



Batteries - Bilan électrique

Voilà un chapitre un peu plus ardu, sur un sujet moins amusant et pourtant fondamental.



Le stockage de l'électricité évolue sous l'impulsion du grand marché des voitures électriques ou hybrides. C'est aussi un sujet de sécurité : pompes de cale, instruments de navigation, pilote automatique, feux de navigation, ...

L'objet de tous nos désirs est devenu un grand gourmand en énergie. On veut toujours plus : grand frigo, congélateur, écran de navigation, PC, éclairage agréable, pilote automatique costaud, puis faire des toasts, réchauffer sa barquette congelée aux micro-ondes, faire sa lessive, etc... Comme à la maison !

C'est possible, agréable quand on vit à demeure sur son bateau, mais il faut calculer son coup pour que ce soit fiable et que l'ensemble tienne la route.

Revoyons quelques définitions « simplifiées » avant de continuer :

Ampère (A): c'est l'unité de l'intensité instantanée du courant électrique (mon feu de mouillage consomme un ampère et non un ampère-heure).

Ampère-heure (Ah): c'est l'unité de volume électrique d'une batterie (ma batterie peut débiter 100 Ampères en une heure = 100 Ah ou 50 A en 2 heures = 100 Ah). C'est théorique et à ne pas faire sinon, la batterie est morte ...

Ou inversement la quantité de courant absorbée par un consommateur électrique (mon feu de mouillage a consommé 12Ah cette nuit car il était allumé de 18:00 à 06:00). Sur les batteries, cette caractéristique est exprimée en



capacité électrique sur 20 heures. Ex. ci-dessus pour une batterie de moto, on peut lire : Tension : 12V - Capacité électrique en 20h : 8Ah – Courant de démarrage (EN) : 10A

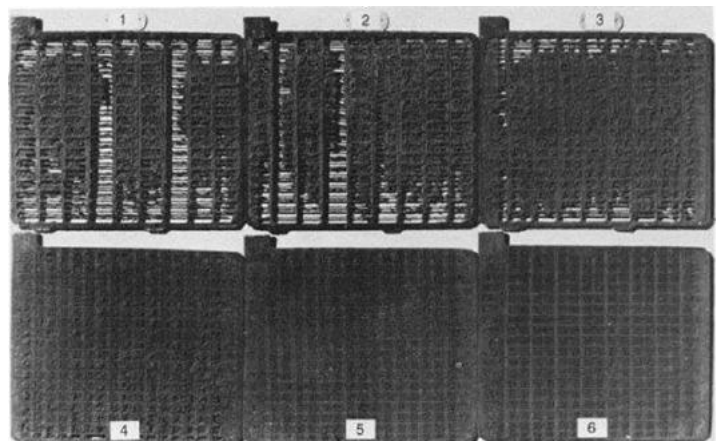
Volt (V): c'est l'unité de **tension** qui produit le flux électrique entre deux conducteurs. Je mesure avec un voltmètre une tension de 12,6 Volts entre les bornes de ma batterie.

Watt (W): c'est l'unité de **puissance électrique** produite par une intensité de 1 Ampère sous une tension de 1 Volt soit $P=U \cdot i$ ou en unités cela donne : 1Watt = 1Volt x 1Ampère. En pratique mon frigo qui consomme 4 A sous 12 V absorbe une puissance électrique de $4 \times 12 = 48 \text{ W}$. Inversement, mon feu tricolore qui consomme 24W sous 12 V nécessite un courant de $24\text{W}/12\text{V} = 2 \text{ A}$.

Cycle : décharge de la batterie à 50% suivi d'une recharge à 100%. Ex. : je consomme 50 Ah de ma batterie Delphi de 105 Ah et je la recharge à 100% = 1 cycle.

CCA : Cold Crank Amps = Courant de Démarrage à Froid. Ampérage disponible en 30 secondes à -18°C . C'est en général marqué sur la batterie ou dans ses spécifications. Ex. : CCA = 780 A. NB : il existe plusieurs normes CCA (DIN, BCI, IEC, ...). Comparer 2 batteries sous la même norme.

Sulfatation : action de dépôt de cristaux de sulfate de plomb sur les grilles internes de la batterie, empêchant la bonne recharge de la batterie et donc limitant sa capacité. L'image ci-contre montre 6 grilles à des degrés progressifs de sulfatation. Le plomb n'apparaît finalement plus.



BILAN ELECTRIQUE

Pour que l'installation électrique de son bateau soit cohérente, il faut d'abord faire un inventaire exhaustif de son équipement électrique actuel (dans un joli tableau Excel), puis y rajouter les équipements complémentaires que l'on souhaite installer dans le futur. La règle est simple : faire l'estimation de ses besoins électriques quotidiens pour calculer un bilan électrique. Il faut en réalité calculer plusieurs bilans, car la consommation durant une traversée est différente de celle au mouillage.



