

Savoir utiliser une batterie

Matériels et utilisations

Ouvrage réalisé par le Gret (Isabelle Hurpy, avec la collaboration de Bernard Gay).

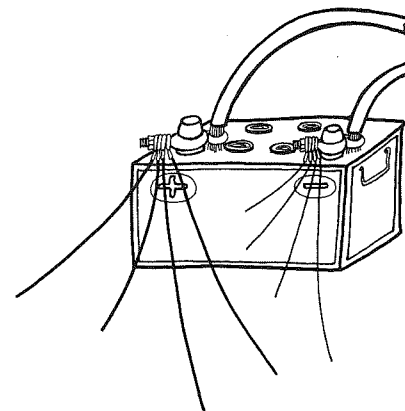
Nous tenons à remercier : Luc Chancelier et l'Association pour la recherche et le développement des méthodes et processus industriels (Ecole des Mines).

Dessins : Maryse Ebely

**Editions du Gret.
Ministère de la Coopération.**

Introduction

Les batteries se situent au cœur de tous les systèmes de fourniture d'électricité, là où le réseau électrique n'est pas présent, c'est-à-dire dans toutes les zones rurales des pays en développement et dans leurs zones urbaines périphériques. Les batteries sont alors principalement utilisées pour l'éclairage des habitations et pour faire fonctionner les postes de télévision. Leur rôle est de stocker de l'électricité et de la restituer au fur et à mesure des besoins.



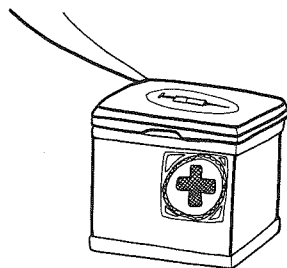
Pour cette utilisation, ce sont les batteries de voiture qui sont les plus utilisées. Ce n'est pas en raison de leurs qualités techniques car elles conviennent plutôt mal à ce type d'utilisation, mais cette préférence est à mettre sur le compte de leur disponibilité : on en trouve partout à des prix abordables.

La batterie constitue un point de passage obligé dans la chaîne des petites installations électriques décentralisées, qu'il s'agisse des installations solaires photovoltaïques, éoliennes ou simplement des installations sur batteries rechargées dans la ville voisine. La batterie est à l'origine d'une partie importante des coûts de fonctionnement de ces installations, car sa durée de vie est limitée. Celle-ci va de un à dix ans selon le mode d'utilisation qui en est fait !

Si la batterie est mieux gérée, c'est tout le système d'électrification qui devient plus rentable et plus attractif. Ceci contribue à favoriser le développement de la pré-électrification afin d'améliorer le confort des campagnes en réponse à une demande fortement exprimée et de développer de petites activités économiques.

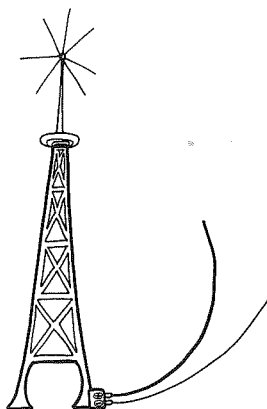
Avec une batterie, il est possible d'alimenter :

des appareils d'éclairage



un réfrigérateur à vaccins

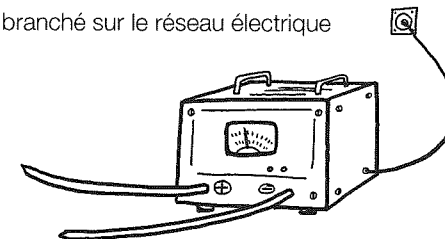
un radiocassette ou...



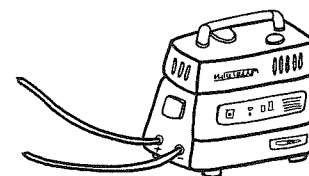
un émetteur de télécommunications

Les batteries sont rechargées par des systèmes de charge qui leur fournissent de l'électricité. Il peut s'agir :

d'un chargeur branché sur le réseau électrique

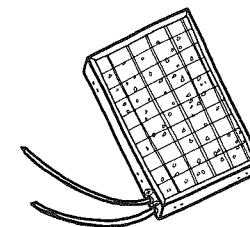


d'un groupe électrogène

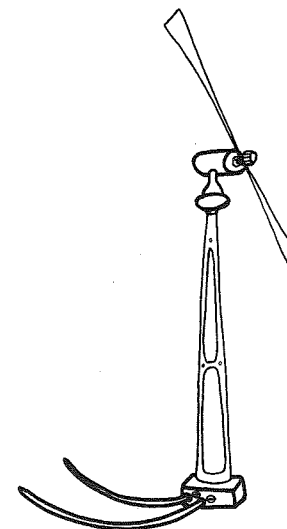


ou bien

de panneaux photovoltaïques



ou d'un aérogénérateur
(éolienne électrique)



Les batteries ont été fabriquées en grand nombre tout d'abord pour équiper les véhicules automobiles. Mais dans un véhicule, elles assurent principalement le démarrage. Dès que le moteur tourne, elles sont rechargées en permanence. Utilisée ainsi, la batterie demande très peu de surveillance et d'entretien.

Le cas est différent lorsqu'on veut que la batterie alimente pendant plusieurs heures de suite, et parfois, plusieurs jours, des appareils électriques sans recevoir d'électricité en compensation. Dans cette situation, la batterie risque de s'user très vite si on ne prend pas des précautions très précises. Sa durée de vie dépend du soin qu'on lui apporte.

Pour utiliser une batterie dans ce contexte, il faut en comprendre parfaitement le fonctionnement (savoir la charger ou la décharger), être en mesure de choisir le type qui convient et savoir l'installer. Il est également important de la dimensionner par rapport à ses propres besoins en électricité. Enfin, il faut être capable d'évaluer son état de santé et surtout ne pas oublier de l'entretenir.

Les informations données dans ce livre

Comment utiliser au mieux les batteries ? Comment les connecter avec les équipements d'usage ? Comment les connecter entre elles ? Comment les protéger ? Comment les manipuler sans risques ?...

Le présent ouvrage apporte des réponses à toutes ces questions. Il s'adresse tout particulièrement aux utilisateurs en donnant les principales consignes de base d'utilisation. Ce guide pratique permettra aux propriétaires de batteries d'économiser leur batterie et d'en tirer le plus grand bénéfice.

Cet ouvrage est organisé en trois parties.

- La première partie explique ce qu'est une batterie : ses caractéristiques générales, les différents types que l'on trouve dans le commerce et les critères de choix en fonction de l'utilisation que l'on veut en faire.
- La deuxième partie traite du fonctionnement des batte-

ries : que sont la charge et la décharge d'une batterie, et comment les contrôler ? Comment réaliser les branchements ? Comment évaluer la capacité de sa batterie ?

- La troisième partie donne une série de conseils pour bien utiliser une batterie et prolonger sa durée de vie : entretien, diagnostic de son état, conditions d'utilisation...

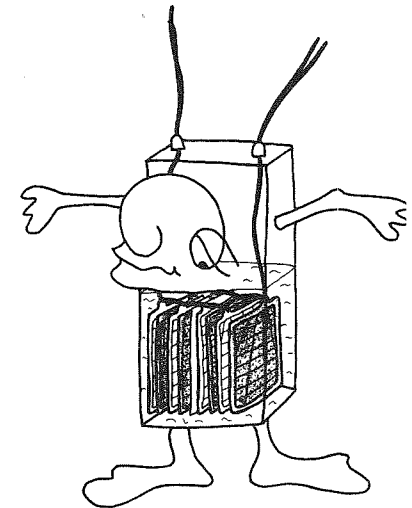
Une fois n'est pas coutume, nous conseillons au lecteur de commencer cet ouvrage par la fin et de lire tout d'abord le lexique : y sont définis très simplement les termes techniques et les principales notions d'électricité nécessaires pour comprendre le texte.

Une liste de constructeurs, une bibliographie et quelques adresses utiles permettront à tous ceux qui veulent en savoir plus de s'orienter dans leur recherche d'informations.

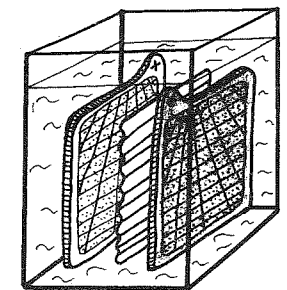
Qu'est-ce qu'une batterie ?

DÉFINITION

Une batterie est un réservoir d'électricité. Extérieurement, elle se présente comme une boîte d'où émergent deux bornes, l'une positive, l'autre négative, auxquelles se connectent les fils d'alimentation électrique des appareils.

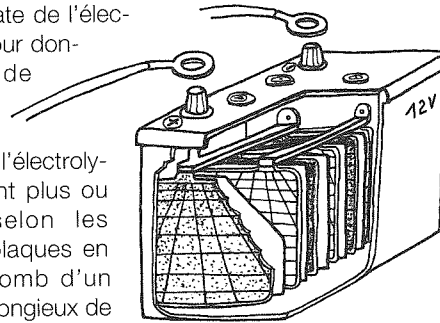


Elle est constituée d'un ensemble d'accumulateurs électriques. Bien que l'accumulateur soit son élément de base, le terme est souvent utilisé pour désigner la batterie toute entière ou certains types de batteries. Chaque accumulateur est formé de deux plaques (parfois des tubes), l'une appelée pôle négatif, l'autre pôle positif, baignant dans un acide appelé électrolyte. Des réactions chimiques ont lieu entre les plaques et l'acide, chaque fois que l'on charge ou décharge la batterie. A la



accumulateurs

décharge, le plomb des plaques s'associe au sulfate de l'électrolyte (l'acide) pour donner du sulfate de plomb. A la recharge, le sulfate retourne dans l'électrolyte, retransformant plus ou moins bien, selon les conditions, les plaques en peroxyde de plomb d'un côté et plomb spongieux de l'autre. L'électricité est stockée ou libérée suite à ces réactions chimiques. Celles-ci sont en principe réversibles, c'est-à-dire qu'on peut charger et décharger une batterie un très grand nombre de fois.



batterie d'accumulateurs

Sur la batterie, on peut généralement lire la tension moyenne, 6 V ou 12 V ou 24 V, et la capacité nominale, C5, C10, C20 ou C100...

La borne positive (+) est symbolisée par la couleur rouge, la borne négative (-) par la couleur noire.

Une batterie fournit du courant continu, contrairement au courant du réseau, qui est alternatif. Par conséquent, une batterie ne peut pas alimenter les mêmes appareils que ceux que l'on branche sur le réseau. Pour une batterie, il faut des appareils qui fonctionnent en courant continu, en 6, 12 ou 24 volts selon les batteries utilisées, alors que sur le réseau, il faut des appareils à courant alternatif, le plus souvent en 220 volts.

Lampes, téléviseurs, radios, etc. peuvent être alimentés par une batterie.

CAPACITÉ D'UNE BATTERIE

La batterie sert à alimenter un ou plusieurs appareils électriques. Mais chacun sait que la quantité d'énergie que l'on peut accumuler dans une batterie n'est pas infinie. Cette quantité d'énergie s'appelle en terme technique la "capacité".

La capacité est la quantité totale d'électricité qu'une batterie peut fournir après avoir été complètement chargée. Elle se mesure en ampère(s)-heure(s).

Pour une batterie donnée, sa capacité varie en réalité autour de la capacité indiquée. C'est ce qu'on appelle la "capacité nominale".

La capacité nominale d'une batterie

La capacité nominale se calcule à partir de la capacité initiale de la batterie, mesurée pour un courant de décharge et une tension d'arrêt (ou un temps de décharge) donnés, à la température de 25°C. La capacité nominale augmente quand le courant de décharge baisse en intensité, c'est-à-dire quand on utilise des appareils peu puissants. Elle augmente aussi avec la température, jusqu'à 45°C (et au-delà elle diminue à nouveau). Par contre, elle diminue avec l'âge de la batterie, et avec un mauvais usage ou un mauvais entretien !

Cette capacité est normalement indiquée sur la batterie, sous la forme d'un nombre, suivi de Ah, et précédé de C5, C10 ou C20.

Généralement elle est donnée par les fabricants pour un temps de décharge de 10 heures, mais il peut être parfois de 20 ou de 5 heures. On parle alors de la capacité en 10 heures, qu'on appelle et qu'on écrit C10, ou bien de la capacité en 20 heures, C20, ou en 5 heures, C5.

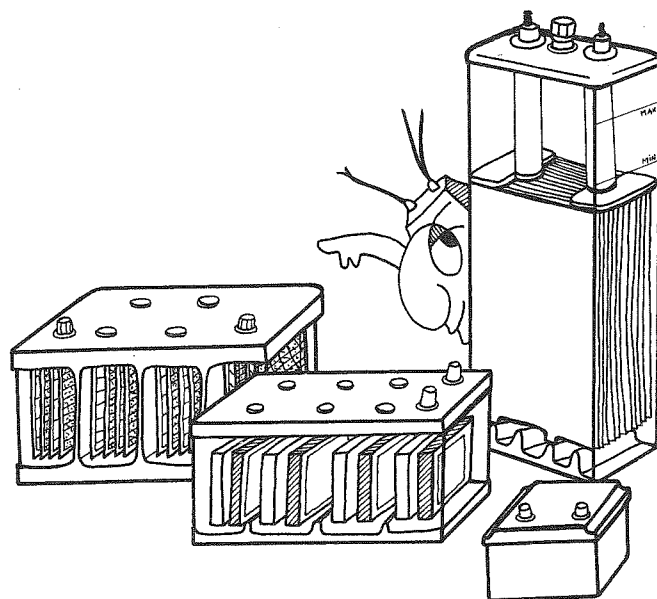
– 50 Ah C100, nombre d'Ah obtenus pour une décharge en 100 heures.

– 50 Ah C10 : nombre d'Ah obtenus d'une batterie pour une décharge en 10 heures.

Au cas où l'indication du temps de décharge supposé ne serait pas signalée sur la batterie, on peut aussi la trouver dans la notice du fabricant.

CHOISIR UNE BATTERIE

Critères du choix



Dans un contexte dit de pré-électrification ou d'électrification décentralisée, les utilisateurs n'ont pas accès aux réseaux électriques. Les utilisations courantes sont l'alimentation d'une ou plusieurs lampes, d'un poste de radio, d'un téléviseur, d'un réfrigérateur.

Tous ces équipements fonctionnent en courant continu de 12 ou 24 volts et ont la caractéristique de consommer un courant de faible intensité pendant longtemps. Il faut savoir que dans ce cas la batterie est beaucoup plus sollicitée que dans un véhicule.

Théoriquement, elle a besoin d'être rechargée plus souvent. Mais la charge de la batterie est un souci et une fatigue pour l'utilisateur. Pour un meilleur confort, on a donc tout intérêt à augmenter l'intervalle de temps entre deux recharges. C'est pourquoi la qualité de la batterie joue beaucoup.

Quand on choisit sa batterie, deux critères sont importants. Tout d'abord, le bon fonctionnement de l'installation : quand la sécurité de l'approvisionnement est la priorité, le critère est avant tout technique. Il faut s'orienter vers des batteries de longue durée de vie, sûres, largement dimensionnées, adaptées aux faibles intensités de décharge (au contraire des batteries standard simples à trouver, de récupération, fabriquées sur place).

Le second critère est économique, il vise un plus faible coût de l'énergie. C'est bien souvent le critère dominant, l'électricité produite dans ces conditions atteignant à la longue un coût élevé. Attention de bien distinguer toutefois, quand on fait son choix, le plus faible coût à l'achat et le plus faible coût en moyenne sur plusieurs années, qui correspondent à deux options différentes.

Ce sont les batteries au plomb qui répondent le mieux aux deux critères que nous venons de décrire : leur technologie est de qualité et elles sont nettement moins chères que les autres.

Ces batteries, habituellement utilisées pour les voitures, se rencontrent très fréquemment dans les régions situées hors du réseau électrique.

Il existe d'autres technologies de batteries, batteries au nickel-cadmium, au lithium, au soufre, au mercure. La plupart sont commercialisées, les autres sont encore à l'état de prototype. Les batteries au nickel-cadmium sont très répandues. Elles équipent les montres, les caméscopes, les ordinateurs, etc.

Les "piles rechargeables" sont en général de ce type. La différence d'utilisation avec les batteries au plomb est très importante. Tandis qu'il est conseillé, pour ces dernières, de ne jamais attendre une trop grande décharge, les batteries au nickel-cadmium doivent au contraire être complètement vidées avant toute recharge.

Mais en raison de leur très petite taille, ces batteries ne sont généralement pas utilisées pour l'alimentation électrique dans les zones décentralisées.

