeables » [1].*

8 - Réalisations industrielles

La tension nominale aux bornes d'un élément primaire (deux plaques : électrode positive et électrode négative) dépend des couples de matériaux utilisés dans la batterie. Par exemple, aux bornes de batterie au plomb (couple plomb/oxyde de plomb) la tension théorique maximale est de 2 V. Afin d'obtenir une batterie de 12 V il faut empiler 6 entités primaires.

Deux formes principales sont proposées :

- agencement cylindrique,
- agencement prismatique.

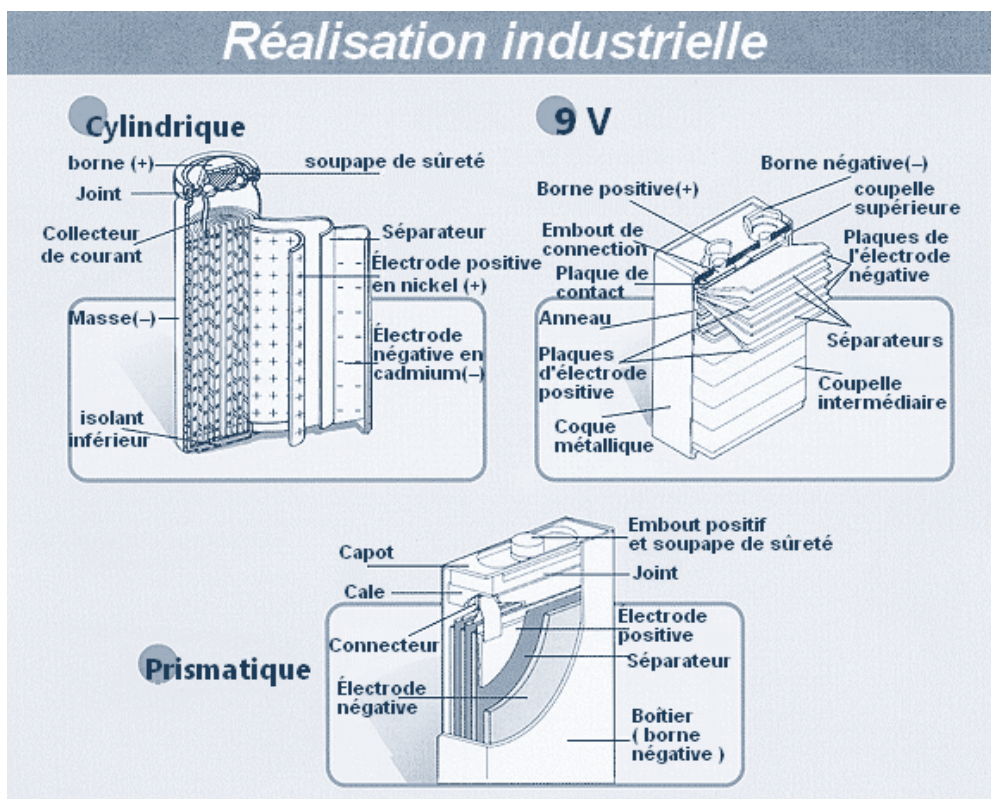


Figure 3 : Différentes réalisations de batteries [1]

Suivant le couple oxydant/réducteur utilisé, d'autres dispositions doivent être prises. Par exemple dans les batteries au plomb (batterie automobile) des réactions parasites provoquent un dégagement de gaz (de dioxygène et de dihydrogène) et de chaleur. Par sécurité et afin d'évacuer la surpression engendrée par la réaction, un ou des événements (soupapes) sont disposés sur la face supérieure. Ces batteries ouvertes peu onéreuses nécessitent un entretien, en particulier de compléter le niveau de liquide (acide et eau) et ne peuvent pas être renversées. Pour limiter cette contrainte, le liquide électrolytique peut être remplacé par un gel (principe utilisé dans les VAE qui sont susceptibles de subir des variations d'inclinaison importantes). Des batteries étanches et avec peu d'entretien ont vu le jour : les batteries étanches VRLA (Valve Regulated Lead Acid). Ce sont des batteries à recombinaison de gaz, qui permettent de reformer de l'eau à partir de la combinaison de dioxygène et de dihydrogène.

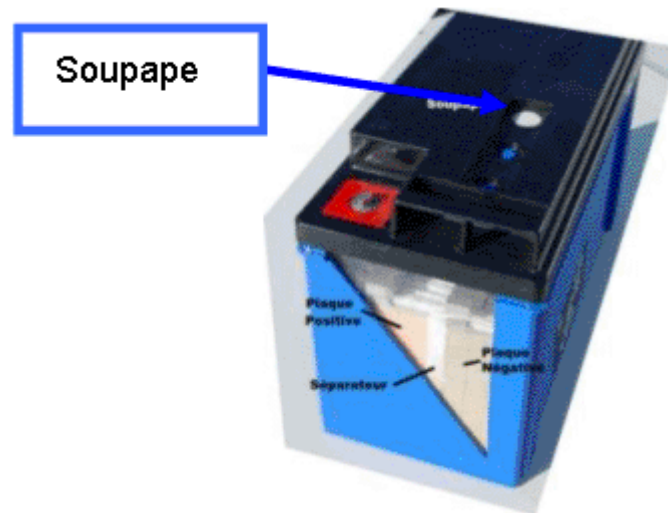


Figure 4 : Repérage de la soupape de dégagement de gaz [1]

Références :

[1]: <http://www.ni-cd.net/>

[a] : C. Lefrou, P. Fabry, J-C. Poignet - Electrochimie : Concepts fondamentaux illustrés

Ressource publiée sur EDUSCOL-STI : <http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-cachan/>