



Les batteries

1. Rôle d'une batterie

D'une manière générale, une batterie (ou un accumulateur) est une réserve d'énergie électrique indispensable lorsque le générateur est intermittent, avec des usages qui le sont différemment ou qui sont continus. Ici, la batterie sert à stocker l'énergie électrique excédentaire produite par les panneaux solaires et est utilisée en période d'ensoleillement insuffisant ou la nuit.

Ce stockage est dimensionné pour une durée de plusieurs jours consécutifs de non-ensoleillement, et doit tenir compte des problèmes de durée de vie et de perte de capacité progressive due au cyclage (charge et décharge) de la batterie.

Les caractéristiques des batteries sont la **densité énergétiques** (en Wh/kg), la **tension** (en V) et la **capacité** (en Ah).

2. Principales technologies

Différentes technologies existent :

- **Plomb Acide** (ouverte ou fermée)

La moins chère de toutes les technologies (pour les sites autonomes).

Longue durée de vie, aptitude au cyclage ; faible densité énergétique (25 à 35Wh/Kg). Pas d'effet mémoire (L'effet mémoire est un phénomène physico-chimique affectant les performances des accumulateurs électriques s'ils ne sont pas complètement déchargés avant d'être rechargés).

- **Cadmium Nickel**

Robuste, résiste aux hautes températures ; effet mémoire ; faible densité énergétique (40 à 70Wh/Kg).

Nécessite un remplissage trimestriel.

Attention ! Toxique (interdit en UE).

- **Li-ion** (Lithium-ion)

Trois fois plus durable et trois fois plus chère que plomb-acide ;

Capacité indépendante du courant de décharge, bonne tenue en température

Bonne densité énergétique (80 à 100Wh/kg).

Disponible en petite capacité : <50Ah sous 48V.

- D'autres technologies pourraient apparaître sur le marché (Sodium...)



3. Caractéristiques usuelles

3.1. Accumulateurs

Une batterie au plomb dite « 12 Volts » est constituée de cellules appelées accumulateurs, délivrant chacun une tension standard de 2,1 Volts. Elle comprend 6 accumulateurs disposés en série qui délivrent ensemble ainsi une tension totale de 12,6 Volts. Un accumulateur est un ensemble de plaques (positives et négatives) immergées dans une substance acide appelée électrolyte. Dans le cas présent il s'agit d'un mélange d'eau et d'acide sulfurique (H_2SO_4).

3.2. Capacité

La capacité d'une batterie est la quantité d'énergie électrique qu'elle est théoriquement capable de restituer après avoir reçu une charge complète, pour un régime de courant de décharge donné, une tension d'arrêt et une température définie. Elle s'exprime usuellement en ampères-heures (Ah).

L'unité usuelle d'énergie est le Joule ou Wh (Watt-heure), mais il est d'usage d'assimiler l'unité Ah à une unité d'énergie. En effet, le passage de l'unité Ah à l'unité Wh s'effectue simplement en multipliant par la tension U de la batterie.

La capacité pratique d'une batterie dépend du régime de décharge.

La norme internationale définit la capacité nominale d'un accumulateur au plomb. La capacité C20 est la valeur obtenue en ampères-heures lors de la décharge continue et ininterrompue pendant 20h jusqu'à une tension de fin de décharge de 1,75V par élément à 20°C.

Exemple : Batterie AGM 12V 205 Ah / ML 220C Megalight Power MONBAT.

Capacité nominale C5 = 175 Ah, C20 = 205 Ah, C100 = 220 Ah.

Ce qui veut dire que par exemple à C20, la batterie pourra fournir un courant de 11A :

Capacité 220Ah/ temps de décharge 20=11A.

Une batterie fournit un courant d'autant plus intense que sa décharge est lente.