Adapter les batteries au climat

Quand la température de fonctionnement est supérieure à 40° C, on recommande de diluer l'acide (l'électrolyte) en ajoutant de l'eau, jusqu'à ce que sa densité soit de 1,20. Au contraire, quand la température descend au-dessous de 10° C, on recommande une augmentation de la densité d'acide. Les interventions sur l'électrolyte sont délicates. Il faut rester très précis, puisque de toutes petites variations de densité ont une très forte influence sur le fonctionnement interne de la batterie (cf. Les compléments techniques, page 73).

Attention, il ne faut jamais ajouter de l'acide dans l'eau ! Si vous avez besoin d'augmenter le taux d'acide dans l'électrolyte de la batterie, faites-le faire, si possible, par le fabricant. Sinon, attendez avant d'ajouter de l'eau, que la densité d'acide ait d'elle-même augmenté.

Taille des batteries selon leur type

La gamme de capacité des batteries de démarrage s'étend aux alentours de 30 à 120 Ah. Leur tension peut être de 6, 12 ou 24 V.

La gamme de capacité des batteries à plaques planes épaisses est d'environ 50 Ah à 1 000 Ah. Quand elles deviennent trop lourdes pour être déplacées, on les appelle batteries stationnaires. Leur tension est de 12 ou 24 V.

La gamme de capacité des batteries à plaques tubulaires va environ de 50 Ah à 3 000 Ah. A l'origine batteries "de traction", elles sont parfois appelées batteries stationnaires. Leur tension est de 12 ou 24 V.

QUELQUES TYPES DE BATTERIE

Les batteries au plomb

Dans la catégorie des batteries au plomb, il existe plusieurs types, très différents par leur qualité et leur prix.

Les batteries "auto", ou batteries de démarrage

Ces batteries, destinées aux automobiles, sont fabriquées aujourd'hui partout dans le monde en quantité beaucoup plus importante que toutes les autres, d'où leur faible prix de vente. Ce sont souvent les seules disponibles, les autres catégories n'étant pas distribuées.

On les appelle encore batteries mille-feuilles, leurs plaques étant constituées d'un grand nombre de plaques fines assemblées leur permettant de fournir des intensités fortes au démarrage, pendant quelques minutes seulement. Lorsque le moteur tourne, il recharge la batterie continuellement. Elles sont mal adaptées à l'utilisation en décharge lente. Les fines plaques de plomb, attaquées en profondeur, perdent leur forme, et ne parviennent plus à se reconstituer à la recharge, ce qui les rend de médiocre qualité pour les utilisations hors des véhicules.

Pourtant, en raison de leur faible coût à l'achat et de leur disponibilité sur le marché, les batteries "auto" sont souvent choisies de préférence aux autres batteries mieux adaptées aux appareillages électriques (éclairage, radio) pour des usages d'électrification décentralisée, mais nettement plus chères, et quasiment introuvables sur le marché africain.

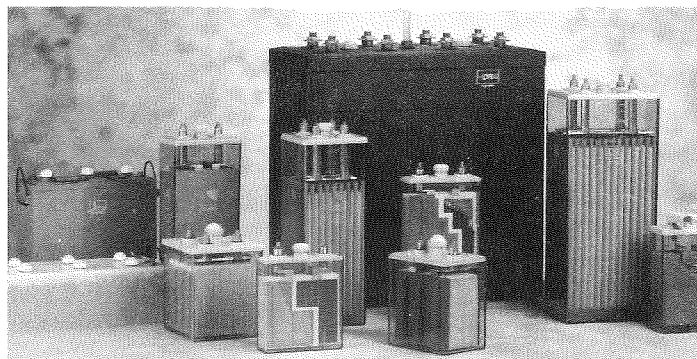
Dans ce cas, il faut tenir compte de leur faiblesse, c'est-à-dire ne jamais décharger les batteries "auto" à plus de 50% de leur capacité. Il est également important de veiller à utiliser un acide de faible densité : 1,23 dans les pays tempérés, et jusqu'à 1,21 dans les pays chauds.

Les batteries à plaques planes épaisses

Les batteries à plaques planes épaisses peuvent être déchargées jusqu'à 80% de leur capacité sans souffrir. Elles sont donc beaucoup mieux adaptées que les batteries de démarrage à ce type d'utilisation, et finalement plus rentables.

L'épaisseur des plaques varie de 2 mm à 6 mm. Plus elles sont épaisses, mieux ces batteries supportent la décharge profonde, et lente. Mais cela augmente également leur coût et leur poids !

Leur durée de vie est très grande, sept à huit ans pour des décharges à 80% (mais avec un entretien impeccable – et pas au-delà !).



Les grands fabricants européens de batteries produisent presque tous des batteries de ce type (Varta, Fulmen, BP, etc.). Mais il y a également des fabrications locales qui se développent dans des pays où l'on utilise beaucoup la batterie pour alimenter les circuits électriques.

Les batteries à plaques tubulaires

C'est la catégorie "luxe". Leur fabrication est plus compliquée, d'où un coût beaucoup plus élevé (environ cinq fois celui des batteries de démarrage).

Elles se caractérisent par une très grande durée de vie (800 cycles à 80% de décharge), par une grande réserve d'électrolyte sur le dessus permettant un entretien moins fréquent, et par une hauteur importante du fond de la batterie sous les plaques évitant le court-circuit intérieur provoqué par les déchets des plaques. Parfois, un emballage transparent permet de surveiller l'état de la batterie. Les fabricants ou les fournisseurs les appellent parfois batteries solaires ou photovoltaïques, tout comme les batteries à plaques planes épaisses (ou renforcées). Elles sont en réalité adaptées à toute décharge lente et profonde et ne nécessitent pas de fréquentes recharges.

Comme ces batteries représentent un investissement important, il est indispensable de les protéger par un régulateur ou un contrôleur de décharge.

Les batteries au plomb étanches

Ces batteries sont dites étanches par opposition aux batteries ouvertes qui possèdent des bouchons qu'on peut dévisser pour accéder à l'électrolyte. Ici, il est impossible d'ajouter de l'eau dans la batterie.

Les batteries au plomb étanches ont été conçues dans le but de supprimer le type d'entretien que nécessitent les batteries au plomb ouvertes.

Elles sont conseillées pour une utilisation domestique hors du réseau, surtout lorsque la batterie risque d'être peu ou mal entretenue, d'être renversée ou agitée, ou encore d'être manipulée par les enfants.



La gamme de capacité des batteries étanches est assez étendue : depuis de toutes petites batteries de 1 Ah jusqu'à des capacités de 100 Ah, comme celles des batteries de démarrage, avec des tensions de 6, 12 ou 24 V.

En raison de la nature particulière de leur électrolyte, un gel et non un liquide, les batteries étanches font l'objet de recommandations particulières. Elles ne supportent pas un stockage de plus de six mois sans recharge. Même un stockage court peut les endommager, lorsqu'elles sont soumises à des conditions difficiles (en particulier, températures trop hautes ou trop basses). Il ne faut pas décharger les batteries étanches à plus de 50% de leur capacité. Elles supportent aussi très mal la surcharge, qui dissipe l'eau contenue dans leur gel.

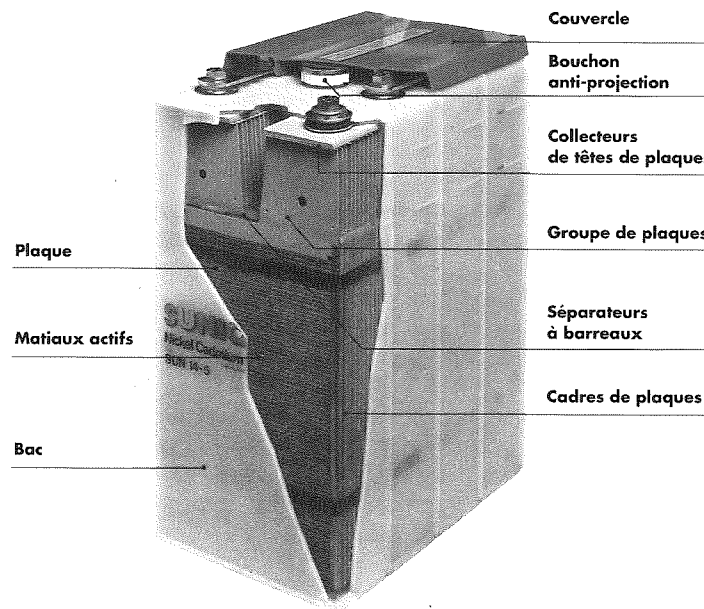
Leur coût est environ 1,5 à 2 fois supérieur à celui des batteries de voiture ordinaires. Elles sont malgré tout de plus en

plus utilisées, surtout comme système de secours en cas de rupture de l'approvisionnement électrique du réseau. Cette industrie se développe et la technologie de ces batteries se perfectionne rapidement. Il est probable qu'elles remplaceront dans les années à venir les batteries de démarrage actuelles au plomb ouvertes.

Remarque : toutes les batteries au plomb s'abîment en cas de surcharge. Les batteries au plomb étanches, en particulier, ne la supportent pas du tout : la surcharge, en échauffant leur gel électrolyte, dessèche le plomb.

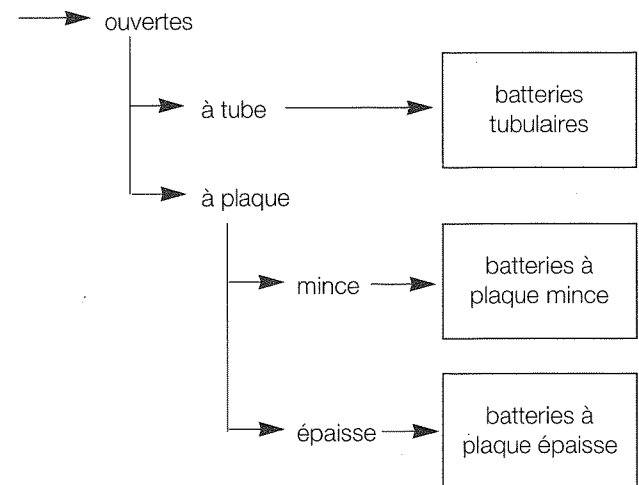
Les batteries au cadmium-nickel

Les batteries au cadmium-nickel demandent peu d'entretien, et supportent parfaitement les décharges totales et les surcharges, ce qui les prédispose à équiper les sites difficiles d'accès (phares, balises, etc.), ou les appareils exigeant une grande sécurité (avions...). Cependant le rendement n'est que de 70%, contre 85% pour les batteries au plomb, et leur coût est environ dix fois plus élevé ! C'est pourquoi leur domaine d'utilisation se limite aux petites capacités.

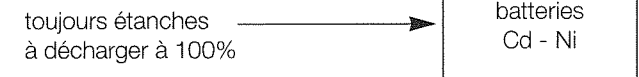


Grandes familles de batteries

■ batteries au plomb-acide



■ batteries au cadmium nickel



Comment utiliser une batterie ?

FONCTIONNEMENT

La décharge

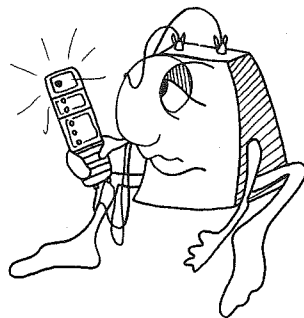
Quand la batterie alimente des appareils électriques, l'électricité se vide petit à petit de la batterie, qui se décharge. L'utilisateur ne se rend compte de la décharge de sa batterie qu'au moment où les appareils fonctionnent mal ou moins bien, c'est-à-dire quand il est trop tard ! En effet, les batteries habituellement utilisées, comme les batteries de voiture (batteries au plomb), se dégradent rapidement quand elles sont trop déchargées.

■ *Ce qui décharge une batterie*

Plus on branche d'appareils sur une batterie, plus elle se décharge rapidement. Mais une batterie se décharge aussi, lentement, quand on ne s'en sert pas. Une batterie qui reste



inutilisée pendant longtemps peut se vider complètement. De plus, cette capacité d'autodécharge augmente fortement lorsque la batterie vieillit. Veillez donc à alimenter régulièrement votre batterie, même quand elle ne travaille pas.

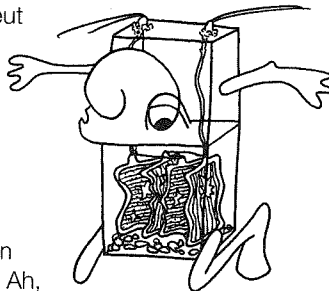


Attention aux cas où vous laissez branché un appareil de faible puissance (un appareil de mesure par exemple). Il provoque une décharge très lente mais très profonde à la longue.

■ **Ne pas dépasser un certain taux de décharge pour les batteries au plomb**

Il n'est pas possible d'utiliser toute l'énergie contenue dans les batteries au plomb, qui sont les plus courantes. Quand on utilise 100% de leur énergie, elles se dégradent profondément. Les éléments chimiques à l'intérieur de la batterie étant dégradés, il n'est plus possible de la recharger correctement.

Sa durée de vie s'en trouve fortement diminuée : plus la décharge est profonde, plus la batterie se dégrade et s'use rapidement. En particulier, il ne faut jamais décharger une batterie au plomb à plus de 80% de sa capacité. Ce qui veut dire qu'il ne faut jamais extraire plus de 40 Ah d'une batterie de 50 Ah par exemple. On conseille en général des taux de décharge beaucoup plus faibles : de 50%, voire 20% seulement. Donc, quand on possède une batterie de 50 Ah,



il est important de penser à la recharger à partir d'un débit de 25 Ah, ou moins.

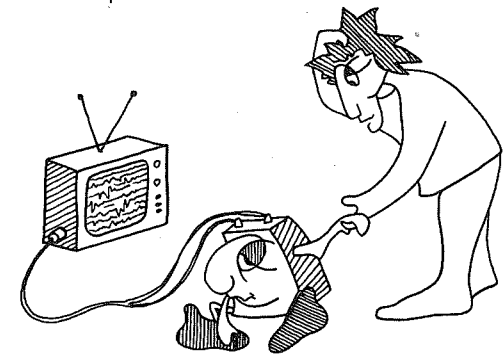
L'indication de capacité portée sur la batterie est donc très différente de la quantité d'énergie que peut utilement stocker la batterie en usage normal.

Ce problème ne se pose pas pour les batteries au cadmium-nickel qui peuvent être déchargées à 100%.

■ **Connaître le taux de décharge de la batterie**

Comment connaître l'état de sa batterie ? Il ne faut pas attendre que les appareils s'éteignent pour penser à recharger la batterie, la décharge étant alors trop profonde.

On notera toutefois une exception à cette règle, qui concerne les appareils de télévision (et certains tubes fluorescents) : lorsque l'image du téléviseur se trouble, c'est que la batterie est déchargée. Mais dans ce cas, la décharge est inférieure à 80% et la batterie n'est pas encore endommagée. C'est donc une indication à laquelle les possesseurs d'un téléviseur peuvent se fier.



Pour tous les autres usages, il faut estimer le niveau de décharge. Cela se fait soit en utilisant des testeurs de batteries (voir ci-après : les appareils de contrôle), soit en évaluant empiriquement le volume total de consommation. La meilleure formule est de placer, entre la batterie et les appareils électriques d'usage, un régulateur qui coupe le courant automatiquement à un certain taux de décharge. Ce dispositif garantit une bonne durée de vie à la batterie. Il permet en effet de l'augmenter de un à trois ans par exemple, ce qui améliore nettement la rentabilité globale du système et diminue les coûts en électricité.

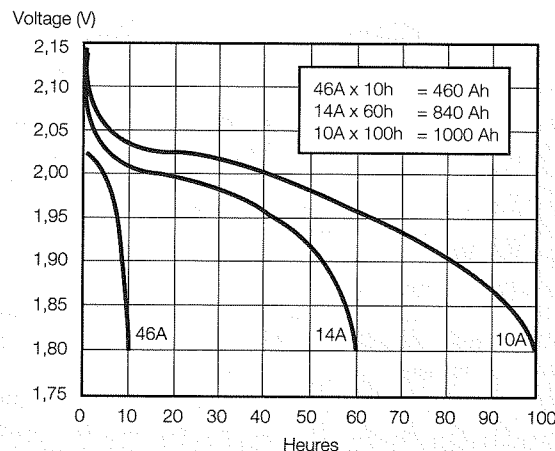
■ **La quantité d'énergie restituée par la batterie dépend aussi des appareils d'utilisation**

La quantité d'énergie fournie par une batterie n'est pas constante. Elle varie selon la durée de la décharge, en fonction des appareils qu'on utilise. Notamment quand la décharge se produit avec un courant très fort, c'est-à-dire avec des appareils de forte puissance, ou nombreux, la capacité de la batterie est beaucoup plus faible que lorsque la décharge se fait avec des appareils de faible puissance, ou avec peu d'appareils.

Prenons une batterie de 50 Ah C20. Déchargée avec un courant de 2,5 A, elle débite pendant 20 heures et fournit en tout 50 Ah. Mais si on branche des appareils plus puissants, le courant de décharge est plus important (4,5 A), la batterie se décharge plus vite (en 10 heures) et donne moins d'énergie (45 Ah).

