

CHAPITRE 9 : TRANSFERT D'ENERGIE : PILES ET ACCUMULATEURS

1 Les piles et leurs évolutions technologiques

Depuis l'invention de la pile par Volta, les piles ont connu de nombreuses évolutions :

- La pile de Volta (1800) : Deux métaux de nature différente plongent dans un liquide ionique.
- La pile Daniell (1836) : Un métal plonge dans une solution contenant son ion métallique constitue une demi-pile (cuivre dans une solution de sulfate de cuivre). La pile Daniell est constituée de deux demi-piles reliées par un pont salin.
- La pile Leclanché (1866) : Les piles salines utilisées actuellement sont des piles zinc-charbon ou piles de Leclanché.
- Les piles à l'oxyde d'argent et au mercure (1930-40) : Il s'agit des piles boutons.
- La pile alcaline (1940-50) : Les performances sont très nettement supérieures à celles de la pile saline. La pile alcaline tire son nom de la nature alcaline ou basique de l'électrolyte

2 Fonctionnement d'une pile

2.1 Constitution

Une pile est constituée de deux électrodes de nature différente plongeant dans un électrolyte (solution ionique). Chaque compartiment constitue une demi-pile. Les demi-piles sont reliées par un pont salin.

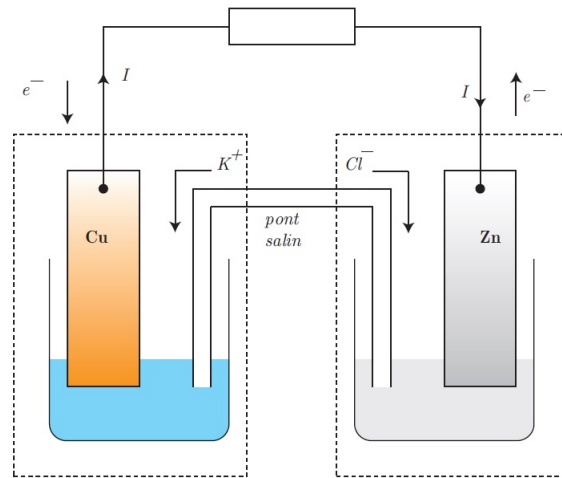
2.2 Les électrodes

Les électrodes doivent être de nature différente. En général, ce sont des métaux (fer, zinc, cuivre. . .). Mais les électrodes peuvent être en graphite ou en platine (ce sont des électrodes inertes). Les deux électrodes sont :

- La cathode : c'est l'électrode où arrivent les électrons et où se produit la réduction. Elle constitue la borne positive de la pile.
- L'anode : c'est l'électrode où partent les électrons et où se produit l'oxydation. Elle constitue la borne négative de la pile.

2.3 Exemple de la pile Daniell

La pile Daniell est construite à l'aide de deux demi-piles mettant en jeu les couples $Cu^{2+}_{(aq)}/Cu_{(s)}$ et $Zn^{2+}_{(aq)}/Zn_{(s)}$.



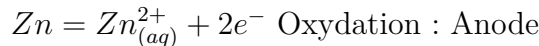
Pile Daniell

L'électrode de cuivre est la cathode (arrivée des électrons : réduction) et l'électrode de zinc est l'anode (départs des électrons : oxydation). Dans les fils électriques, les électrons circulent donc de l'anode vers la cathode. Le courant électrique circule donc de la cathode vers l'anode. Les demi-équations de réactions sont les suivantes :

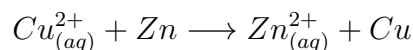
— Demi-équation à l'électrode de cuivre :



— Demi-équation à l'électrode de zinc :



L'équation bilan globale de fonctionnement de la pile est la suivante :



3 Caractéristiques d'une pile

3.1 La force électromotrice

La force électromotrice (f.é.m) d'une pile est la tension U_{CA} entre la cathode et l'anode lorsque la pile ne débite pas de courant électrique. La f.é.m est souvent notée E et possède une valeur positive. dans le cas d'une pile usée, la f.é.m est nulle.