3.3. État de charge en anglais *State of Charge (SoC)*

C'est le rapport entre la capacité résiduelle (constatée) et la capacité nominale. Il est de 100% pour une batterie complètement chargée, et de 0% pour une batterie non chargée. Il y a 3 valeurs de tensions à connaître pour estimer le SoC d'une batterie Pb (attention : Tension à vide):

- 2,1 V/élément : la batterie est entièrement chargée soit 12,6 V pour une batterie de 6 éléments.
- 2 Volt / élément : la batterie est à moitié chargée:
- 1,8 Volt /élément : la batterie est entièrement déchargée soit 10,8V pour une batterie de 6 éléments. Dans cet état très critique, la durée de vie sera fortement dégradée. En dessous, la batterie devient hors d'usage.

3.4. Profondeur de cycle : *Depth of Discharge (DoD)*

C'est le rapport entre la capacité déjà déchargée et la capacité nominale de la batterie. Il correspond au pourcentage de décharge avant la recharge de la batterie.

0% : Batterie non déchargée

100% : Batterie complètement déchargée

C'est une autre méthode pour indiquer l'état de charge (SoC) d'une batterie. Le DOD est le complément du SOC: quand l'un augmente, l'autre diminue. ($DoD=100\%-SoC$).

3.5. Cyclage

Il s'agit du nombre de cycles « Charge/Décharge » effectué par la batterie durant toute sa durée de vie (à une profondeur donnée). Il est utile pour estimer la durée de vie de la batterie et donc sa période de remplacement : la durée de vie est le nombre de cycles possibles avant que la capacité à pleine charge ait chuté à 80% de la capacité nominale.

4. Fonctionnement d'une batterie

4.1. Décharge de la batterie

Lorsqu'on utilise la batterie, elle se décharge : les ions sulfate SO_4^{2-} vont sur les électrodes et les sulfatent, formant du sulfate de plomb ($PbSO_4$). Les ions oxygène (O^{2-}) libérés par la cathode (+) s'unissent aux ions hydrogène (H^+) pour former de l'eau (H_2O). En cas de décharge profonde, l'électrolyte sera composé essentiellement d'eau.

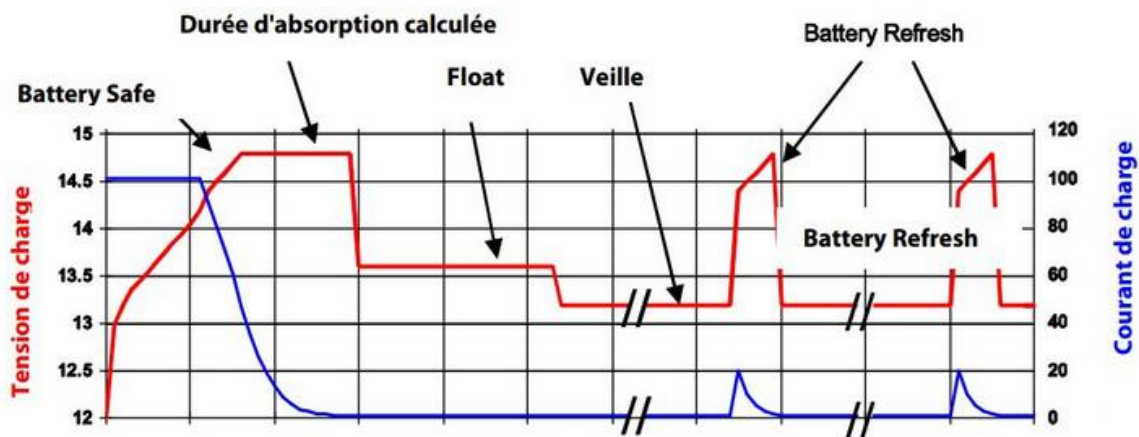
4.2. Recharge de la batterie

Lorsqu'on recharge la batterie, l'électrolyte (H_2SO_4) est régénéré, l'anode et la cathode se désulfatent, les ions oxygènes (O^{2-}) retournent sur la plaque positive pour former du dioxyde de plomb (PbO_2) et la concentration en ions H^+ augmente.