Par conséquent, le courant de décharge ne doit pas être trop fort. Une batterie ne devrait pas être déchargée en moins de 10 heures de temps.

Variation de capacité selon le courant de décharge



Si le courant est élevé, 46 A, (de nombreux appareils sont branchés), la batterie se décharge rapidement, en 10 heures par exemple. Si le courant est faible, 10 A, elle met 10 fois plus longtemps à se décharger et fournit deux fois plus d'électricité.

La charge

Attention de ne pas inverser la polarité des pôles en branchant la batterie sur un système de recharge ! Branchez bien le + avec le +, le - avec le -.

Prenez d'abord les précautions nécessaires :

- ♦ Fermez les bouchons, vérifiez s'ils sont propres.
- ♦ N'approchez pas d'étincelles ou de cigarette allumée.
- ♦ Placez un tissu humide par-dessus la batterie.
- ♦ Ventilez l'endroit où se trouve la batterie pendant qu'elle se recharge.
- ♦ Enfin suivez les instructions de la notice du système de recharge.

Recommandations pour la charge

Pour que la batterie retrouve l'état de charge qu'elle avait avant la décharge, il faut lui fournir plus d'énergie que ce qu'on lui en a retiré, soit exactement le nombre d'Ah consommés, multipliés par 1,2, parce que les batteries ne sont pas efficaces à 100% (rendement de 80% environ).

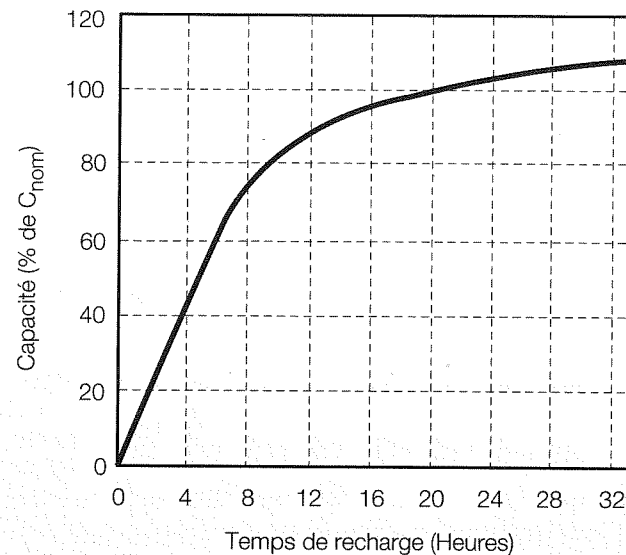
Si on veut éviter d'avoir à charger la batterie pendant un temps trop long, par exemple de 12 à 14 heures pour une batterie très déchargée, il faut la recharger plus fréquemment.

Une batterie ne doit pas rester longtemps déchargée : cela risque de provoquer un durcissement des sulfates, qui ensuite ne peuvent plus retourner dans l'électrolyte.

Elle doit également être rechargée complètement au moins une fois tous les six mois.

Un complément de charge en fin de charge, qui laisse bouillonner la batterie, est recommandé par les fabricants, à l'exception des batteries étanches, afin que l'électrolyte se mélange bien. Mais il ne faut pas que ce bouillonnement dure plus de quelques minutes.

Ne surchargez surtout pas les batteries étanches, cela dissipe leur eau !

Exemple de charge d'une batterie

Cette courbe montre que :

- recharger cette batterie a pris environ 24 heures ;
- après 9 heures de recharge, la batterie était presque pleine (à 80% de sa capacité nominale ;
- en la laissant charger plus de 24 heures, la capacité dépasse un peu la capacité nominale mais reste ensuite stationnaire (à 110%).

■ Comment charger la batterie

Une batterie qui se recharge trop vite, avec une intensité ou une tension de courant trop fortes, surchauffe, et se détériore.

Une batterie qui continue de recevoir de l'électricité alors qu'elle est déjà remplie, subit des dommages. Lorsqu'une batterie est chargée, il est donc indispensable de couper

son alimentation électrique afin de ne pas la charger davantage.

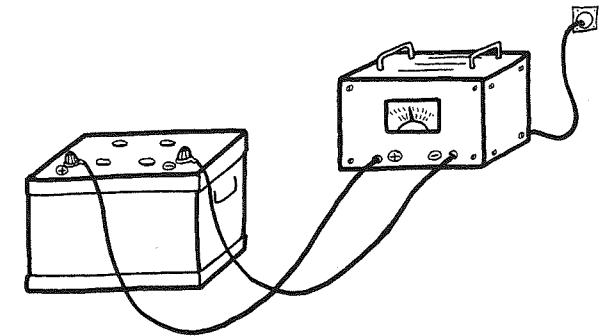
La régulation de la charge se pratique de deux manières :

- ♦ Pendant la charge, il faut limiter l'intensité et la tension du courant de charge.
- ♦ Dès que la charge est complète, il faut l'interrompre avant que des dommages graves ne soient causés à la batterie.

Comment réaliser ce contrôle pendant la charge et en fin de charge ? Les pages qui suivent présentent les trois cas de figures possibles.

Scénario de charge n° 1

Cas où la batterie est rechargée par un chargeur branché sur le réseau



Il y a déjà dans le chargeur une partie électronique qui protège la batterie, pendant la charge et en fin de charge.

Mais attention, il faut savoir se servir du chargeur. Aidez-vous de la notice d'utilisation, ou bien cherchez à savoir à quoi correspondent les différents boutons de réglage. Vérifiez également que le bouton de tension du chargeur est réglé sur la tension de la batterie, 12 ou 24 V !

Une fois ces précautions prises, et dans le cas où l'on branche une seule batterie sur le chargeur, elle est automatiquement protégée.

Comment charger plusieurs batteries ensemble

Si l'on branche plusieurs batteries simultanément, le problème est différent : ne chargez ensemble que des batteries de même tension (toutes de 6 volts, ou de 12 volts) ! D'une manière générale, évitez de charger plusieurs batteries à la fois sur un même chargeur, sauf dans le cas où elles fonctionnent toujours ensemble.

Tant que les batteries sont dans un même état de charge et de santé, la répartition de l'intensité du courant et de la tension reste homogène ; la recharge en série ou en parallèle est possible parce que toutes les batteries réagissent de manière identique, avec le partage de la tension entre les bornes du chargeur si elles sont branchées en série, et le partage de l'intensité globale délivrée par le chargeur si elles sont branchées en parallèle.

Là où la pratique de la recharge de plusieurs batteries sur un même chargeur devient problématique, c'est lorsqu'elles ne sont pas toutes dans le même état, c'est-à-dire dès qu'elles ont servi à des alimentations différentes. Dans ce cas, il est pratiquement impossible de contrôler toutes les batteries et de les réguler comme elles doivent l'être :

- La recharge en parallèle est dangereuse parce que même si la tension est contrôlée par le chargeur, l'intensité risque d'être trop forte si le courant ne passe plus dans une des batteries (à cause de la défaillance d'un de ses éléments).
- La recharge en série est dangereuse parce qu'on ne peut pas contrôler la tension aux bornes de chaque batterie, mais seulement la tension globale : si une batterie a une tension très faible entre ses bornes, l'autre est soumise à une tension beaucoup trop forte et risque d'en souffrir violemment.

Scénario de charge n° 2

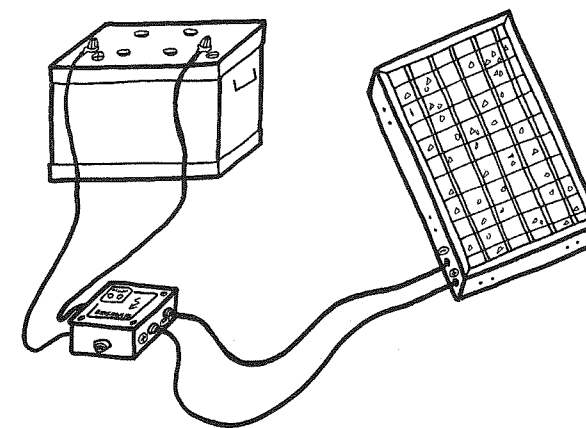
La batterie est rechargée par un générateur autonome

Vous pouvez recharger votre batterie grâce à un générateur électrique autonome : éolienne, petite centrale hydraulique, panneau photovoltaïque, etc. Un générateur électrique

autonome ne produit pas de courant alternatif 220 V comme le réseau électrique. Dans ce cas, il faut utiliser un appareil électronique qui contrôle la tension de la batterie et coupe l'entrée du courant en fin de charge.

La protection de votre batterie est impérative dans deux cas :

- ♦ Quand la sécurité de l'approvisionnement est de première importance, parce qu'on ne peut prendre le risque d'interrompre l'alimentation électrique des équipements, par exemple quand la batterie alimente une installation collective, une installation de conservation de produits, un frigo à vaccins, etc.
- ♦ Quand le parc de batteries est important, c'est-à-dire quand on dépasse les 100 A. Le coût du régulateur est alors faible devant celui des batteries, il est donc rentable d'en avoir un.



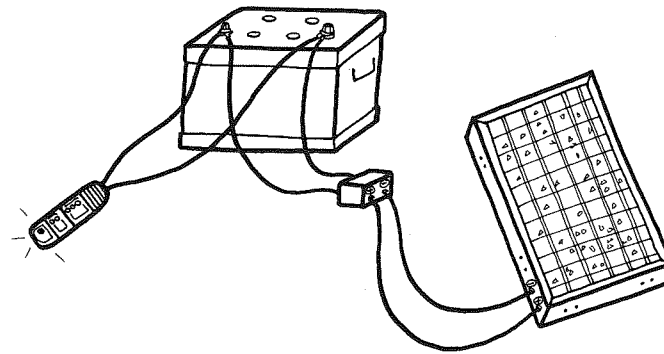
Scénario de charge n° 3

La batterie est rechargée par un générateur autonome rustique

Comme dans le cas précédent, la batterie est rechargée par un générateur irrégulier produisant du courant continu (éolienne, centrale hydraulique, panneaux photovoltaïques), mais d'une part, la sécurité d'approvisionnement est moins importante, et, d'autre part, l'installation est rustique, de petite taille, et peu chère.

Le coût d'investissement pour l'achat d'un régulateur est alors souvent dissuasif. La rentabilité de cet appareil n'arrive qu'après plusieurs années, ce qui ne convient pas à l'utilisateur qui cherche un investissement minimum, même au prix d'un coût de revient élevé à terme.

Dans ce cas, il est possible de se passer de régulateur. On a alors intérêt à se tourner vers une solution plus économique et tout de même efficace : l'association d'un limiteur de charge pour la charge et d'un testeur pour la décharge.



■ Quelques principes électriques pour bien charger une batterie

Quel que soit le type de charge, il y a des valeurs limites de courant et de tension à ne pas dépasser.

♦ Charge à intensité constante

Si l'on impose un courant de charge à la batterie, la tension augmente, ce qui est préjudiciable à la batterie. En effet, quand la tension dépasse un certain seuil, une grande partie du courant est gaspillée par électrolyse de l'eau. De plus, le niveau de l'électrolyte baisse rapidement.

Afin d'éviter cela, on fixe des valeurs limites de tension (cf. page 34). Lorsque ces valeurs sont atteintes, le courant est régulé à la baisse pour conserver la tension constante.

En fin de charge, le courant descend à une valeur stationnaire.

♦ Charge à tension constante

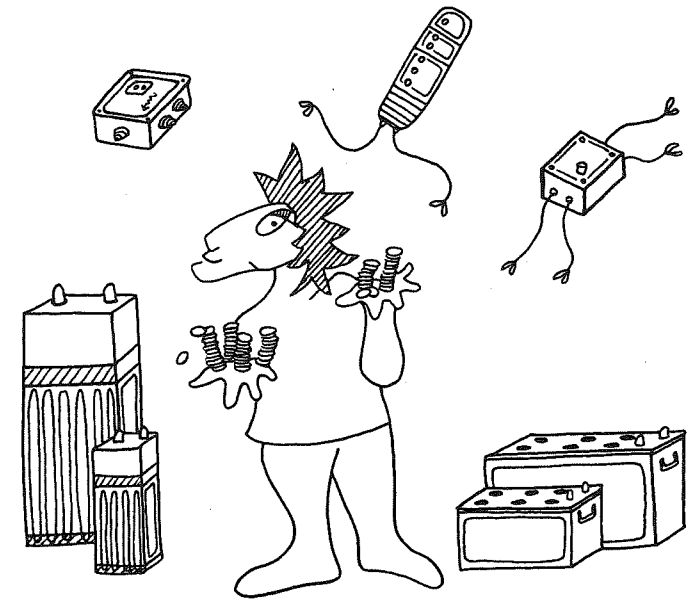
Les valeurs de tension limite sont celles indiquées page 34.

Cependant si en début de charge on impose ces tensions, le courant qui circule sera très fort et dégradera les plaques par effet thermique. C'est pourquoi il faut limiter le courant à une valeur maximale de 1/10 de la valeur du courant de décharge en 10 heures (C10).

Dans tous les cas, les régulateurs agissent sur la tension et sur l'intensité du courant. Ceci nécessite un ensemble de composants électroniques qui rendent fragile cet équipement.

Les appareils de contrôle

■ Les appareils de contrôle de la décharge



Il y a cinq types d'appareils pour cela. Certains sont automatiques et coupent la décharge. D'autres donnent seulement un signal lumineux. Leur coût est très variable.

♦ Le régulateur (actif à la charge comme à la décharge)

C'est le plus utile. Il surveille le niveau d'épuisement de la batterie à votre place, et il vous épargne du travail car il coupe la décharge automatiquement. Il contrôle aussi la recharge de la batterie.

C'est aussi le plus cher ! Son coût est de l'ordre 800 à 2 000 FF, prix France, produit en France.

Attention, le réglage du régulateur doit être adapté au type de batterie utilisée. Voici quelques valeurs standards du seuil de charge, selon différents types de batterie. Ces valeurs ne sont qu'indicatives car chaque constructeur a ses normes.

Tensions limites indicatives pour la charge

Batteries étanches	2,27 V par élément de 2 V, soit 13,6 V pour une batterie de 12 V
Batteries de voiture	2,30 V par élément de 2 V
Batteries à plaques planes épaisses	2,40 V par élément de 2 V
Batteries à plaques tubulaires	2,60 V par élément de 2 V

♦ Le limiteur de charge (actif lors de la charge)

Le limiteur de charge fonctionne comme un régulateur lors de la charge. En revanche, la décharge doit être surveillée à l'aide du testeur qui indique la tension de la batterie et donc son niveau de charge. Un limiteur de charge est beaucoup moins cher qu'un régulateur complet.

Son coût est de 200 à 300 FF contre plus de 1 000 FF pour le régulateur.

♦ Le contrôleur de décharge (actif lors de la décharge)

C'est le cousin du régulateur, mais il n'agit que sur la décharge. Il ne protège pas la batterie à la charge.

Beaucoup moins cher, 250 FF environ, on a tout intérêt à le choisir quand la batterie se recharge sur un système qui a déjà une partie électronique de protection : chargeur sur réseau, système de recharge collectif... Mais il est plus difficile à trouver dans le commerce.

♦ Le testeur (simple indicateur, non actif)

Il est très différent des deux premiers. Le testeur n'est pas automatique, il n'agit pas à votre place. Il ne protège pas la batterie, puisqu'il n'est pas capable de l'arrêter avant qu'elle s'épuise. Mais une fois branché aux bornes de la batterie, il vous signale par un voyant lumineux le moment où votre batterie s'essouffle et nécessite une recharge (une petite ampoule s'allume quand la batterie commence à faiblir et brille de plus en plus au fur et à mesure de son épuisement).

Posséder un testeur ne vous met pas à l'abri d'une trop grande décharge de votre batterie. Votre surveillance est donc indispensable. Son principal avantage est quand même son faible coût, à partir de 70 FF, pour cet appareil qui permet de prolonger la durée de vie de la batterie.

♦ Les voltmètres ou multimètres (simples indicateurs, non actifs)

Enfin, les voltmètres ou multimètres donnent une mesure de la tension électrique et peuvent servir d'instrument de contrôle.

Mais ils demandent une grande vigilance, puisqu'ils n'émettent aucun signal. Ils permettent seulement une lecture de chiffres. Vous ne pouvez toutefois les utiliser que si vous connaissez les tensions limites à ne pas dépasser. Dans le cas des autres appareils, le réglage est déjà effectué par le fabricant.

■ Choisissez l'appareil qui convient le mieux à votre situation

Les appareils les plus chers sont ceux qui rendent le plus de services. Mais votre choix dépend autant de vos moyens financiers que de ce que vous attendez de votre installation.

Quand la sécurité de la batterie est prioritaire, utilisez plutôt un régulateur, ou un contrôleur de décharge si la batterie est protégée à la charge.

