

LES ACCUMULATEURS

1. Généralités.

Il y a nécessité de stockage chaque fois que la demande énergétique est décalée dans le temps vis-à-vis de l'apport énergétique solaire.

En effet :

- La demande énergétique est fonction de la charge à alimenter, demande continue ou discontinue des appareils d'utilisation.
- L'apport énergétique solaire est périodique (alternances jour/nuit, été/hiver) et aléatoire (nuages ou non).

Ce décalage entre la demande et l'apport énergétique nécessite un stockage d'électricité. Le système tampon le plus couramment utilisé pour les systèmes photovoltaïques est la batterie d'accumulateurs électrochimiques bien connue dans le domaine automobile.

1.1. Définition.

Les accumulateurs électrochimiques sont des générateurs "réversibles" c'est-à-dire pouvant stocker l'énergie électrique sous forme chimique puis la restituer à tout moment sur demande grâce à la réversibilité de la transformation.

1.2. Différents types

De nombreux types d'accumulateurs électrochimiques existent (Pb, CdNi, NiZn, ...), toutefois un des plus anciens et des plus couramment utilisés dans l'automobile est l'accumulateur au plomb.

Celui-ci subit des perfectionnements constants pour améliorer ses performances en vue de l'utilisation la mieux adaptée au photovoltaïque

2. Les accumulateurs au plomb.

2.1. Description.

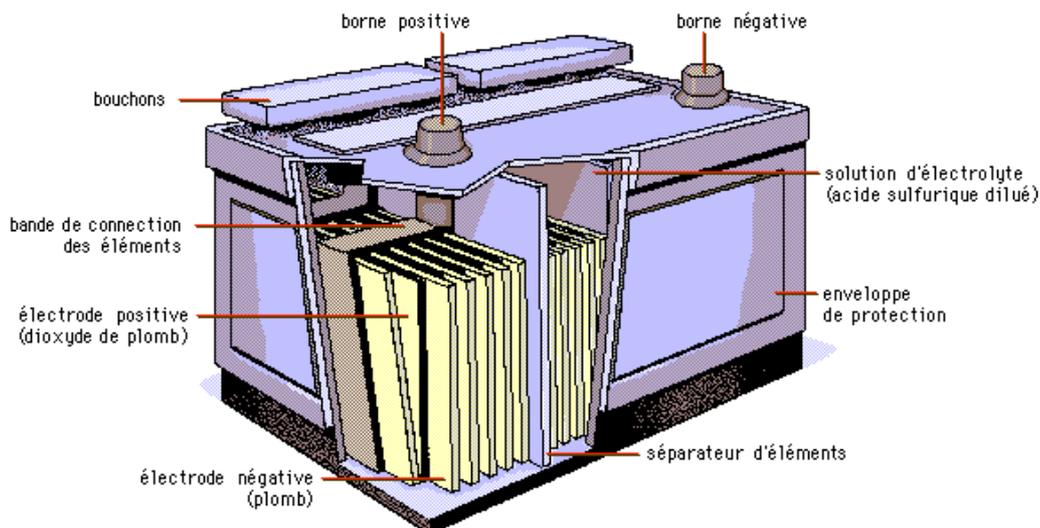


Illustration Microsoft

- L'électrode positive est une plaque rectangulaire en plomb renforcée par des nervures entre lesquelles sont disposées des lamelles ou des tubes constitués par des oxydes de plomb.
- L'électrode négative est une plaque de plomb à surface gaufrée dont les alvéoles sont garnies de plomb spongieux.
- L'électrolyte est une solution d'acide sulfurique dont la densité varie en fonction de l'état de charge de la batterie.

- Organisation : L'énergie qu'on peut emmagasiner dans un accumulateur étant proportionnelle à la surface des électrodes, on a intérêt à augmenter leurs dimensions. Pour éviter un trop grand encombrement, on constitue deux faisceaux de plaques parallèles positives et négatives intercalées. L'ensemble des plaques est immergé dans l'électrolyte contenu dans un bac en matière isolante (verre ou matière plastique).

2.2. Principe de fonctionnement.

Pendant la décharge, la concentration de l'acide sulfurique décroît.