Aligner pour chaque consommateur : son besoin en courant en Ampères (A) et sa durée de fonctionnement prévue par 24 heures (en heures). La formule $P=Ui$ (puissance (Watts) = tension (Volts) x courant (Ampères) permet de trouver l'intensité en Ampères si les caractéristiques du consommateur sont données en puissance (Watts). On retourne aisément la formule : $P/U= i$ pour avoir l'intensité (A).

Ensuite pour chaque ligne calculer le volume total d'Ampères-heures nécessaire en 24 heures.

Exemples :

1) le feu de mouillage de 10 Watts (soit $10W/12V = 0,83 A$), brûlera en une nuit de 8 heures : $8 \times 0,83A = 6,64 Ah$

2) la pompe de cale consomme 10 A, quatre fois par jour durant 30 secondes (soit 2 minutes ou 0,033 heure) $\gg 0,033 \times 10A = 0,33 Ah$ (en effet, une forte puissance pendant peu de temps donne une consommation presque négligeable)

Parfois il faut extrapoler le temps de fonctionnement : frigo, congélateur fonctionneront plus sous les tropiques qu'au Spitzberg même en plein été et ce sont les plus gros consommateurs avec les PC.

Totaliser verticalement cette dernière colonne pour avoir le besoin journalier en Ampères-heures. Normalement la consommation totale en navigation est supérieure à celle au mouillage. On retiendra pour le calcul des batteries et des moyens de recharge, le bilan le plus gourmand.



BATTERIES

Tous ces Ampères-heures consommés à bord doivent sortir d'une boîte noire appelée « batterie ». Il faut la dorloter, car elle est précieuse et souffre en silence.

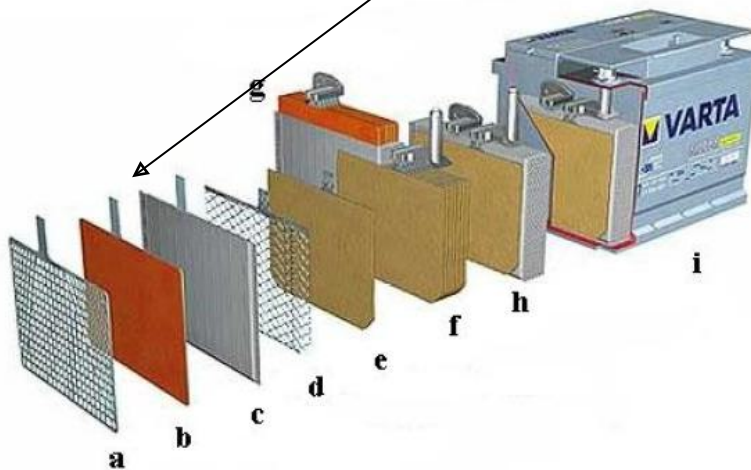
Constitution d'une batterie



Une batterie plomb-acide est constituée **d'éléments de 2 Volts**. Ils ont généralement mis en série de 6 éléments pour former une batterie de 6 éléments x 2 V = 12 V.

On trouve également des batteries de 6V (composées de 3 éléments), de 4V et de 2V. Ces deux dernières catégories sont généralement réservées à des installations de très grosse capacité (image ci-contre : [2V – 832 Ah Tecsup](#)).

Chaque élément est constitué de deux grilles de plomb (aujourd'hui amélioré avec du calcium). L'une est positive, l'autre est négative. Elles plongent toutes les deux dans un bain d'électrolyte acide (35% acide sulfurique et 65% d'eau). Voici un éclaté d'une batterie 12 V VARTA



- (a) Grille positive
- (b) Plaque plane positive, empâtée
- (c) Plaque positive dans une pochette en polyéthylène
- (d) Grille négative
- (e) Plaque plane négative, empâtée
- (f) Électrode négative
- (g) Faisceau de plaques positives
- (h) Élément Pb/PbO₂
- (i) Batterie de 6 éléments en série.

Si vous souhaitez en savoir plus sur le phénomène électrochimique qui s'opère dans une batterie : https://fr.wikipedia.org/wiki/Batterie_au_plomb

Quelle taille de batterie ?

Ou quelle capacité ma batterie doit-elle avoir pour faire fonctionner tous les appareils électriques durant les prochaines 24 heures ? En partant du principe théorique qu'on ne recharge cette batterie qu'une fois par 24 heures.

Il faut prévoir une batterie qui peut livrer tous les Ampères-heures nécessaires, sans descendre en dessous du seuil critique lié à sa technologie (voir les types de batteries ci-dessous).