C'est le cas quand la batterie alimente une installation collective, un réfrigérateur, ou un appareil qui doit fonctionner en l'absence de l'utilisateur (ou du responsable quand plusieurs personnes s'en servent).

Si vous recherchez avant tout le plus faible coût, prenez soit le contrôleur de décharge, quand le système de recharge est équipé d'une partie électronique pour protéger la batterie, soit le testeur qui peut aussi être utile à la charge, mais qui demande une surveillance.

Vous pouvez préférer une batterie qui coûte moins cher, même si elle ne dure que deux ans, à une batterie trois ou cinq fois plus onéreuse, même si elle dure dix ans. Si, pour cette raison, vous choisissez une batterie de voiture, il est absurde de la protéger par un régulateur qui, à lui seul, coûte déjà plus cher que la batterie. Mais alors, vérifiez par un testeur ou en comptant les heures d'utilisation que vous ne déchargez pas trop votre batterie.

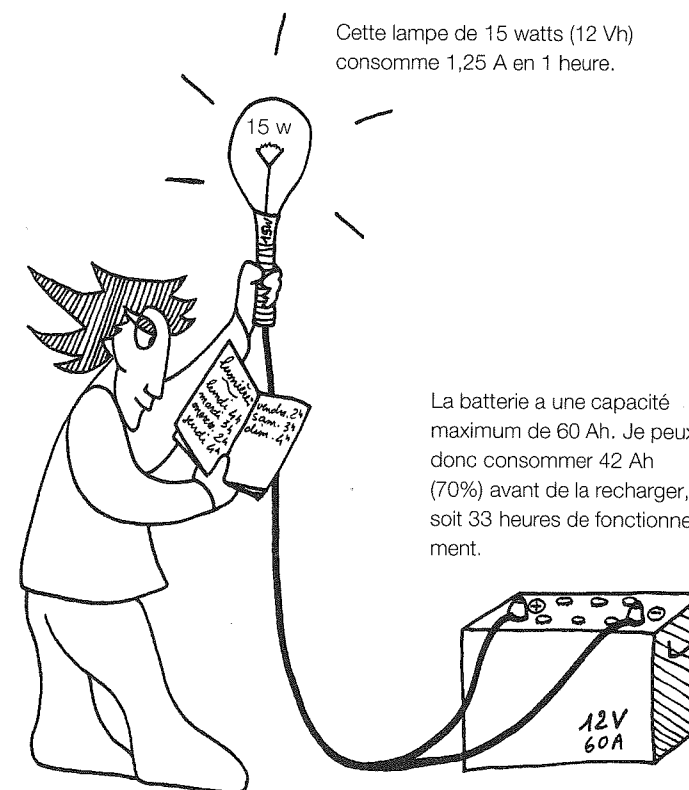
Tableau des appareils de contrôle de charge et de décharge

Régulateur	Contrôleur de charge ou de décharge
<i>Avantages</i>	<i>Avantages</i>
Fonctionne automatiquement sans intervention de l'utilisateur	Fonctionne automatiquement sans intervention de l'utilisateur
Contrôle aussi la charge	Peu coûteux : 250 à 400 FF
<i>Inconvénients</i>	<i>Inconvénients</i>
Un peu fragile	Ne contrôle qu'une partie du cycle, soit la charge, soit la décharge, selon le type
Coûteux : 800 à 2000 FF	
Testeur	Limiteur de charge voltmètre ou multimètre
<i>Avantages</i>	<i>Avantages</i>
Très peu coûteux : à partir de 70 F	Peu coûteux (200 à 300 F)
Signale aussi la surcharge	Permet de contrôler la surcharge
	Permet de connaître l'état approximatif de la décharge à tout moment
	Le multimètre mesure aussi l'intensité du courant
<i>Inconvénients</i>	<i>Inconvénients</i>
Nécessite la présence de l'utilisateur (il ne fait qu'émettre un signal lumineux)	Simple indicateur, il demande l'intervention de l'opérateur pour arrêter la charge ou la décharge
Peu fiable pour les batteries de + 100 Ah ou de - 30 Ah	Il faut connaître la courbe caractéristique de la batterie si l'on souhaite des informations précises sur l'état de décharge
Réglé pour la décharge rapide des batteries de démarrage	

■ Cas exceptionnels où un instrument de contrôle de décharge de la batterie n'est pas indispensable

Dans quelques cas, très rares et très précis, vous pouvez vous passer d'un appareil de contrôle pour la décharge.

Si votre batterie alimente exclusivement un téléviseur, utilisez la perturbation de l'image comme signe de décharge. Si votre batterie alimente un seul appareil électrique, calculez le temps d'utilisation maximum, une fois la batterie rechargée complètement, pour que la batterie ne se décharge pas au-delà de 70% de sa charge, et arrêtez l'utilisation une fois ce temps écoulé. N'oubliez pas que l'âge fait que votre batterie se décharge plus vite.



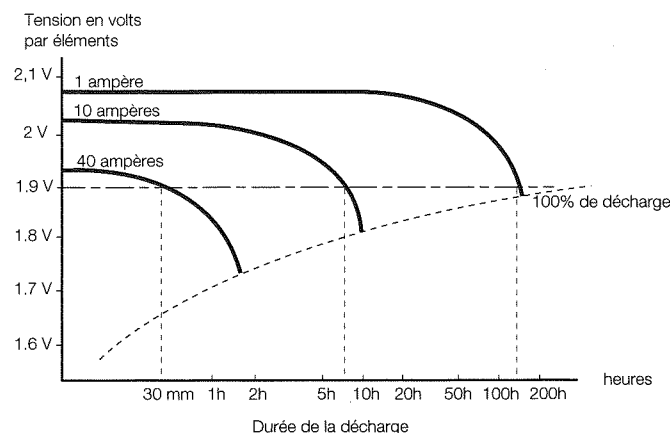
■ Précautions à prendre avec les appareils de contrôle

Attention, les informations données par un régulateur, un contrôleur de charge ou un testeur, sur le niveau de charge de votre batterie, peuvent parfois être fausses !

Ce phénomène mal connu est une cause fréquente de vieillissement des batteries protégées par un régulateur.

D'où vient-il ? Ces appareils utilisent la tension électrique (en volts) entre les bornes de la batterie pour signaler son état de décharge. Mais la tension ne suffit pas, à elle seule, à le mesurer. L'état de décharge dépend aussi de la façon dont celle-ci s'est produite : on peut consommer un courant de faible intensité pendant une longue durée, ou, inversement, une forte intensité en peu de temps. Or ceci a un effet très différent sur l'état de la batterie (cf. page 26).

Le régulateur doit être réglé en fonction du mode d'utilisation. La courbe suivante illustre bien le phénomène :



Par exemple, on voit que si le régulateur est réglé sur une tension de coupure de 1,9 volt, la batterie produit du courant pendant une période de :

- 120 heures si l'intensité est de 1 ampère ;
- 7 heures si l'intensité est de 10 ampères ;
- 30 minutes si l'intensité est de 40 ampères.

Dans le premier cas, elle a débité 120 Ah ; elle est déchargée à 100% et gravement endommagée !

Dans le deuxième cas, elle a débité 70 Ah ; elle est déchargée à 70%.

Dans le troisième cas, elle a débité 20 Ah ; elle n'est déchargée qu'à 20%.

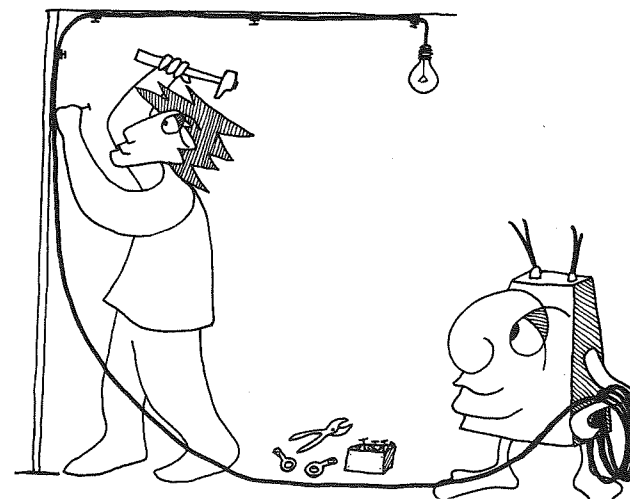
Le réglage de la tension limite de décharge doit dépendre du type de la batterie et du type d'utilisation. Or les fabricants d'appareils de contrôle ne connaissent pas a priori le type de la batterie que vous allez utiliser. Dans le cas d'une décharge, les fabricants de batteries recommandent d'adopter comme tensions limites :

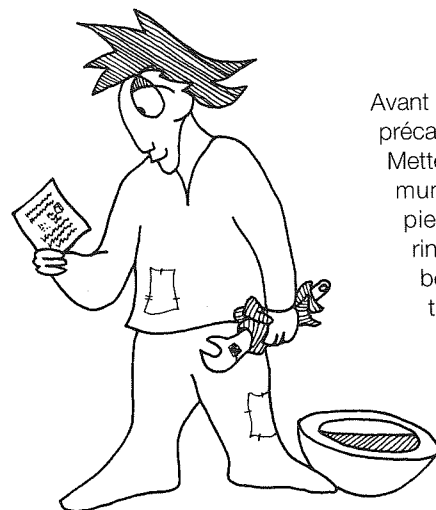
Tensions limites indicatives pour la décharge de batteries

- pour les batteries étanches de 12 V = 11,6 V
- pour les batteries de démarrage = 11,3 V ou 11,4 V
- pour les batteries à plaques planes épaisses ou à plaques planes tubulaires = 10,8 V

Attention, ces tensions limites sont les plus basses que l'on puisse tolérer indépendamment de la durée de la décharge. Elles sont appliquées en particulier pour les décharges de courte durée (quelques heures) et de forte intensité. Dans le cas particulier de votre installation, il faut que vous teniez compte de la durée de la décharge. Si celle-ci est plus longue, il ne faut pas conserver ces tensions-là comme limite mais choisir des tensions plus élevées.

INSTALLATION-BRANCHEMENT





Avant l'installation, prenez les précautions nécessaires !

Mettez des vêtements usés, munissez-vous d'un récipient d'eau pour pouvoir rincer d'éventuelles éclaboussures d'acide, d'outils à manche isolé (ou d'un chiffon sec pour les tenir), et enfin de la notice du fabricant.

Vérifiez le chargement

Vérifiez dans tous les cas que la batterie est complètement chargée avant de la brancher pour la première fois.

La mise en service d'une batterie conditionne sa durée de vie. La vie d'une batterie commence dans tous les cas par une charge complète.

Certaines batteries sont livrées chargées sèches, c'est-à-dire sans acide électrolyte : pour leur mise en service, vous devez d'abord les remplir avec l'acide, puis attendre un temps, précisé par le fabricant, mais qui est d'au moins une heure, avant de pouvoir les brancher.

Pour les batteries étanches : vérifiez pendant combien de temps votre batterie est restée sans recharge, ou, dans le cas où elle a été transportée dans de mauvaises conditions de température (dans les soutes d'avion, à une température froide, sur les quais, en plein soleil, à une température trop chaude!), vérifiez que sa capacité est encore suffisante. Pour cela, rechargez votre batterie, et vérifiez qu'elle fournit, à la décharge, au moins 80% de sa capacité nominale. Si vous ne pouvez vérifier sur place, demandez une garantie à votre fournisseur.

Si vous avez un doute, procédez toujours à une charge initiale afin de disposer, lors des premières utilisations, d'une batterie chargée.

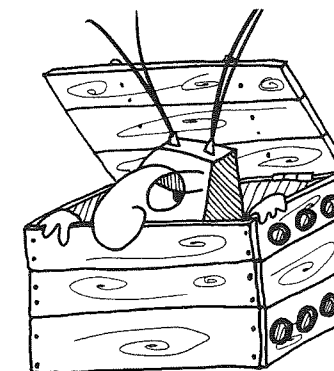
Où l'installer ?

Pour les batteries qui sont étanches et de petites capacités, donc assez légères, assurez-vous qu'elles ne sont pas exposées au soleil, ni posées dans un endroit où la température dépasse 45° C, ni dans un endroit où, au contraire, il fait moins de 10° C.

Pour les batteries qui ne sont pas étanches, ou pour les batteries étanches qui stationnent longtemps au même endroit, parce qu'elles sont un peu lourdes, vous devez respecter certains principes :

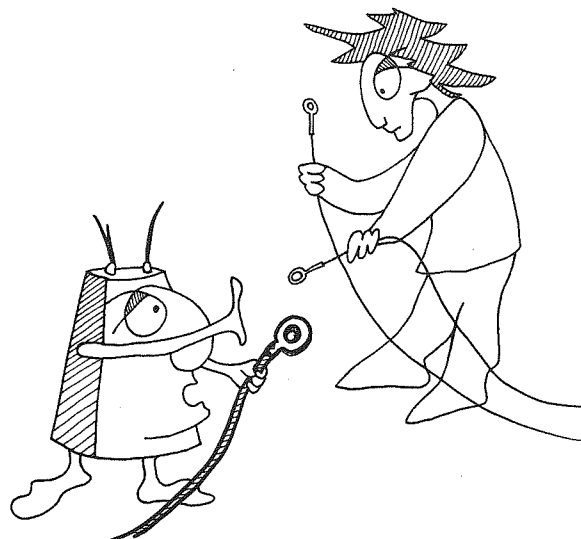
- ♦ tenir la batterie hors de portée des enfants ;
- ♦ la protéger du soleil, de la poussière et de l'eau (qui peuvent provoquer des pertes de courant en introduisant un contact avec le sol ou entre les bornes), des animaux rongeurs ;
- ♦ l'installer dans un lieu où la température ne dépasse pas 40 à 45° C. Une température trop haute ou trop basse abaisse très sérieusement ses performances.

Un moyen efficace pour atteindre tous ces objectifs est d'installer la batterie dans une boîte en bois posée au sol, percée de petits trous en haut et en bas pour que l'intérieur soit ventilé, le tout situé dans un endroit frais et bien ventilé dans les pays chauds, chaud dans les pays froids.



On pourra même prévoir un emplacement dans cette boîte pour les flacons d'eau distillée.

Avec quels câbles la brancher ?

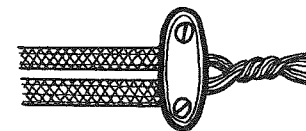


Le choix des câbles est très important. Les câbles électriques doivent être largement dimensionnés. Ne pensez pas que parce que le voltage est bas ($< 12\text{ V}$), les câbles doivent être fins ! Au contraire ! Lorsque les câbles sont trop fins, leur résistance électrique est trop forte et cela risque de provoquer un court-circuit entre les bornes. En outre, ils s'échauffent, ce qui occasionne des pertes d'énergie importantes.

Il faut donc choisir des câbles suffisamment gros par rapport à leur longueur, et par rapport à l'intensité du courant qui va circuler.

Taille des câbles à utiliser

	LONGUEUR DU CÂBLE	INTENSITÉ DU COURANT	SECTION DU CÂBLE
	6 m	$I < 5\text{ A}$	$1,5\text{ mm}^2$
	10 m	$5 < I < 10$	$1,5\text{ à }2,5\text{ mm}^2$
	15 m	$10 < I < 20\text{ A}$	$2,5\text{ à }4\text{ mm}^2$
	20 m	$20 < I < 40\text{ A}$	$2,5\text{ à }6\text{ mm}^2$



Si vous n'avez pas de câble de section assez importante, vous pouvez mettre sur la même longueur deux câbles en

parallèle, ou plusieurs, ce qui équivaut à un seul câble qui aurait pour section la somme des sections des câbles.

Serrez bien les connexions des câbles : le serrage des cosse sur la batterie doit être suffisant pour assurer une bonne fixation. Une cosse baladeuse risque de provoquer un mauvais contact et donc une perte d'énergie, un échauffement au niveau de la connexion (danger), un risque d'étincelle et des détériorations des lampes, etc., en raison de mises en marche et d'arrêts trop rapprochés. Le serrage ne doit pas non plus être trop fort pour ne pas déformer la connexion et la cosse.

Quels types d'appareils brancher ?

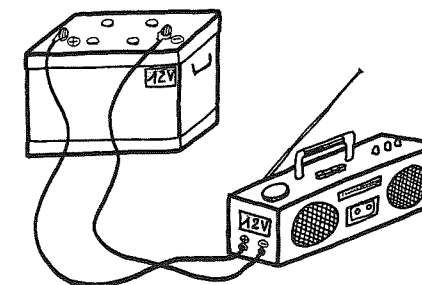
■ Courant continu et même voltage

Une batterie fournit du courant continu, à la différence du réseau des villes ou des groupes électrogènes qui fournissent du courant alternatif. N'utilisez donc que des appareils fonctionnant en courant continu.