Inversement de l'acide sulfurique se reforme pendant la charge. Le moyen le plus sûr de vérifier l'état de charge est de mesurer la densité de l'électrolyte, ce qui permet de connaître la concentration en acide.

En fin de charge, si on prolonge le passage du courant, l'hydrogène et l'oxygène résultant de la décomposition de l'eau finissent par se dégager à l'état gazeux sur les électrodes (Electrolyse).

Si la décharge se produit trop longtemps, ou si on ne surveille pas la concentration d'acide sulfurique, celui-ci peut attaquer les plaques en donnant du sulfate de plomb qui n'est plus détruit par la suite.

L'accumulateur se sulfat, il finit par devenir inutilisable.

N.B : On voit qu'il est important de surveiller l'état de charge ou décharge d'une batterie au plomb pour la conserver en bon état car un fonctionnement prolongé dans un sens ou dans l'autre aboutirait à la destruction définitive de l'accumulateur.

2.3. Caractéristiques.

2.3.1. Tension

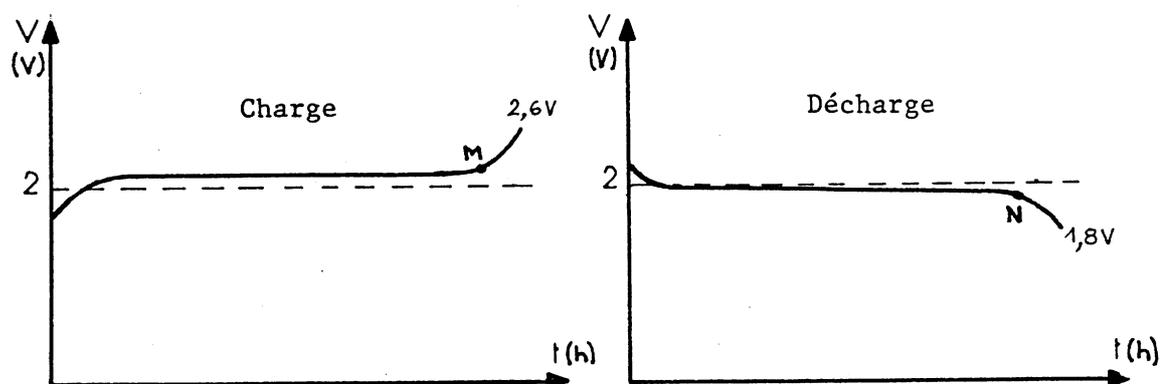
La tension aux bornes d'un élément d'accumulateur au plomb est voisine de 2V. Sa valeur varie entre 1,7 V et 2,4 V suivant l'état de charge en conditions normales de fonctionnement.

2.3.1.1. Charge.

Pendant la charge, l'accumulateur est un récepteur. Si on trace graphiquement la différence de potentiel aux bornes en fonction du temps, on constate qu'après un court régime transitoire elle s'établit aux environs de 2,2 V.

En fin de charge (point M), on note un accroissement rapide de la tension. Les plaques, complètement polarisées, ne retiennent plus l'oxygène et l'hydrogène dégagés. La fin de charge est atteinte à 2,6 V en charge cyclique.

En charge flottante (régulation de charge) on se limite entre 2,25 V et 2,35 V par élément.



2.3.1.2. Décharge.

Pendant la décharge, la force électromotrice varie, en fonction du temps comme l'indique la figure. Pendant une assez longue durée d'utilisation, elle reste remarquablement constante à la valeur de 2V

environ. À partir du point N, elle diminue brusquement (1,8 V), il faut alors recharger l'accumulateur, sous peine de voir apparaître la sulfatation des plaques.

En pratique, on ne descend pas en général en dessous de 20 % de la capacité batterie. Sinon, la sulfatation entraîne une perte de capacité et une augmentation de la résistance interne d'où baisse de tension.

2.3.2. Résistance interne.

La résistance interne d'un accumulateur est toujours très faible (de l'ordre de quelques centièmes d'ohm) et négligeable en général, dans les applications numériques.