Par exemple, pour une batterie plomb-acide, avec une consommation du bord de 82Ah par jour, la batterie devrait être de 205Ah. Ensuite il faut la recharger à bloc pour permettre une nouvelle journée de consommation. Pour la même consommation avec une AGM spiralisée ou une Lithium Phosphate de Fer, on pourrait se contenter d'une 110 Ah.

Ces valeurs restent théoriques, car au-delà des Ah disponibles sans détériorer la batterie, il faut prendre une **marge de sécurité**. Par exemple, pour une batterie plomb-acide dont on peut utiliser 50% de la capacité, on essaiera de ne pas consommer plus de 40%.

Au fur et à mesure de leur utilisation, les batteries se rechargeront moins (**phénomène de vieillissement** du aux cyclages, sulfatation des plaques, etc...). Il y a lieu d'en tenir compte et de majorer la capacité de sa batterie de certainement 20%. Par exemple, mon besoin journalier réel est de 160Ah, j'ajoute 20%, soit 192 AH pour disposer de mes 160 Ah, même avec une batterie vieillissante. Nous verrons plus loin que certains types de batterie permettent une décharge plus importante sans risque de vieillir prématurément. On adaptera le calcul de la taille de batterie en fonction de ce critère.

A 20°C, on peut se baser sur les valeurs suivantes, pour une batterie **non raccordée**, récente et en bon état (non sulfatée) :

- 12,80V = 100% de charge
- 12,55V = 75% de charge
- 12,32V = 50% de charge
- 12,18V = 25% de charge
- < 12V = décharge complète

Lorsque les besoins en Ah sont conséquents, on peut mettre en parallèle plusieurs batteries, dont les capacités vont alors s'additionner (banc de batteries). Il est impératif de coupler des batteries de marque, de type et de capacité identiques et si possible du même lot de fabrication (gravé sur la batterie).

Lorsque le bateau possède un ou plusieurs gros moteurs (winchs ou propulseur d'étrave électrique) et qu'il est long, il est plus logique de travailler en 24 V pour réduire la section des câbles (montage des batteries en série-parallèle).

Attention, si une batterie dans le banc faiblit ou passe en court-circuit, elle entraîne tout le banc dans la débâcle (voir plus loin : Mort d'une batterie). Il peut être laborieux de déterminer quelle est la mauvaise. Un bon contact entre la borne de la batterie et la cosse est important, il faut la serrer correctement avant de l'enduire de graisse anti-sulfatage.



Pour vous aider à détecter les défauts d'une batterie, on trouve sur le marché des analyseurs de batterie électronique (<https://amzn.eu/d/5sRVkdP>) qui vont mesurer une série de paramètres de la chère boîte noire.



Un interrupteur rotatif ou simplement des câbles permettent de démarrer le moteur sur les batteries de service si la batterie moteur déclare forfait.

Dans la réalité de la navigation, on recharge souvent la batterie bien avant de tomber au seuil de sa capacité de décharge. Plusieurs moyens sont examinés dans le chapitre sur les moyens de recharge. Ceci rallonge la durée de vie de la batterie.

Durée de vie d'une batterie

Elle va dépendre du nombre de cycles qui lui est imposé. Les conditions d'utilisation vont également influencer directement sur cette durée de vie : profondeur des cycles, accident de déchargement, température d'utilisation, ampérage et tension de recharge, etc...

On entend par cycle, le déchargement de 50% d'une batterie de service puis sa recharge à 100%. Le cycle d'une batterie de démarrage (traction) pourra descendre jusqu'à 80% de déchargement suivi d'un recharge à 100%. C'est, en principe, indiqué dans les spécifications de la batterie.

Les batteries ne sont pas égales devant le nombre de cycles. La conception et la qualité de construction peuvent largement faire varier le nombre de cycles théoriques.

Pourquoi théorique, parce qu'une décharge-recharge de moins de 50% ne comptera pas pour un cycle entier. Exemple : une décharge de 25% de la batterie suivi d'une recharge à 100% comptera pour $\frac{1}{2}$ cycle. Autrement dit 1 cycle = 1 décharge 50% suivi d'une charge à 100% = 2 décharges à 25% suivi de 2 recharges à 100%. Agir de la sorte permet d'allonger considérablement la longévité des batteries.

Pour mieux comprendre cet aspect important de la vie des batteries, voici un exemple plus parlant :

- une batterie plomb-acide déchargée de 15% avant d'être rechargée aura droit à 1200 cycles partiels de recharge
- une batterie plomb-acide déchargée de 35% avant d'être rechargée aura droit à 500 cycles partiels de recharge
- une batterie plomb-acide déchargée de 50% avant d'être rechargée aura droit à 250 cycles entiers de recharge

En théorie, une batterie qui n'est pas sollicitée et qui est maintenue chargée (floating) s'use très peu. Cela paraît un peu utopique, mais c'est le principe à suivre. Il est donc utile d'essayer de la maintenir chargée et d'essayer de compenser la consommation le plus souvent possible. Donc, il vaut mieux recharger ses batteries plusieurs fois par jour plutôt qu'une seule fois.