Ne branchez directement, aux bornes de la batterie, que des appareils ayant la même tension (12 volts ou 24 volts) ! Ne branchez jamais un appareil radio de 6 ou de 9 volts sur une batterie de 12 volts. Il serait rapidement grillé ! Regardez, sur votre appareil, les chiffres placés avant la lettre V.

Si le radiocassette est de même voltage que la batterie, le

branchement peut être direct. Sinon, il faut brancher un transformateur entre la batterie et le radiocassette.



Si le récepteur a besoin d'une tension différente de 12 ou 24 volts (tensions usuelles des batteries), l'utilisation d'un transformateur entre la batterie et le récepteur est nécessaire. Ces transformateurs sont dimensionnés pour une intensité maximale de courant. Vérifiez que l'appareil ne demande pas un courant supérieur à celui que peut accepter le transformateur.

■ Branchez des appareils basse consommation !

La consommation d'un appareil dépend de sa puissance. Il existe, pour le même service rendu, de grandes différences de puissance selon le type d'appareil employé. Les lampes, réfrigérateurs, téléviseurs, etc., consomment plus ou moins d'électricité selon leur fabrication. Par exemple deux réfrigérateurs peuvent être de même taille, mais consommer du simple au double.

Vérifiez la puissance de consommation de l'appareil figurant, en général, sur les récepteurs électriques. Cette puissance est exprimée en watts (symbole W). Vous la trouverez indiquée par un chiffre suivi de la lettre W, généralement à côté de la tension (indiquée également par un chiffre suivi de la lettre V pour volts).

Comparaison technique des différents types de lampes

TYPE DE LAMPE	PUISSANCE	FLUX LUMINEUX	CONSOMMATION HORAIRE	DURÉE DE VIE	RENDEMENT
	W	lm	Wh	h	lm/W
Lampes à incandescence	40 W	400	40	1000	10
	100 W	1200	100		12
Lampes halogènes	20 W	400	20	2000	20
Lampes fluorescentes	13 W	500	13	4 à 5000	30 à 60
	7W	400	7		50 à 80
Lampes à vapeur de mercure	80 W	3200	80		40
Lampe à vapeur de sodium	35W	4500	35		130

Les tubes fluorescents ont souvent été commercialisés en accompagnement de l'électricité 12 V, en raison de leur très faible consommation et de leur bonne intensité d'éclairage.

Mais les lampes halogènes présentent également un certain intérêt, car elles consomment deux fois moins d'énergie que les lampes ordinaires à incandescence pour une même intensité lumineuse et ont une durée de vie bien supérieure.

Une réglette fluorescente 18 watts donne autant de lumière qu'une ampoule à incandescence 75 watts (qui consomme donc 4 fois plus d'énergie), et qu'une lampe halogène 35 watts.

La durée de vie des réglettes fluorescentes est en moyenne 6 fois plus longue que celle des lampes à incandescence. Malgré un prix d'achat plus élevé, la réglette fluorescente est en définitive plus économique que les lampes à incandescence standards.

Les réfrigérateurs basse consommation sont petits, particulièrement bien isolés, équipés d'un moteur à bon rendement et s'ouvrent par le haut.

L'OMS a homologué les équipements destinés aux dispensaires pour la conservation des vaccins et produit régulièrement un catalogue des réfrigérateurs (et équipements annexes) avec une indication précise de leur niveau de consommation.

Brancher plusieurs batteries ensemble

Quand on ne dispose pas d'une batterie de capacité ou de tension suffisante, il est possible de brancher plusieurs batteries en série ou en parallèle pour obtenir la capacité ou la tension voulue (cf. pages 56 à 58).

Ne séparez jamais deux batteries qui doivent être branchées ensemble pour alimenter une installation : elles ne doivent pas travailler séparément, même pour un moment.

Il suffit que l'une se charge ou se décharge différemment de l'autre pour que les deux batteries se détériorent.

CALCULER LA CAPACITÉ DE LA BATTERIE

Une batterie trop petite, de capacité trop faible, est exposée



à des décharges nombreuses et profondes qui réduisent sa durée de vie. Une batterie trop grande, de capacité trop forte, est trop chère, et peut s'avérer trop lourde.

La taille de la batterie est à déterminer en fonction de ses besoins. Pour cela, il faut calculer ses besoins en énergie, entre deux recharges, et s'assurer que le système de recharge est capable de fournir à la batterie l'électricité nécessaire.

Ce calcul est parfois compliqué, aussi donnons-nous quelques exemples illustrant les choix de capacités de batteries utilisées dans quelques cas-types et donnant ainsi des ordres de grandeur.

Phase 1 : Commencez par calculer vos besoins totaux en énergie sur une journée :

■ a) Repérez la puissance électrique des appareils que vous voulez utiliser

Vous voulez brancher sur votre batterie un téléviseur, un poste radio, des lampes, un réfrigérateur, un émetteur récepteur, etc. Vous devez connaître leur puissance. La

puissance est inscrite, sur tous ces appareils, en nombre de watts qu'ils consomment en fonctionnant. Cette mention figure sur la plaque technique des appareils, à l'aide d'un nombre, suivi de la lettre W (pour watt).

A titre d'exemple, voici la puissance de quelques appareils électriques d'usage courant :

APPAREILS	PUISSANCE
Lampe de voiture (clignotant)	10 W
Réglette fluorescente d'éclairage	8 à 21 W
Radio	2 à 10 W
Magnétophone K7	5 à 35 W
Petit téléviseur noir et blanc	20 à 60 W
Petit téléviseur couleur	40 à 80 W
Réfrigérateur à vaccins 30 litres	30 à 50 W
Réfrigérateur 200 l ((sans congélation)	50 à 100 W
Ventilateur de plafond	30 W
Sonorisation	15 W

■ b) Déterminez l'intensité du courant consommé par les appareils

Les appareils en question fonctionnent sous une certaine tension (un nombre de volts). En général, ils fonctionnent en 12 volts, parfois en 24 volts. Cette tension est à accorder avec celle de la batterie et doit être identique.

Divisez la puissance de l'appareil (le nombre de watts) par la tension de fonctionnement (le nombre de volts) pour obtenir l'intensité du courant qui circule lorsque le système est en marche. Cette intensité s'exprime en ampères.

- ♦ **Exemple 1 :** Un téléviseur noir et blanc a une puissance de 40 watts (40 W). Il fonctionne sous une tension de 12 volts (12 V). Ces deux indications sont portées sur la plaque technique fixée à l'arrière du téléviseur. L'intensité du courant qui passe lorsque l'appareil est en fonctionnement est donc de $40/12$, soit 3,33 ampères.
- ♦ **Exemple 2 :** Une lampe fluorescente d'une puissance de 13 watts, fonctionnant en 12 volts, fonctionne avec un courant de $13/12 = 1,08$ ampères.

Ce calcul doit être fait pour chacun des appareils que vous souhaitez utiliser.

■ c) *Calculez l'énergie consommée par jour pour chaque appareil*

L'énergie qui est consommée par un appareil dépend du nombre d'heures d'utilisation quotidienne. Cette énergie est exprimée en un certain nombre d'ampères-heures (Ah). Pour chaque appareil, multipliez l'intensité (le nombre d'ampères) par le nombre d'heures d'utilisation pendant une journée. Vous obtenez ainsi des ampères-heures.

- ♦ **Exemple 1 :** Le téléviseur de l'exemple précédent fonctionne 3 heures par jour. Il consomme donc une énergie quotidienne de $3,33 \times 3 = 9,99$ ampères-heures, soit environ 10 Ah par jour.
- ♦ **Exemple 2 :** La lampe de l'exemple précédent fonctionne en moyenne 5 heures par jour. Elle consomme une énergie moyenne de $1,08 \times 5 = 5,4$ ampères-heures par jour.

Ce calcul doit être réalisé pour chaque appareil que l'on souhaite brancher sur la batterie.

Il arrive souvent que l'utilisation soit irrégulière. Selon les jours, vous utilisez plus ou moins la radio, vous gardez la lumière allumée plus ou moins longtemps, etc. Dans ce cas, il faut estimer la durée moyenne d'utilisation par jour. Soit vous faites une estimation approximative, soit vous calculez précisément le nombre total d'heures de fonctionnement durant les sept jours de la semaine, puis vous divisez le résultat par 7 afin d'obtenir la moyenne journalière.

Pour un petit frigo à vaccins de 30 litres fonctionnant en 12 volts, comptez 12 Ah/jour, et 30 Ah/jour en cas de fabrication de glace.

Il est très important que cette estimation soit faite de la manière la plus précise possible afin d'éviter des surprises lors de l'utilisation de la batterie.

■ d) *Calculez votre besoin total en énergie par jour*

Pour connaître le besoin total en énergie, il suffit d'additionner les besoins en énergie journalière de tous les appareils. On ajoute le nombre moyen d'ampères-heures trouvé pour

chaque appareil au paragraphe précédent (c) et on obtient un nombre d'ampères-heures qui représente le besoin total en énergie.

- ♦ **Exemple :** Vous utilisez seulement le téléviseur et la lampe des exemples précédents. Votre consommation totale d'énergie est la somme des deux consommations, soit : $10 + 5,4 = 15,4$ Ah par jour.

Phase 2 : Évaluez la fréquence de recharge de la batterie

■ a) *Cas d'une recharge périodique*

C'est le cas où le chargeur de batterie est éloigné et où il est nécessaire de débrancher la batterie et de la transporter jusqu'au lieu de charge.

Avec quelle fréquence allez-vous faire recharger votre batterie ? La réponse à cette question est déterminante pour le choix de la taille de la batterie. En effet, s'il est possible de recharger fréquemment la batterie, par exemple tous les 3 jours, on utilise une batterie plus petite que pour des recharges effectuées tous les 15 jours.



Une petite batterie est peu coûteuse mais doit être rechargée plus fréquemment. Pour éviter des déplacements trop rapprochés et pour ne pas rester trop longtemps sans électricité (pendant le temps de recharge, une douzaine d'heures en moyenne), il est intéressant de s'équiper d'une seconde batterie, afin de connecter l'une pendant le temps de charge de l'autre. Autre inconvénient : la durée de vie d'une batterie dépend du nombre de charges réalisées. Autrement dit, une batterie ne peut être chargée qu'un nombre limité de fois. Selon les batteries, cette limite va de 100 à 3000 charges possibles. Il faut donc ajouter, au coût de la charge, une part du coût de la batterie elle-même.

La grosse batterie est de toute façon plus confortable, mais elle est beaucoup plus chère à l'achat !

Un compromis est à trouver entre le coût de la batterie à l'achat et la fréquence de recharge. Une bonne formule est de recharger la batterie tous les 10 à 20 jours.

■ b) Cas d'une recharge permanente

C'est le cas où la batterie est connectée en permanence à un générateur qui lui fournit du courant par période. Par exemple, la batterie est branchée sur un panneau photovoltaïque ou sur une éolienne électrique.

Ce cas est particulier car on ignore la quantité d'énergie que le générateur peut exactement fournir chaque jour. Le vent est très irrégulier. Le soleil également. Il existe des périodes durant lesquelles les nuages ou le vent de sable cachent le soleil et où la production d'électricité est faible.

Dans cette situation, il est nécessaire de limiter la quantité d'énergie consommée de façon à ce qu'elle ne soit pas plus importante que l'énergie produite par le générateur. Les appareils de mesure de l'énergie étant onéreux (plus de 1 000 FF), on équilibre en général consommation et production par l'expérience. Si la consommation d'énergie est chaque jour plus forte que la production, la batterie se vide petit à petit et lorsqu'elle atteint sa limite de décharge, le régulateur coupe le courant. Dans ce type d'utilisation, la présence d'un régulateur est importante car elle évite une décharge trop profonde de la batterie. Le régulateur de charge est quant à lui indispensable pour ne pas trop charger la batterie.

L'utilisateur doit donc impérativement adapter sa consommation d'énergie à la quantité produite par les capteurs, en se référant à des valeurs moyennes de production de l'énergie. Le rôle de la batterie est double. Premièrement, elle restitue le soir l'énergie emmagasinée pendant la journée. Deuxièmement, elle permet d'étaler la production d'énergie d'un jour sur l'autre, ou sur une période de quelques jours.

On fait le calcul de la capacité de la batterie de manière à absorber les fluctuations de la production d'énergie sur deux à trois jours. La batterie doit accorder une certaine autonomie à l'utilisateur par rapport aux petites variations journalières du soleil ou du vent.

Le calcul précis de la capacité de la batterie en fonction de la durée d'autonomie souhaitée est donné ci-après (phase 3), mais on peut adopter un ordre de grandeur global, sachant qu'il est conseillé de prévoir au moins deux jours d'autonomie totale. Cela correspond à la possibilité de disposer d'électricité durant au moins deux jours entiers, le générateur étant débranché. Dans ce cas, on fait comme si la batterie était rechargée à 100% tous les 3 jours.

Batterie couplée à un panneau solaire

Pour choisir la taille d'une batterie couplée à un panneau solaire, on détermine d'abord le nombre de jours d'autonomie afin de parer aux jours sans soleil. On compte 3 jours au Sahel et 6 jours en zone équatoriale. On décide ensuite d'un taux de décharge maximum admissible pour la batterie. Par exemple 40% pour une batterie couplée à un panneau solaire.

Enfin, on choisit la tension de la batterie, par exemple 12 volts. On applique ensuite la formule suivante :

$$C = \frac{N}{D \cdot U} \times E_c$$

N : nombre de jours d'autonomie

D : taux de décharge (de 0,2 à 0,5)

U : tension (V)

E_c : énergie consommée par jour (Wh/jour)

Exemple : une batterie de 12 volts couplée à un panneau PV au Sahel pour laquelle on a décidé d'un coefficient de décharge maximum de 40% et de 3 jours d'autonomie devra avoir une capacité égale à :

$$C = 0,625 E_c$$

Si le besoin est de 200 Wh/jour, la capacité de la batterie sera de 125 Ah (en 12 volts).

Phase 3 : Déterminez la capacité de la batterie répondant à votre besoin

Vous disposez maintenant de deux données : les besoins totaux en énergie pour une journée et la fréquence de recharge de la batterie.

■ a) Calculez la quantité d'énergie disponible à stocker

C'est la quantité d'énergie totale que l'on compte extraire de la batterie avant de la faire recharger. Multipliez les besoins totaux journaliers par le nombre de jours séparant deux recharges.

- ♦ **Exemple** : Votre téléviseur et votre éclairage consomment 5,4 Ah chaque jour. Vous rechargez la batterie tous les 10 jours. Dans ce cas, la quantité d'énergie que vous souhaitez extraire de la batterie est de $5,4 \times 10 = 54$ Ah (ampères-heures).

Dans le cas d'une batterie couplée à un panneau solaire, si on n'utilise pas la formule de calcul donnée dans l'exemple ci-dessus, on considère que la recharge se fait tous les trois jours. On évalue la quantité d'énergie disponible à stocker en multipliant par 3 les besoins quotidiens.

■ b) Prenez en compte, enfin, la nécessité d'éviter les décharges profondes

Il est en général souhaitable de recharger les batteries au plomb dès qu'elles commencent à être déchargées et au plus tard quand elles sont déchargées à 70% ou 80% de leur capacité. Les pratiques varient toutefois en fonction des capacités financières des opérateurs.

Dans la pratique, on applique les règles suivantes :

- ♦ Pour les batteries rechargées hors du lieu d'utilisation. C'est le cas où la batterie est rechargée une à trois fois par mois. On considère qu'on peut décharger la batterie à 80%.
- Remarque : la recharge éloignée peut permettre de bénéficier d'un coût de recharge beaucoup moins élevé, celui du réseau. L'électricité du réseau est en effet beaucoup moins chère en raison des économies d'échelle qu'il permet de

réaliser. Mais il ne faut pas oublier de compter le prix du transport, le temps d'acheminement de la batterie jusqu'au site, et son retour... Le problème du poids devient alors très important et conduit à choisir une batterie de capacité plus faible mais encore transportable.

- ♦ Pour les batteries couplées à un générateur (panneau photovoltaïque par exemple), la batterie est rarement rechargée à 100% par le générateur, comme c'est le cas pour les batteries rechargées sur le secteur. Afin d'éviter de fonctionner en permanence avec une batterie largement déchargée, on retient un taux moyen de décharge autorisée beaucoup plus faible, de l'ordre de 20 à 50% de la capacité totale de la batterie.

Plus le taux de décharge est faible et meilleure est la rentabilité de votre batterie, mais l'investissement (et le renouvellement ultérieur) vous obligent à sortir de plus grosses sommes d'argent d'un seul coup.

■ c) Pour déterminer la taille de la batterie qu'il convient d'acheter, il faut diviser la quantité d'énergie disponible à stocker par le taux de décharge autorisé

- ♦ **Exemple** : Dans l'exemple précédent, vous avez besoin de 54 Ah disponibles à stocker dans votre batterie. Vous retenir comme taux de décharge maximum 80%. La capacité de la batterie à acheter doit être de $54 / 0,8 = 67,5$ Ah. C'est un chiffre théorique.