Les chargeurs modernes programment trois phases :

- ✓ 1ère phase « *boost* » ou « *Bulk charge* », à courant constant : elle restitue 80% de la capacité dans un minimum de temps. La tension est inférieure au nominal et croît progressivement.
- ✓ 2ème phase « *absorption* », à tension constante et courant décroissant : le courant complète la charge, jusqu'à son maximum (2,35V/élément) en diminuant petit à petit d'intensité.
- ✓ 3ème phase « *floating* » (entretien): le courant reprend de temps en temps pour maintenir la tension à sa valeur nominale (2,3V/élément).

La tension(en rouge) et le courant (en bleu) de charge ont les profils suivants :



Si la recharge n'était pas limitée, il y aurait risque d'explosion.

4.3. Autodécharge

Même si elle n'est pas sollicitée, une batterie se décharge lentement en état de repos : c'est l'autodécharge ; ce phénomène est plus ou moins prononcé suivant la technologie de batterie. Pour une batterie acide/plomb, elle sera de 5% par mois (batterie neuve), pour une AGM ou une batterie au gel, de 1 à 3 %. Une batterie neuve entreposée depuis plusieurs mois pourra ainsi se retrouver en état de décharge sans même avoir servi. L'autodécharge ne dégrade pas la batterie.

5. Différents types de batteries au plomb

5.1. Batteries au plomb ouvertes

Les batteries ouvertes sont les plus connues puisque l'exemple-type est la batterie « auto ». La solution d'acide sulfurique est présente sous forme liquide. Les batteries au plomb ouvertes ont comme principal avantage leur faible prix.

Avant leur première utilisation, l'électrolyte peut être stocké séparément de la batterie qui est alors vendue sèche.

Les batteries ouvertes doivent à tout prix éviter la surcharge, car alors l'eau de l'électrolyte se décompose en un mélange d'hydrogène et d'oxygène, mélange hautement explosif.

Leur deuxième inconvénient : elles doivent périodiquement « réapprovisionnées » en eau distillée, qui ne se trouve pas facilement en brousse. L'entretien est simple mais fastidieux.

On peut à la rigueur, en cas de nécessité, les charger en eau de pluie très propre.



5.2. Batteries au plomb fermées, en anglais *Valve Regulated Acid Batteries* : VRLA

Au début des années 1980 un nouveau type de batterie est apparu avec un faible niveau d'entretien : les batteries à recombinaison de gaz. Elles permettent la recombinaison de l'hydrogène et de l'oxygène à 95% ou 99% (contre 30% voire moins dans les batteries ouvertes). Elles sont étanches, mais en cas de surcharge, une valve de sécurité (soupape) permet un dégazage. Les batteries VRLA ordinaires sont dites *AGM*, comme *Absorbed glass mat*, car l'électrolyte est absorbé dans un séparateur en fibre de verre.

Avantages: transport facile, pratiquement pas d'entretien, taux d'autodécharge faible (1 à 3% par mois). Principal inconvénient: faible cyclage, et sensibilité à la température.



5.3. Batteries Gel

L'électrolyte est figé par addition de gel de silice, et la batterie est close, ce qui rend le transport plus facile. Elles sont commercialisées essentiellement en 12 volts.

Avantages : pas d'entretien, très faible dégagement d'hydrogène, faible taux de décharge (1 à 3% par mois), durée de vie en cyclage plus élevé que les *AGM* (500 à 1200 cycles en fonction des technologies), bonne résistance aux décharges profondes (peut être déchargée complètement).

Inconvénients : plus que les autres batteries au plomb, les paramètres de charge (tension de *floating*, charge, égalisation) doivent être respectés précisément. Prix élevé, plus résistantes que les batteries *AGM* aux températures élevées mais restent sujet au risque de perte d'électrolyte.