3.2 Quantité d'électricité débitée par une pile

3.2.1 Quantité d'électricité et quantité de matière d'électrons

La quantité d'électricité Q correspond à la charge électrique transportée par les électrons ou emmagasinée par la pile :

$$Q = n(e^-) \times F$$

Q : quantité d'électricité en coulomb (C)

$n(e^-)$: quantité de matière d'électrons (mol)

F : constante de Faraday ($C.mol^{-1}$) $F = 96500 C.mol^{-1}$

Remarque : La constante de Faraday est le produit de la charge élémentaire par le nombre d'Avogadro :

$$F = N_A \times e$$

F : constante de Faraday ($C.mol^{-1}$)

N_A : nombre d'Avogadro ($N_A = 6,02 \times 10^{23} mol^{-1}$)

e : charge élémentaire ($e = 1,60 \times 10^{-19} C$)

3.2.2 Quantité d'électricité et intensité

La quantité d'électricité dépend de l'intensité du courant délivré I et de la durée de fonctionnement t selon la relation :

$$Q = I \times t$$

Q : quantité d'électricité en coulomb (C)

I : intensité (A)

t : durée de fonctionnement (s)

Remarque : Si I est en ampère (A) et t en heures (h) alors Q s'exprime alors en ampère-heure (Ah) avec $1 A.h = 3600 C$.

4 Les accumulateurs

4.1 Différents types d'accumulateurs

On distingue différents types d'accumulateurs ou de « piles rechargeables » :

- les accumulateurs au plomb
- les accumulateurs Ni-Cd (nickel cadmium)
- les accumulateurs Ni-MH (nickel métal hydrure)
- les accumulateurs lithium-ion

4.2 Principe

Un accumulateur est un système électrochimique permettant de stocker de l'énergie. Il convertit l'énergie chimique en énergie électrique lors de la décharge et convertit l'énergie électrique en énergie chimique lors de la charge. L'accumulateur est donc un système réversible et peut être rechargeable par opposition à la pile qui ne l'est pas.

Une batterie d'accumulateurs appelée plus simplement batterie est un ensemble d'accumulateurs associés entre eux en série.

4.3 Caractéristiques

Les caractéristiques d'un accumulateur sont :

- La tension nominale U correspond à la force électromotrice ou f.é.m.
- La capacité Q_{max} . C'est la quantité d'électricité maximale que peut fournir cet accumulateur. Cette capacité s'exprime en général en $A.h$.
- Le courant maximal I_{max} . C'est la valeur maximale de l'intensité du courant que peut fournir cet accumulateur pendant une durée très courte.
- L'énergie disponible E est l'énergie qu'un accumulateur peut délivrer. Elle est calculée par la relation :

$$E = Q_{max} \times U$$

E : énergie disponible ($W.h$)

Q_{max} : capacité ($A.h$)

U : tension nominale (V)

Le constructeur indique les valeurs maximales des caractéristiques pour une batterie neuve et chargée à 100 %.



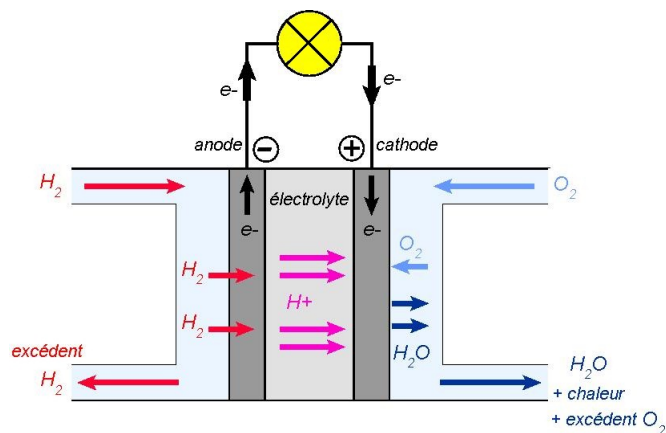
Batterie d'accumulateurs

Dans cet exemple, trois valeurs sont indiquées : 12 V, 70 A.h et 640 A. Ce sont les caractéristiques de cette batterie d'accumulateurs. Elles correspondent :

- à la tension nominale : $U = 12 \text{ V}$
- à la capacité : $Q_{max} = 70 \text{ A.h}$.
- au courant maximal : $I_{max} = 640 \text{ A}$

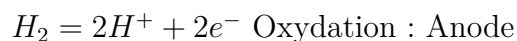
5 Pile à combustible

La pile à combustible est constituée de deux électrodes, l'anode et la cathode, séparées par un électrolyte.

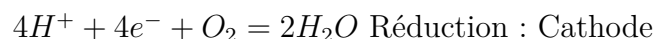


Principe de fonctionnement d'une pile à combustible

Dans cette pile, le dihydrogène arrive au niveau de l'anode et subit une oxydation :



Le dioxygène arrive au niveau de la cathode et subit une réduction :



Les protons H^+ passent à travers l'électrolyte tandis que les électrons ne peuvent pas passer par cet électrolyte et passent donc dans le circuit extérieur sur lequel est placé un dispositif électrique.