Dans le commerce vous trouverez par exemple une batterie de 60 Ah ou de 75 Ah (qui vous donnera un peu moins, ou un peu plus, de 10 jours d'autonomie).

Exemples de calcul de capacité de batterie

♦ Exemple 1 : Eclairage

J'ai un tube fluorescent de 8 watts que j'allume 3 heures par jour. Je recharge ma batterie dans le village, dans un centre spécial de charge. Je souhaite ne l'amener à recharger que 2 fois par mois.

Quelle taille de batterie choisir ?

1. Je calcule mon besoin en énergie
 - la lampe a une puissance de 8 W ;
 - la batterie que j'achète est une batterie de 12 volts (batteries les plus courantes) ;
 - le courant consommé par la lampe sera donc de :

$$\frac{8 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 0,67 \text{ ampère ;}$$

- ma consommation sera de : $0,67 \text{ A} \times 3 \text{ h/j} = 2 \text{ Ah par jour.}$

2. J'évalue la fréquence de recharge

Je choisis de recharger la batterie tous les 15 jours. Si cette hypothèse conduit à une trop grosse batterie, je devrais réduire cette durée.

3. Je détermine la taille de la batterie

- j'ai besoin, au total, de disposer dans ma batterie d'une quantité d'énergie égale à :

$$2 \text{ Ah} \times 15 \text{ jours} = 30 \text{ Ah ;}$$

- je souhaite protéger ma batterie très correctement afin qu'elle dure au moins 3 ou 4 ans. Je me fixe donc un coefficient de décharge assez faible de l'ordre de 40% ;
- la taille de la batterie sera donc de :

$$\frac{30 \text{ Ah}}{0,40} = 75 \text{ Ah ;}$$

J'achèterai une batterie de 75 Ah en 12 volts.

♦ Exemple 2 : Télévision + Radio + Eclairage avec un panneau solaire

J'ai un petit téléviseur noir et blanc de 40 watts, une radio de 10 Watts et 2 tubes néons de 11 watts. Ma batterie est alimentée par un panneau solaire.

1. Je calcule mon besoin en énergie

- la télévision fonctionne 3 heures par jour. Elle consomme donc $3 \text{ h} \times 40 \text{ W} = 120 \text{ Wh/jour}$;
- la radio fonctionne 2 h par jour. Elle consomme $2 \text{ h} \times 10 \text{ W} = 20 \text{ Wh/jour}$;

- les lampes de 11 W : l'une marche 1/2 h/j et l'autre 2 h/j. Elles consomment $2,5 \text{ h} \times 11 \text{ W} = 27,5 \text{ Wh/jour}$;
- mon besoin total d'énergie par jour est de : $120 + 20 + 27,5 = 167,5 \text{ Wh/jour}$ soit, pour une batterie de 12 V, 14 Ah ($167,5/12$) par jour.

2. J'évalue la fréquence de recharge

Comme aucun de ces appareils ne m'est indispensable, je prends le risque d'avoir une faible autonomie et je choisis une autonomie équivalente à 2 jours.

3. Je détermine la taille de la batterie :

- je souhaite stocker : $14 \text{ Ah} \times 2 \text{ j} = 28 \text{ Ah}$;
- je prends 50% comme coefficient maximum de décharge ;
- la taille de la batterie sera de :

$$\frac{28 \text{ Ah}}{0,50} = 56 \text{ Ah (environ 60 Ah).}$$

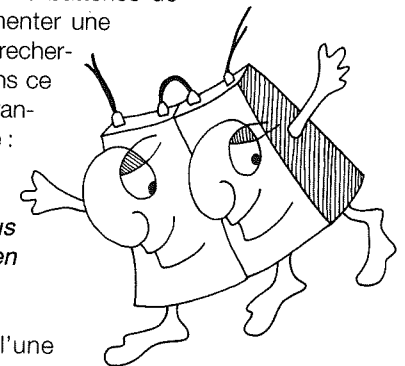
J'achèterai une batterie 12 V de 60 Ah.

Pour disposer d'une capacité ou d'une tension supérieure

On ne dispose pas toujours de batteries de capacité suffisante pour alimenter une installation, ou de la tension recherchée (6 V, 12 V ou 24 V). Dans ce cas, on a la possibilité de brancher plusieurs batteries ensemble :

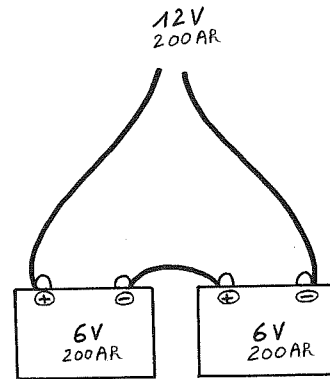
■ 1er cas : pour avoir une plus grande tension = branchement en série

- ♦ Relier le pôle positif de l'une avec le pôle négatif de l'autre. Dans ce cas, le nouveau système obtenu a la même capacité que chacune des deux batteries, et sa tension est égale à la somme des deux tensions. Par exemple deux batteries



de 6 V branchées en série permettent d'obtenir un système d'une tension de 12 V.

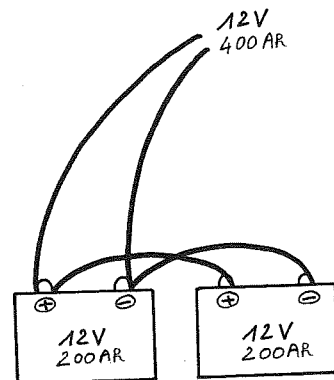
- ♦ Ne faire ce montage qu'avec des batteries identiques.



Assemblage de batteries en série

■ 2ème cas : pour obtenir une plus grande capacité = branchement en parallèle

- ♦ Relier les deux pôles positifs ensemble et les deux pôles négatifs ensemble. Dans ce cas, le nouveau système obtenu a une tension identique à la tension de chacune des batteries et une capacité égale à la somme des capacités de chaque batterie.

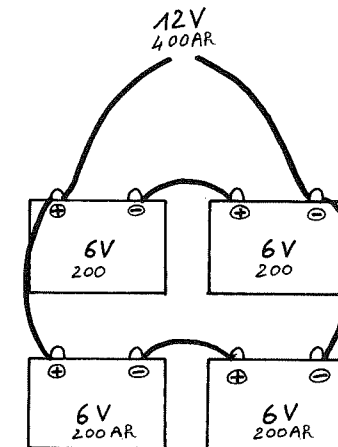


Assemblage de batteries en parallèle

- ♦ En reliant en parallèle deux batteries identiques de 12 volts et 200 Ah, on obtient un système de 12 volts et d'une capacité de 400 Ah.
- ♦ Ne faire ce montage qu'avec des batteries identiques.

■ 3ème cas : pour augmenter et la tension et la capacité

On a bien entendu la possibilité de réaliser des branchements mixtes : certaines batteries en série et d'autres en parallèle. Dans cette illustration, les quatre batteries sont identiques : 6 volts, 200 Ah.



Elles sont branchées deux par deux en série, ce qui porte la tension de chaque paire à 12 V pour une capacité de 200 Ah. Chaque groupe de 2 batteries est branché en parallèle, ce qui double la capacité.

Le système complet a une capacité de 400 Ah pour une tension de 12 volts.

Prolonger la durée de vie de sa batterie

ENTRETIEN DES BATTERIES

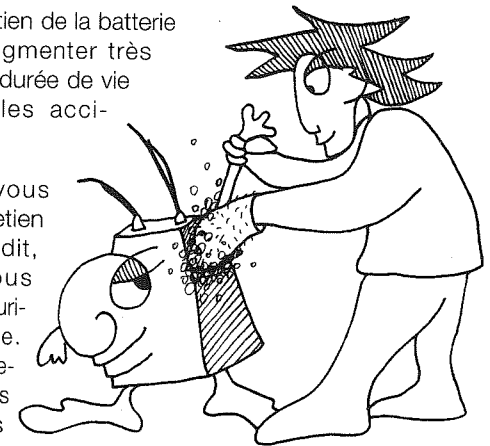
Un bon entretien de la batterie permet d'augmenter très fortement sa durée de vie et d'éviter les accidents.

Avant de vous livrer à l'entretien proprement dit, entourez-vous de toute la sécurité nécessaire. Portez des vêtements que vous n'utilisez plus mais qui vous

couvrent bien, munissez-vous d'un récipient d'eau pour pouvoir rincer d'éventuelles éclaboussures d'acide, d'outils à manche isolé (ou d'un chiffon sec pour les tenir), et enfin de la notice du fabricant si vous en possédez une.

Avant de réaliser un test de charge de la batterie, attendre une heure, sans charge ni décharge, de façon à ce que la batterie atteigne un état d'équilibre.

Avant de manipuler la batterie, débranchez toutes ses connexions avec le système de charge et le circuit de décharge (bien repérer le schéma de branchement avant de débrancher les fils !).

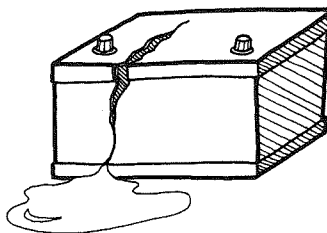


Il est conseillé de réaliser l'entretien de la batterie une fois par mois.

Entretien des batteries au plomb ouvertes (les plus courantes)

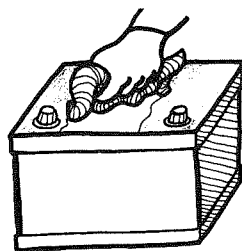
■ a) Observez l'extérieur de la batterie

Quand une batterie vieillit, ses plaques subissent des déformations importantes, et il arrive souvent que le bac extérieur se déforme ou se fende. Si c'est le cas, vérifiez souvent le niveau de l'électrolyte. Lorsque la batterie est trop déformée, il est nécessaire de la changer.



■ b) Nettoyez la batterie elle-même

Nettoyez la batterie régulièrement, chaque mois. C'est très important. Une batterie propre conserve mieux sa charge. En effet, la poussière et les traces d'acide qui se déposent provoquent une fuite de courant vers le sol.



Pour nettoyer la batterie :

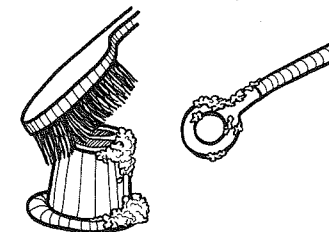
- ♦ Otez les bouchons, puis, avec les mains protégées, nettoyez-les à l'eau claire. Assurez-vous que le petit trou qui laisse s'échapper les gaz est bien débouché.
- ♦ Nettoyez entièrement le bac avec une éponge humide et propre. Séchez-le immédiatement avec un chiffon sec.
- ♦ Séchez et remontez les bouchons.

■ c) Nettoyez les connexions

- ♦ Nettoyez les connexions et resserrez-les, au moins une fois par mois.

- ♦ Si un dépôt blanc existe sur les bornes de la batterie, démontez les bornes, une seule à la fois, et nettoyez-les comme suit :

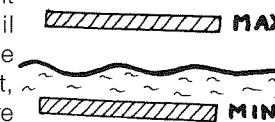
- éliminez la graisse et le sulfate avec une éponge humide,
- avec une brosse métallique (brosse à boussole automobile par exemple), frottez toute la borne, et aussi la connexion du câble qui vient dessus.



Quand les connexions sont corrodées, elles laissent passer moins de courant à la décharge comme à la charge.

■ d) Vérifiez le niveau d'acide dans les accumulateurs

Enlevez les bouchons des accumulateurs. Si le niveau de l'acide découvre les plaques, il faut rajouter de l'eau distillée, doucement pour ne pas faire gicler l'acide, avec un entonnoir. Le niveau du liquide doit remonter jusqu'à ce qu'il recouvre les plaques et la ligne de haut niveau. Normalement, le bon niveau est le milieu entre MIN et MAX.



Cependant, pour les pays chauds, si l'accumulateur acheté n'est pas fabriqué spécialement pour les climats chauds, ou "tropicalisé", il vaut mieux aller jusqu'au MAX pour avoir un électrolyte plus léger. Si vous utilisez une batterie de démarrage pour une décharge lente et profonde, vous avez également la possibilité de diluer un peu plus l'acide pour allonger la durée de vie de la batterie. Mais ne dépassez pas le niveau MAX.

Lorsque plusieurs batteries sont connectées ensemble, le niveau d'acide doit être le même dans toutes les batteries.

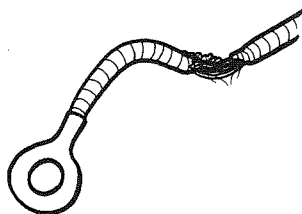
Trois observations :

- ♦ N'ajoutez de l'eau distillée que lorsque la batterie est complètement chargée, sinon l'électrolyte sera noyé et la batterie hors d'usage.

- ♦ Utilisez de l'eau distillée. L'eau non distillée (de puits ou du robinet) contient des sels minéraux, et abrège la vie de la batterie. N'utilisez pas d'eau de pluie, vous endommageriez votre batterie !
- ♦ Normalement, vous n'avez pas à ajouter d'acide, car contrairement à l'eau, l'acide ne s'évapore pas. Comme il a été dit plus haut, il ne faut jamais rajouter de l'acide sulfurique dans la batterie. En versant de l'acide dans l'eau, il peut être projeté violemment, ce qui est dangereux pour la batterie comme pour vous.

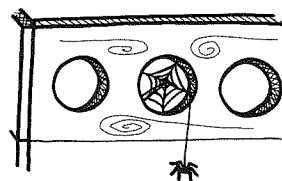
■ e) *Surveillez l'état des câbles de branchement de l'installation*

Il arrive que l'acide attaque une partie des câbles. Dans ce cas, remplacez les parties endommagées par du câble de même section.



■ f) *Vérifiez que le local ou la boîte dans lequel se trouve la batterie est bien ventilé*

Dans les pays chauds, la pièce où se trouve la batterie doit être aérée. L'air y circule abondamment, de manière à maintenir la température la plus basse possible. De même, si la batterie est placée dans un coffret en bois, celui-ci doit être pourvu de trous d'aération assez gros. Vérifiez que ces ouvertures ne sont pas bouchées.



Nettoyez bien les trous de ventilation

■ g) *Évaluez périodiquement l'état de santé de la batterie, et tenez un cahier d'entretien*

Il est nécessaire de vérifier périodiquement l'état de la batterie. La façon de procéder est décrite ci-après. Réaliser cette

opération de contrôle permet de prévoir les pannes éventuelles et de corriger certains défauts de la batterie par une charge d'égalisation.

Il est souvent utile de tenir un cahier d'entretien de la batterie sur lequel on reporte le détail de ce qui a été fait ou observé et la date d'intervention. La tenue de ce cahier d'entretien permet de savoir exactement ce qui s'est passé et de faciliter la compréhension des pannes et des réparations, surtout quand des réparateurs extérieurs interviennent.



FAIRE LE DIAGNOSTIC D'UNE BATTERIE

Les batteries vieillissent assez rapidement. Leurs plaques se déforment, le plomb, en se détachant, tombe au fond et provoque un court-circuit intérieur, le récipient se fissure et l'acide fuit.

Comment savoir à quel stade de vieillissement en est arrivée une batterie ? Il y a plusieurs méthodes pour répondre à cette question. Toutes consistent à mesurer la capacité que conserve encore la batterie, une fois chargée. Si elle affiche moins de 70% de la capacité qu'elle avait au départ, elle est considérée comme trop dégradée pour être encore utilisée. Il vaut mieux s'en débarrasser.



Méthode simple pour évaluer la capacité totale de la batterie

Pour évaluer de manière simple la capacité totale de la batterie, notez, lorsque la batterie est neuve, combien de

temps il lui faut pour se décharger, jusqu'à la coupure du courant, en alimentation normale de votre installation.

Ensuite, lorsque vous souhaitez tester l'état de votre batterie, vous devrez effectuer deux opérations.

- 1 - Chargez complètement et soigneusement la batterie. Cette charge doit être faite avec un courant de charge d'intensité inférieure à une intensité limite, égale au dixième de la capacité (définie pour 10 heures de décharge), soit un dixième de C/10.

Exemple : une batterie de 60 Ah doit être rechargée avec un courant inférieur à 6 A (60/10).

- 2 - Déchargez-la ensuite sur l'installation qu'elle alimente habituellement. Le temps de décharge sera plus court que celui que vous aviez enregistré lorsque la batterie était neuve.

Si le temps de décharge actuel équivaut à moins de 70% du temps de décharge initial, cela signifie que la batterie est dégradée.

Méthode destinée aux professionnels

■ Mesure de la densité

a) Méthode 1 : mesure de la densité de l'électrolyte

Cette méthode consiste à évaluer l'état de chaque accumulateur qui compose la batterie. Il est donc nécessaire d'accéder aux unités d'accumulateurs à l'intérieur de la batterie. Ceci n'est donc pas praticable par l'utilisateur courant.