Cette faible résistance interne présente d'ailleurs un inconvénient : quand les deux bornes sont accidentellement, réunies par un conducteur lui-même peu résistant, la résistance totale du circuit reste très faible ; l'intensité du courant débité est considérable, l'accumulateur, mis ainsi en court-circuit, est rapidement hors d'usage.

2.3.3. Capacité

On appelle capacité la quantité d'électricité, évaluée habituellement en ampères-heures (Ah), qu'un accumulateur chargé peut faire circuler pendant la période de décharge.

La capacité d'un élément est fonction du régime de décharge, la capacité nominale (C_n) d'une batterie étant donnée, généralement, pour un régime de décharge en 10 h ($C/10$).

Pour un régime de décharge plus élevé ($I > C/10$) la capacité diminue.

Pour un régime de décharge plus faible ($I < C/10$) la capacité augmente.

Le courant de décharge est évalué en fractions de la capacité exprimée en Ah (ex : $C/100$).

Exemple : Un accumulateur de 100 Ah à $C/10$ peut fournir un courant de 10 A pendant 10 h. Sa capacité sera réduite à 80 Ah pour un régime de décharge à $I = C/5 = 20A$ tandis que la capacité pourra être augmentée à 140 Ah pour un régime de décharge à $I = C/100 = 1 A$.

La capacité d'un élément est fonction de sa température : ses variations vont dans le même sens que celles de la température.

2.3.4. Rendement

Le rendement en ampères-heures (ou faradique) est le rapport entre la quantité d'électricité débitée à la décharge Q_d et la quantité d'électricité fournie lors de la charge Q_c .

$$\eta_q = Q_d / Q_c$$

Ce rendement est de l'ordre de 90 %. Le rendement en énergie (ou énergétique) est de l'ordre de 70 à 80 %. Ce rendement est plus faible que le précédent car les ampères-heures ne sont pas stockés et restitués à la même tension.

2.3.5. Autodécharge.

Le taux d'autodécharge d'un accumulateur représente la perte moyenne relative de capacité par mois et pour une température donnée.

L'autodécharge est une caractéristique interne découlant de la technologie utilisée et est généralement donnée pour une température de 20 °C.

Elle est de l'ordre de 10 % par mois, pour les plaques au plomb-antimonieux (cet alliage a pour but d'augmenter la tenue mécanique)

Elle est de l'ordre de quelque % par mois pour le plomb doux (à faible teneur d'antimoine) ou le plomb-calcium, mais les éléments sont plus fragiles. ($T = 20^\circ\text{C}$)

L'autodécharge varie très rapidement avec la température. (Elle double de valeur tous les 10 °C).

2.3.6. Durée de vie.

La durée de vie des accumulateurs est directement liée à leurs conditions d'utilisation. Pour une utilisation en stockage tampon, la durée de vie dépend essentiellement du nombre et de l'amplitude des cycles charge décharge

En limitant la profondeur de décharge journalière ($< 15\% C_n$) et la profondeur de décharge saisonnière ($< 60\% C_n$), on estime la durée de vie des accumulateurs à 6 ou 7 ans, ceux-ci étant protégés contre la surcharge.

3. Les accumulateurs cadmium-nickel.

3.1. Description.

Les accumulateurs cadmium-nickel sont réalisés à partir de 2 électrodes (hydroxyde de Nickel et Cadmium) immergés dans une solution de potasse d'où le nom d'accumulateur alcalin.

3.2. Caractéristiques.

La tension nominale est de 1,2 V mais elle varie entre 1,15 V et 1,45 V par élément suivant l'état de charge.

Les éléments sont, par leur construction, plus robustes et moins lourds que ceux au plomb

- Ils acceptent plus facilement la surcharge ou décharge profonde
- Pour les petites capacités, ils se présentent sous forme cylindrique (comme les piles) en version étanche
- Ils peuvent fonctionner sur une grande plage de température
- Ils nécessitent un entretien réduit ce qui leur confère une grande durée de vie.

Par contre :

- Le rendement de l'accumulateur est faible (rendement faradique = 70 %)
- L'autodécharge est plus élevée que celle des accumulateurs au plomb ($> 15\%$)
- Les écarts de tension entre charge et décharge sont plus importants
- Leur coût est élevé.