Il existe donc une large gamme de batteries sur le marché. Dans les installations solaires isolées, on donnera la préférence à des batteries acceptant les décharges profondes, demandant peu ou pas d'entretien, avec un cyclage élevé, et une garantie longue de l'installateur.



6. Processus de dégradation des batteries

6.1. Sulfatation

La réaction chimique lors de la décharge, conduit à la formation de cristaux de sulfate de plomb sur les plaques. Ces cristaux disparaissent lorsque la batterie est rechargée. Mais si elle est laissée trop longtemps sans être rechargée, les cristaux vont grossir et durcir et ne pourront plus disparaître lors de la recharge. Ils formeront une couche imperméable entre les électrodes et l'électrolyte, et la réaction ne pourra plus avoir lieu. La batterie sera alors définitivement hors d'usage.

6.2. Stratification

L'électrolyte est composé d'acide sulfurique et d'eau. La stratification a lieu lorsque l'eau et l'acide se séparent, laissant l'acide, lourd, se concentrer au fond du bac et amenant la partie haute des éléments à s'appauvrir en acide. Si l'électrolyte n'est pas régulièrement mélangé, l'acide sulfurique, qui est plus lourd que l'eau, va s'accumuler dans la partie basse de la batterie.

La stratification peut être évitée par des charges dites d'égalisation, dont l'un des objectifs est de lutter contre les effets néfastes de la stratification, en créant un bouillonnement gazeux qui agite l'électrolyte et uniformise sa concentration. La stratification n'existe pas dans les batteries VRLA et Gel, qui ne nécessitent donc pas de charges d'égalisation.

7. Installation et entretien

7.1. Installation

L'installation des batteries doit avoir été bien faite :

- Dans un local frais et ventilé (un local clos avec un toit en tôle en pays chaud peut facilement atteindre les 60°C),
- Les batteries doivent être installées à plat sur un support,
- Laisser de l'espace entre les batteries pour permettre la ventilation de celles-ci,
- Ne jamais exposer les batteries ou le conteneur au soleil, monter éventuellement un toit de protection au-dessus des batteries pour faire de l'ombre,
- Ne jamais mixer les types de batteries, toujours installer des batteries identiques,
- S'assurer que la ventilation du local est correcte. Rappel : l'air chaud est plus léger que l'air froid et montera ; il s'échappera par le haut. Prévoir donc une entrée d'air frais en bas du local et une sortie d'air au point le plus haut du local, sur deux cloisons en principe opposées.

7.2. Précautions d'emploi

- Ne jamais mettre en contact des deux pôles avec tout objet métallique,
- Si la tension du voltmètre descend en dessous de 10,8V, arrêter immédiatement l'utilisation (décharge trop profonde),
- Vérifiez avec un thermomètre que la température du local ne dépasse pas la température limite indiquée par le fabricant (45° en principe),
- Si la ventilation du local est insuffisante, améliorez-la,
- N'exposez jamais la batterie au feu (risque d'explosion),
- Vérifiez que la tension du voltmètre ne monte pas au-delà de 13,5V (sauf dans le cas d'une charge d'égalisation, sous contrôle de l'installateur),
- Ne jamais immerger une batterie dans un liquide,
- Ne la laissez jamais trop longtemps au repos : faites-lui subir un cycle charge-décharge tous les 60 jours au minimum,
- Ne retirez jamais l'étiquette comportant les caractéristiques de la batterie.

7.3. Maintenance et Entretien

La maintenance des batteries est réduite pour les batteries ouvertes, et quasi inexistante pour les batteries gel.

- Pour les batteries ouvertes, il y a lieu de maintenir à niveau l'électrolyte, par ajout régulier d'eau distillée (une fois tous les trois mois au moins).
- Pour tous les types de batteries, il faut surveiller les cosses et dès qu'une sulfatation apparaît, les nettoyer.
- Pour toutes les batteries, il faut surveiller la température du local de stockage. Il est très utile d'avoir un thermomètre à alcool (simple, dit de cuisine), cloué au mur dans le local.