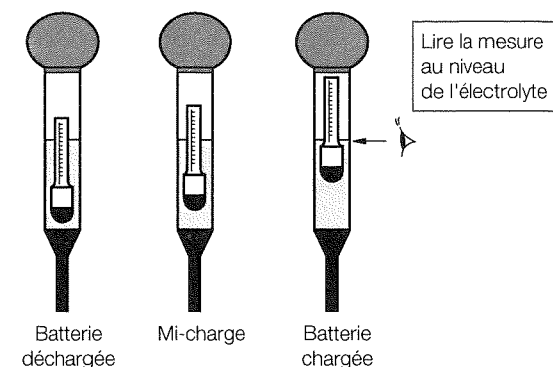
Quand la batterie vieillit, les accumulateurs ne vieillissent pas tous de la même manière.

La mesure de la densité de l'électrolyte dans chaque accumulateur permet de repérer ceux qui sont en mauvais état.

On mesure la densité de l'électrolyte en utilisant un densimètre.

Densimètre

Position du flotteur selon l'état de charge de la batterie



Procédure

Cette mesure demande que la batterie soit à son stade d'équilibre, c'est-à-dire déconnectée de tout système de charge ou de décharge depuis au moins une heure.

- ♦ Enlevez le bouchon d'un accumulateur. Assurez-vous d'être suffisamment protégé contre d'éventuelles éclaboussures d'acide !
- ♦ Entrez le bulbe du densimètre et placez-le le plus près possible du pôle positif, en faisant en sorte qu'il plonge jusqu'au milieu de la hauteur de la batterie, pour atteindre un état moyen de densité.
- ♦ Libérez le bulbe pour que l'électrolyte puisse le remplir, sans que le flotteur atteigne le haut du densimètre.
- ♦ Lisez le nombre qui correspond au niveau du liquide.
- ♦ Corrigez le nombre par la température si nécessaire, avec une table donnant la compensation des températures.
- ♦ Notez le résultat, et répétez l'opération pour chaque accumulateur, en prélevant l'acide toujours dans la même position par rapport à l'accumulateur.
- ♦ Si un ou deux accumulateurs commencent à chuter en densité par rapport aux autres, avec un écart de plus de 20%, c'est le signe qu'ils sont sulfatés et qu'il faut intervenir.

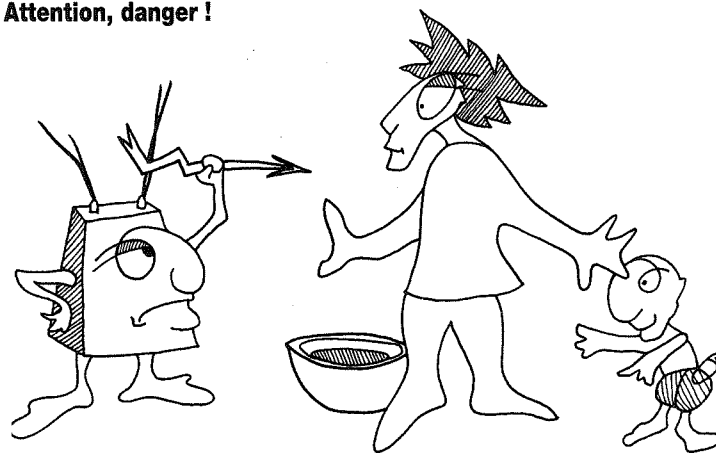
Remarque : la mesure de la densité donne des résultats relativement incertains. L'électrolyte qui est dans la batterie n'a pas une densité homogène : il est notamment fortement stratifié du bas vers le haut, et, dans les batteries de plus de 50 cm de hauteur, cela oblige même à prévoir un procédé pour homogénéiser la batterie. Mais il peut aussi y avoir des écarts entre les deux pôles. Dans le cas qui nous occupe, si la mesure de la densité est faite pour chaque accumulateur de la même manière, cette mesure peut cependant permettre de repérer des accumulateurs défaillants et de les "soigner".

b) Méthode 2 : mesure de la tension entre les bornes de chaque accumulateur

Il est nécessaire d'utiliser un voltmètre ou un multimètre. On mesure la tension entre les bornes de chaque accumulateur. Si un ou plusieurs accumulateurs présentent une tension plus basse que les autres, en particulier en fin de décharge, ces accumulateurs sont défaillants (cf. Les compléments techniques, page 73).

CONDITIONS D'UTILISATION

Attention, danger !



Les batteries peuvent être des appareils dangereux. Elles présentent différents risques. Pour ne pas courir ces

risques-là, nous vous recommandons de prendre les précautions suivantes :

Le produit qui est dans la batterie peut provoquer de graves brûlures.

Veillez à ce que les enfants soient toujours tenus à l'écart des batteries.

Ayez toujours à côté de vous, avant de manipuler la batterie, un récipient d'eau.

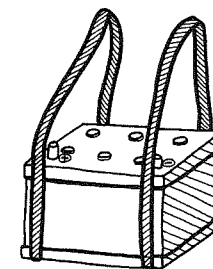
En manipulant la batterie, ne portez pas les mains aux yeux.
Ne portez pas les mains à la bouche.

Lavez-vous systématiquement les mains après manipulation.

Comment manipuler votre batterie

■ Pour éviter les risques chimiques

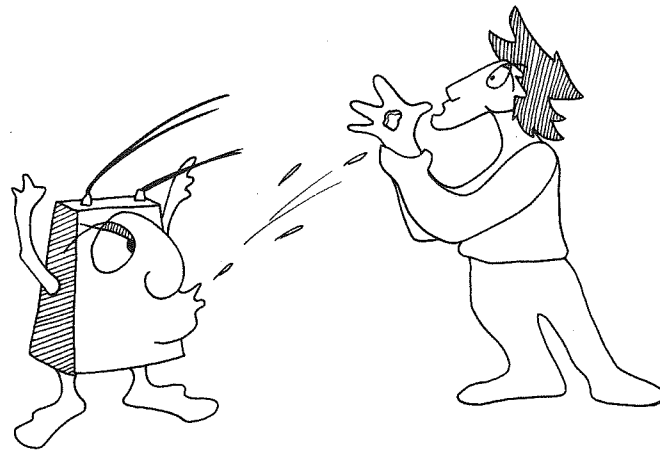
- ♦ Maintenez toujours la batterie avec ses bornes vers le haut. Transportez-la en la tenant par deux coins opposés, ou par des bretelles, pour éviter que l'acide ne se renverse.
- ♦ Lorsque vous ajoutez de l'eau distillée dans la batterie, faites attention à ce que cela ne déborde pas, et ne jaillisse pas ; utilisez toujours un entonnoir en plastique.



■ Si vous manipulez l'acide contenu dans la batterie (l'électrolyte)

- ♦ Utilisez des récipients en verre ou en plastique pour conserver l'acide. L'acide peut attaquer le récipient, et le percer.
- ♦ Nettoyez les bidons d'acide à grande eau dès qu'ils sont vides. Souvent, en effet, ils seront utilisés pour un autre usage, et la personne qui s'en servira après vous, si elle ne connaît pas le produit qui était dedans, court des risques graves.
- ♦ Ne stockez pas l'acide dans un endroit chaud, ni au soleil.
- ♦ Ne versez jamais l'eau dans l'acide, mais l'acide dans l'eau (à l'exception des petites quantités d'eau distillée à rajouter dans les accumulateurs qui ont un niveau d'électrolyte trop bas).

■ Si malgré tout un accident arrive

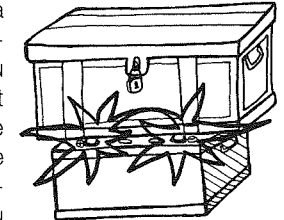


- ♦ En cas de contact avec les yeux : rincez les immédiatement, et abondamment, pendant un long moment. Appelez un médecin si c'est possible.
- ♦ Au cas où des enfants ou quelqu'un aurait avalé de l'acide : faites-leur boire du bicarbonate de soude ou du lait de magnésie, ou du lait, un œuf battu, de l'huile végétale, une grande quantité d'eau pendant au moins cinq minutes... Appelez aussi un médecin !

- ♦ Si de l'acide est projeté sur des vêtements ou sur la peau : il peut être neutralisé immédiatement avec un mélange de bicarbonate de soude et d'eau, suivi d'eau simple.

■ Pour éviter les risques électriques

- ♦ Evitez toujours qu'un objet métallique touche en même temps la borne + et la borne - de la batterie. Si un contact métallique a lieu entre les bornes, un courant électrique très intense se déclenche de l'une à l'autre. Le court-circuit peut détruire la batterie, et souder les bornes au métal en contact.

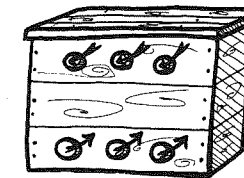
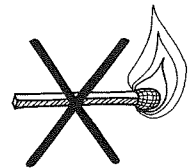


- ♦ Ne posez pas d'objet métallique sur la batterie (malle...).

■ Pour éviter les risques dus aux gaz

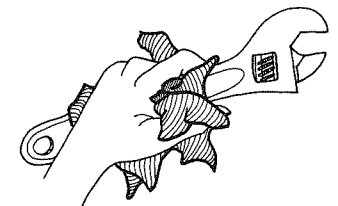
De petites quantités de gaz se dégagent en permanence des batteries, et donc des précautions s'imposent pour éviter une explosion.

- ♦ N'approchez jamais des batteries avec une allumette enflammée.

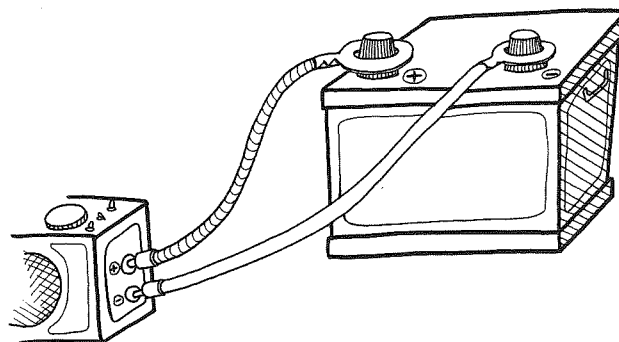


- ♦ Le local ou la boîte dans lesquels sont installées les batteries doivent être ventilés.

- ♦ Ne touchez jamais les batteries avec des outils non isolés par une gaine plastique (ou par un chiffon sec) car ils peuvent provoquer des étincelles en touchant les bornes, et donc déclencher une explosion.



- ♦ Ne branchez jamais d'appareil pendant la charge : cela peut provoquer des étincelles et... une explosion. Quand vous branchez un appareil pendant la décharge, branchez d'abord la borne négative et après seulement la borne positive.
- ♦ Prêtez toujours attention au sens du courant, et branchez le + avec le +, et le - avec le -.



Quand on branche la batterie sur un système de recharge ou sur un appareil électrique, attention à bien respecter le + et le -, c'est-à-dire la polarité des bornes.

Pour en savoir plus

Compléments techniques

Lexique

Adresses utiles

Compléments techniques

Electricité : formules de base

Deux formules sont utiles pour travailler avec les batteries :

La puissance : la puissance d'un appareil, c'est la quantité d'énergie qu'il utilise à chaque instant. On l'exprime en watts :

$$P = U \cdot I$$

P est la puissance en watts (w)

U est la tension en volts (V)

I est l'intensité du courant en ampères (A)

L'énergie est la quantité d'énergie fournie pendant une période donnée (par exemple, pendant une journée). Elle s'exprime dans notre cas en ampères-heures.

$$E = U \cdot I \cdot t$$

E : énergie contenue dans la batterie ou consommée par un appareil, en ampères-heures (Ah)

t : temps d'utilisation en heure (h)

Exemple d'une lampe de 11 watts / 12 volts : sa puissance est de 11 watts, sa tension est de 12 volts. On ne peut la brancher que sur une batterie de 12 volts. Lorsqu'elle fonctionne, cette lampe est parcourue par un courant électrique de 0,92 ampères (11/12). En fonctionnant durant 2 heures, cette lampe consomme une quantité d'énergie de 1,84 Ah.

Exemple d'une batterie de 24 volts / 50 Ah : cette batterie peut théoriquement alimenter un téléviseur de 40 watts / 24 volts durant 30 heures. En effet, ce téléviseur consomme un

courant de 1,67 ampères (40/24). Les 50 Ah peuvent fournir 1,67 ampères durant 30 heures (50/1,67). En fait, la batterie ne fournira qu'une partie de ces 50 Ah.

Méthode pour adapter la densité de l'électrolyte au climat

Les fabricants donnent des normes de densité d'électrolyte, un minimum et un maximum. En général, ces normes sont suffisantes. Il est possible d'adapter les valeurs minimales et maximales de la densité selon la température. On part pour cela du minimum et du maximum donnés par le fabricant et on applique la formule de calcul suivante :

1. Retranchez 25 à la température ambiante moyenne, et divisez le résultat par 1 000. Vous obtenez le nombre N1 :

$$N1 = (T - 25)/1000$$

2. Prenez la valeur de la densité maximum du constructeur, multipliez-la par 0,9548 et retranchez 0,4839 au résultat. Vous obtenez le nombre N2 :

$$N2 = 0,9548 \times (\text{densité max. fabricant}) - 0,4839$$

3. Pour obtenir la valeur maximale à adopter, prenez la densité maximum du fabricant et retranchez $N1 \times N2$ soit :

$$\text{Nouvelle densité max.} = \text{Densité max. fabricant} - N1 \times N2$$

Pour obtenir la densité minimale dont il faut tenir compte, appliquez la même méthode de calcul en remplaçant densité max. par densité min.

Améliorer l'état des accumulateurs en faisant une charge d'égalisation

Pour améliorer l'état des accumulateurs lorsqu'ils sont dégradés, on pratique une charge d'égalisation qui a pour objet de charger pleinement chaque accumulateur. Les difficultés d'une batterie proviennent en effet souvent d'un déséquilibre entre les accumulateurs qui la composent.

Il est d'ailleurs conseillé de réaliser périodiquement, par exemple tous les 3 mois, une charge d'égalisation.

La charge d'égalisation consiste à charger indépendamment chaque accumulateur. Il est nécessaire pour cela d'ouvrir la batterie pour accéder aux unités d'accumulateurs

qui la composent, ce qui réserve cette intervention aux professionnels.

Pour charger chaque accumulateur, on lui applique une tension de charge de 2,25V à 2,30V, (la tension nominale d'un accumulateur est de 2 volts), avec une intensité de courant limitée au dixième de la capacité C10 de l'accumulateur. Après une ou deux heures de charge, assurez-vous que l'intensité a baissé, ce qui signifie que l'élément a atteint sa tension de charge. Contrôlez la température de l'électrolyte sur trois ou quatre éléments, au cours de la charge.

Améliorer l'état des batteries ouvertes

Les batteries au plomb, dites batteries ouvertes, supportent le léger bouillonnement qui a lieu au début de la surcharge, pendant quelques minutes. Il est même recommandé par les fabricants de le provoquer de temps en temps (si possible une fois par mois, et au minimum une fois tous les six mois), en fin de charge, mais pas plus de quelques minutes, et à condition de ne pas dépasser les tensions limites entre les bornes. Cela permet de bien éliminer les sulfates un peu durs qui se seraient incrustés sur les plaques, et de réduire la stratification de l'électrolyte en couches denses et moins denses.

Informations complémentaires sur les régulateurs, les limiteurs de charge et testeurs...

■ Régulateurs

Le régulateur est le seul appareil qui contrôle la charge de la batterie de manière automatique. Si l'intensité du courant ou sa tension sont trop fortes et dépassent le seuil toléré par son réglage, soit il interrompt le courant de charge, jusqu'à ce que son intensité et sa tension retombent à des valeurs tolérées, soit il hache le courant, pour abaisser son intensité ou sa tension.

Tous les régulateurs coupent automatiquement la recharge lorsque la batterie est complètement chargée, sans que l'utilisateur ait à intervenir, et même en son absence.

Les régulateurs ont été mis au point pour protéger les batteries rechargées en-dehors du réseau, et sont encore très

peu distribués dans le commerce. Leur inconvénient majeur est leur coût.

Si la batterie utilisée est une batterie de "démarrage", conçue pour le démarrage des véhicules, ce qui est très souvent le cas dans les pays où le réseau est peu développé, le coût d'un régulateur est supérieur à celui de la batterie qu'il protège. Même s'il peut multiplier par deux ou trois sa durée de vie, cela représente un investissement initial au moins deux fois plus élevé. Cela en exclut très couramment l'usage pour les installations domestiques hors réseau par exemple.

Il faut toujours se renseigner sur la tension d'arrêt pour la charge sur laquelle le fabricant a réglé le régulateur, car celle-ci peut être plus ou moins bien adaptée au type de batterie utilisé. A noter qu'il existe des régulateurs où cette tension de coupure est réglable par l'utilisateur.

■ Testeurs

L'usage des testeurs pour le contrôle de la charge n'apporte aucune protection, excepté dans un cas très particulier.

Les testeurs ont un voyant lumineux qui ne fait que signaler la surcharge, mais si l'utilisateur n'est pas vigilant et s'il n'interrompt pas rapidement la charge, les dégâts sont immédiats. En outre, si son système de charge est trop puissant, il est impossible de recharger la batterie avec le seul testeur en protection. Dans les cas exceptionnels où le système de charge, panneau photovoltaïque par exemple, est de très faible puissance par rapport à la capacité de la batterie, on peut recourir au testeur.

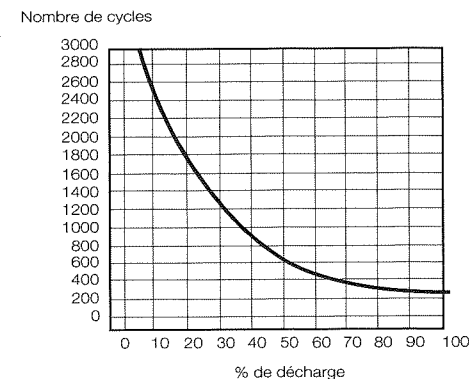
Plus précisément, l'intensité du courant qui entre dans la batterie ne doit pas dépasser la moitié de sa capacité donnée pour dix heures.

Exemple : un panneau délivre un courant de 3 ampères dans une batterie. Cette dernière devra être d'une capacité au moins égale à 60 Ah (cette batterie, en se déchargeant en 10 heures fournit un courant de 6 ampères). Une fois assuré que le courant de charge n'est pas trop fort pour la batterie, le testeur peut donner le signal de fin de charge, à condition que l'utilisateur soit vigilant et surveille l'apparition du voyant rouge de surcharge.

Mais attention, l'information donnée par les testeurs manque souvent de précision. On ne sait pas en effet à quelle tension exacte correspond leur signal de surcharge, et donc il se peut que, selon le type de batterie utilisée, l'indication qu'il donne corresponde à une surcharge réelle, ou au contraire à une charge incomplète.

La durée de vie de la batterie

La durée de vie d'une batterie dépend de la profondeur à laquelle elle est régulièrement déchargée - le graphique ci-après donne un exemple de cet effet.

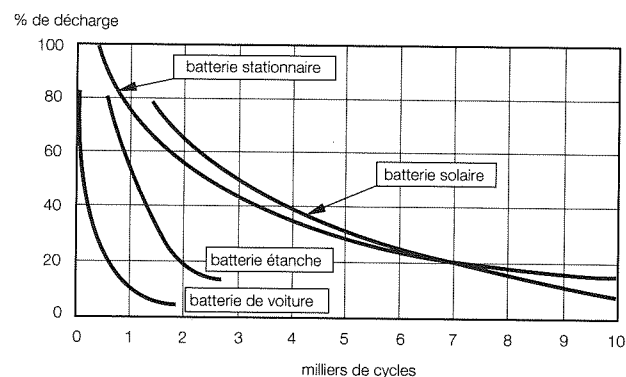


Par exemple, pour le type de batterie dont la courbe figure ci-dessus, on constate qu'en déchargeant à chaque fois la batterie à 80% de sa capacité, elle aura une durée de vie de 300 cycles, et aura donc rendu une énergie totale égale à 240 fois sa capacité nominale ($0,8 \times 300$).

La même batterie peut faire 1800 cycles quand on ne la décharge que de 20%. Dans ce cas, elle fournit une énergie totale égale à 360 fois sa capacité nominale, soit une économie de 50% !

La courbe ci-dessus ne peut pas être appliquée à toutes les batteries. Chaque type de batterie a ses propres caractéristiques. Voici une comparaison des différents types de batteries selon l'effet de la profondeur de décharge sur la durée de vie.

Durée de vie en fonction de la profondeur de décharge



On constate que les batteries de voiture ont une durée de vie moindre que les autres types de batteries (batteries stationnaires ou solaires). La durée de vie d'une batterie de voiture est toujours faible, même quand on la décharge peu.

Lexique

Accumulateur : le terme est parfois employé pour désigner la batterie toute entière, mais l'accumulateur est en réalité son élément de base. Une batterie standard est composée, à l'intérieur, de plusieurs accumulateurs montés en série (une batterie d'accumulateurs). Ainsi, une batterie de trois accumulateurs a une tension moyenne de 6 volts, une batterie de six accumulateurs a une tension de 12 volts, une de 12 a une tension moyenne de 24 volts.

Accumulateur chimique plomb/acide : c'est un type de batterie. Dans sa forme la plus simple, cet accumulateur est constitué de deux plaques, l'une en plomb spongieux, l'autre en oxyde de plomb, qui sont immergées dans une solution d'acide sulfurique appelée électrolyte.

Ampère (A) : c'est l'unité qui sert à exprimer l'intensité du courant.

Ampère-heure (1 Ah) : c'est la quantité d'électricité fournie par un courant de un ampère pendant une heure. 1 Ah : Ah est la forme écrite du terme ampère-heure.

Autodécharge : perte d'énergie spontanée de la batterie, sans qu'aucun appareil consommateur d'électricité soit branché. Elle est donnée en pourcentage de la capacité par mois. Elle augmente beaucoup avec la température.

Batterie : c'est un réservoir d'énergie électrique.

Batterie de démarrage : batterie de voiture.

Batteries stationnaires : groupe de batteries installées à poste fixe, souvent de grosses tailles.

Bornes (ou cosses) : sur une batterie (ou sur un accumulateur), c'est la partie qui sert à la connexion des câbles. Il y a deux bornes. La première, reliée à la plaque positive, est appelée borne positive. La seconde, reliée à la plaque négative, est appelée borne négative.

Branchement en parallèle : mode de connexion de plusieurs batteries identiques où tous les pôles positifs sont connectés ensemble et tous les pôles négatifs sont connectés ensemble. Dans ce cas, la tension du système est celle de chaque batterie, mais les capacités de toutes les batteries s'ajoutent.

Branchement en série : lorsqu'on relie par un fil électrique (un conducteur) le pôle + d'un premier accumulateur au pôle - d'un deuxième, on met en série ces deux accumulateurs, et on obtient, entre le pôle - du premier et le pôle + du second, une tension électrique qui est la somme des tensions entre les bornes de chaque accumulateur.

Capacité : c'est la quantité totale d'électricité qu'une batterie peut fournir après avoir été complètement chargée. La capacité se mesure en ampère(s)-heure(s) (Ah).

Charge : période pendant laquelle on approvisionne la batterie en électricité.

Court-circuit : le passage d'un courant électrique dans un objet qui n'est pas suffisamment dimensionné a des effets destructeurs. Il provoque un échauffement qui peut aller jusqu'à faire fondre l'objet en question (un fil électrique par exemple), ou bien le déformer, voire même le faire brûler. Aussi, lorsque l'on met en contact deux points d'un circuit qui ne doivent pas être mis en contact, on risque de provoquer un court-circuit. Un court-circuit entre les bornes de la batterie peut par exemple souder la pièce qui a fait contact (en la faisant fondre partiellement), ou bien détruire une partie de la batterie.

Cycle : c'est la suite d'une charge et d'une décharge. Après une phase de charge puis une phase de décharge, la batterie a parcouru un cycle.

Décharge : c'est la période pendant laquelle l'électricité de la batterie se vide pour alimenter des appareils électriques, lampes, radios, etc.

Décharge lente (utilisation en décharge lente) : une batterie est utilisée en décharge lente lorsque le courant consommé par les appareils d'usage est faible. Cela signifie que ces appareils sont peu puissants. C'est le cas par exemple d'un poste de radio. Cette décharge lente dure longtemps. Par opposition, la batterie d'un véhicule est utilisée en décharge rapide pendant un temps très court.

Décharge profonde : en fournissant de l'électricité, la batterie se décharge. Si la batterie fournit trop d'électricité, cette décharge provoque des dommages irréversibles : on parle alors de décharge profonde. C'est le cas lorsqu'on extrait plus de 80% de la capacité totale de la batterie.

Durée de vie (de la batterie) : c'est le nombre de cycles de charge et de décharge qu'elle peut supporter, avant de se détériorer en perdant sa capacité initiale. La durée de vie d'une batterie est nécessairement limitée. Le nombre de cycles qu'une batterie peut accomplir dépend de son type et de la manière dont elle est utilisée. Plus la batterie est déchargée profondément à chaque cycle, plus sa durée de vie est raccourcie.

Electrode : partie d'où se déclenche la réaction chimique. Dans le cas de la batterie, les plaques des accumulateurs sont des électrodes.

Electrolyte : c'est la solution acide dans laquelle plongent les plaques de l'accumulateur. Ce produit est très toxique.

Floating : une batterie est en utilisation floating lorsqu'elle est branchée en permanence sur le système de recharge, et que la recharge se déclenche automatiquement chaque fois que la tension baisse au-delà d'une limite très proche de la tension moyenne. Dans ce cas, si le générateur d'énergie est suffisant, la batterie ne se décharge jamais beaucoup, ce qui lui confère une longue durée de vie.

Intensité : c'est la puissance du courant. On l'exprime par un nombre d'ampères (A). Un gros appareil consomme un courant de forte intensité. Par exemple, un téléviseur couleur branché sur batterie consomme un courant de 8 ampères (8 A), tandis qu'un petit téléviseur noir et blanc a besoin d'un courant de 3,5 ampères (3,5 A) seulement.

Piles rechargeables : les piles sont de petites batteries, souvent de 1,5 volts, qu'on utilise dans les lampes torches

ou les petits appareils audiovisuels. Les piles rechargeables sont aussi appelées accumulateurs. Elles se différencient des piles usuelles que l'on jette une fois vidées de leur énergie.

Pôles : la plaque positive et la borne positive forment ensemble le pôle +, et inversement la plaque négative et la borne négative forment le pôle -. Le pôle est le lieu où la tension est la plus forte, qu'elle soit positive ou négative.

Profondeur de décharge : c'est la quantité d'électricité qui a été déchargée de la batterie, elle est donnée en pourcentage de sa capacité (ex : 80% indique une décharge profonde).

Rendement : le rendement est le rapport entre l'énergie consommée et l'énergie effectivement restituée. La perte d'énergie est transformée en chaleur. Le rendement d'une batterie est de l'ordre de 80%. Cela signifie qu'une batterie qui a consommé 100 ampères-heures lors de la charge ne peut en restituer que 80 au moment de l'alimentation d'appareils électriques.

Tension d'arrêt : c'est la tension qu'on fixe comme valeur limite en décharge ou en charge. La tension varie selon que la batterie est chargée ou déchargée. On utilise donc la valeur de la tension pour connaître approximativement l'état de charge ou de décharge de la batterie.

Tension électrique : les phénomènes électrochimiques qui agissent à l'intérieur de l'accumulateur ou de la batterie font apparaître une tension électrique entre la borne positive et la borne négative. On mesure cette tension en volts. La tension varie, selon l'état de charge de la batterie, autour de la tension moyenne. La tension électrique moyenne d'un élément d'accumulateur au plomb est de 2 volts. Elle ne doit pas monter au-delà de 2,60 V en fin de charge, ni descendre au dessous de 1,80 V en fin de décharge.

Volt (V) : mesure de la tension de la batterie.

Watt (W) : mesure de la puissance.

Adresses utiles

R&S RENEWABLE ENERGY SYSTEM	Lagedijk 26, 57005 BZ Helmond Hollande	tél. : 31 4920 23 335 fax : 31 4920 49 665
SOCIEDADE PORTUGUESA DO ACUMULADOR TUDOR SA	Rua Policarpo Anjos 62, Dafundo 1495 Lisbon Portugal	tél. : 351 1 419 8523 fax : 351 1 419 8581
SOLAR ENERGIE TECHNIK	Postfach 1180, 68222 Altlusheim Allemagne	tél. : 49 6205 3525 fax : 49 6205 3528
VERGNET SA	6 rue Henri Dunant 45140 Ingré France	tél. : 33 38 43 36 52 fax : 33 38 88 30 50
TOTAL ENERGIE DEVELOPPEMENT	24 rue Joannès Masset 69009 Lyon France	tél. : 33 7847 7272
BP SOLAR SYSTEM LTD	Aylesbury Vale Industry Park Farmbrough Close Soclake, Aylesbury, Bucks HP20 1DQ Royaume Uni	tél. : 44 296 26100 fax : 44 296 436241

CBS BATTERIES LD	Kirkdale Jouse East Gillibrands Skelmersade, WN8 9TT Royaume Uni	tél. : 44 695 22662 fax : 44 695 50179
FULMEN	18 quai de Clichy BP 306 92011 Clichy Cédex France	tél. : 33 47 30 85 00 fax : 33 47 30 85 12
HAGGEN BATTERIE AG	Coesterweg 45, 4770 Soest Allemagne	tél. : 49 2921 7030 fax : 49 2921 703423
MOLL BATTERIEN	Akumulatorennfabrik Moll Angerstrasse 50, Postfach 1120 8623 Staffelstein Allemagne	tél. : 49 9537 801 fax : 49 9573 3832
VARTA	Parc Evolic du petit Albi 95800 Cergy Saint Christophe France	tél. : 33 1 30 30 92 50 fax : 33 1 30 32 12 15
COMPAGNIE EUROPÉENNE D'ACCUMULATEURS (FULMEN)	18 quai de Clichy BP 306 92111 Clichy Cédex France	tél. : 33 1 45 19 23 00 fax : 33 1 45 19 25 53
TS BATTERIES	101 av. du général Leclerc BP 75 94502 Champigny sur Marne Cédex	tél. : 33 1 48 81 74 48 fax : 33 1 48 81 05 21

STÉCO	Bâtiment Euro Store 97 rue du moulin de Cage 92230 Gennevilliers France	tél. : 33 1 47 98 02 90 fax : 33 1 47 93 89 96
FIAMM	10 rue des Cévennes Silic 596 94663 Rungis Cédex France	tél. : 33 1 46 87 55 33 fax : 33 1 46 87 97 03
HOPPECKE SARL	1 rue Ampère ZI de la Grande Couture 95501 Gonesse Cédex France	tél. : 33 1 39 87 34 11 fax : 33 1 339 87 21 05
OLDHAM	rue Alexander Flemming ZI est BP 962 62033 Arras Cédex France	tél. : 33 21 60 25 25 fax : 33 21 73 16 51
SAFT DÉPARTEMENT ACCUMULATEURS INDUSTRIELS	156, avenue de Metz 93230 Romainville France	tél. : 33 1 48 43 93 61 fax : 33 1 49 42 34 00
CHLORIDE FRANCE SA DÉPARTEMENT BATTERIES INDUSTRIELLES	27, parc d'activités d'Alfortville Sud 94140 Alfortville France	tél. : 33 1 49 77 97 27 fax : 33 1 49 77 97 03
FULMEN COMPAGNIE EUROPÉENNE D'ACCUMULATEURS	18, quai de Clichy BP 306 92111 Clichy Cédex France	tél. : 33 1 47 80 85 00 fax : 33 1 47 30 86 05
BATTERIES AU NICKEL CADMIUM ERSÉ	5 rue de Malassise 77720 Mormant France	tél. : 33 64 66 87 88 fax : 33 64 01 63 73

Bibliographie

■ Rural Lighting

ITPower
Intermediate Technology Publications, en association
avec The Stockholm Environment Institute
ITP, 103 Southampton Row
London WC1B
4HH Royaume Uni

■ PV Battery Handbook

Hyperion Energy Systems
Entreprise Centre
Northmall, Cork
Irlande
tél. : 3353 21 397711
fax : 353 21 300401

■ The Power Guide

ITPower et université de Twente
Intermediate Technology Publications
103 Southampton Row
London WC1B 4HH
Royaume Uni

Sommaire

5. Introduction

CHAPITRE 1

11. Qu'est-ce qu'une batterie ?

11. Définition

12. Capacité d'une batterie

14. Choisir une batterie

16. Quelques types de batterie

CHAPITRE 2

23. Comment utiliser une batterie ?

23. Fonctionnement

39. Installation-branchement

46. Calculer la capacité de la batterie

CHAPITRE 3

59. Prolonger la durée de vie de sa batterie

59. Entretien des batteries

63. Faire le diagnostic d'une batterie

66. Conditions d'utilisation

71. Pour en savoir plus

73. Compléments techniques

79. Lexique

83. Adresses utiles

**Ouvrages parus
dans la même collection**

Créer une petite fromagerie

La fabrication artisanale
de farines infantiles

Préparer et vendre
des boissons traditionnelles

L'audiocassette et ses usages

De l'eau pour le maraîchage

La fabrication artisanale
d'huiles végétales