En grande croisière, pour un bateau solidement équipé, la durée de vie de batteries plomb-acide classique est de l'ordre de 18 à 24 mois au lieu de 5 ans en utilisation estivale.



Cyclages intempestifs

A moins que vous ne deviez laisser un consommateur en marche (alarme, feu de mouillage, ...), ne laissez pas l'éolienne ou les panneaux solaires en marche durant vos longues absences à bord. En effet, cela "cyclera" vos batteries inutilement. Une batterie moderne n'a que $\pm 3\%$ d'autodécharge sur 6 mois, alors le mieux est de tout couper et d'isoler les batteries.

Comment visualiser ma consommation et ma recharge ?

Il suffit d'installer un Voltmètre pour surveiller la tension de service du bord et démarrer la recharge à temps. Si la consommation et les batteries sont plus conséquentes, il faut s'orienter vers une jauge numérique de type Cristec, Victron ou Mastervolt ou autre qui donnera toute une série d'informations pour surveiller ses chères batteries.



Une batterie marine est différente d'une batterie de voiture ou différence entre une batterie de démarrage et de servitude

La batterie d'une auto sert avant tout au démarrage, la consommation du véhicule est ensuite entièrement compensée par son alternateur. Une batterie de ce type peut convenir pour le démarrage du moteur du bateau.

Une batterie marine est plutôt de type servitude. On lui demande d'entasser une charge électrique importante dans un minimum d'espace et de poids. Le tout en supportant une décharge profonde et un fort courant de recharge.

C'est pour tenter de remplir ce cahier de charge que la construction d'une bonne batterie marine est particulière. A commencer par les grilles qui forment les électrodes internes de la batterie et qui baignent dans l'électrolyte. Plus les grilles sont épaisses, plus la batterie pourra engranger d'électricité (capacité en Ah). Plus la surface de contact entre plomb et électrolyte est importante, plus elle pourra débiter d'ampères en instantané (CCA élevé). Les batteries à plaques tubulaires ont de grosses capacités et conviennent bien pour le démarrage et la servitude.

L'alliage des grilles a évolué dans le temps pour de meilleures performances (plomb-antimoine, grilles étirées, plomb-calcium). Les grilles étirées au Plomb-Calcium sont celle retenues actuellement pour les batteries au plomb-acide.

Notons également que la recharge de batteries dont les grilles sont en Plomb-Calcium nécessite une tension de 15V pendant un moment pour être rechargées à 100%. Ceci n'est pas pratique à bord car c'est beaucoup pour la plupart des consommateurs (ampoules, électronique). Les ampoules risquent de sauter plus rapidement.

Les bornes externes des batteries plomb/acide sont habituellement en plomb. Certains modèles proposent des bornes en inox fileté, plus facile à mettre en œuvre et à fixation solide.

Les batteries plomb-acide et les batteries à base de lithium ne sont pas sujettes à l'effet mémoire comme les batteries Ni-CD ou Ni-Mh. On peut les recharger sans problème après une décharge partielle.

La mort d'une batterie

Nous avons vu que la batterie 12 V était formée de 6 éléments de 2 V en série. Dans une batterie neuve, ces 6 éléments ont des caractéristiques identiques. Ils débitent et rechargent de la même façon.

Dans la vie de la batterie, la sulfatation ou la corrosion des grilles peuvent se développer différemment suivant les éléments. Il se chargera moins que ses voisins et donc se videra plus vite qu'eux. Si la décharge de la batterie est assez profonde et que la tension de cet élément devient nulle, la polarité des grilles va s'inverser et ce vilain canard va pomper scandaleusement l'électricité de ses congénères.



La fin est très rapide. Cet élément va chauffer fortement puisqu'il absorbe le courant de toute la batterie, les plaques de plomb vont se déformer et entrer en contact. C'est le court jus et la déflagration interne qui peut faire exploser la batterie si la concentration en hydrogène dans la batterie est suffisante ...

Ce cas de figure arrive rarement, mais il n'est pas exclu. La déflagration et l'aspersion d'acide qui en résulte sont extrêmement dangereuses.

Types de batterie plomb-acide

Batterie ouverte à électrolyte liquide (eau + acide sulfurique)

La plupart des batteries actuelles des bateaux de plaisance sont de type plomb-acide. Les batteries à électrolyte liquide avec bouchons (batteries ouvertes) permettent un accès au liquide. Cela permet de rajouter de l'eau et de mesurer la densité de l'électrolyte, donc la charge précise de la batterie. Ceci peut se révéler utile lorsque l'on vit sur le bateau, surtout sous les tropiques.



Sous ces latitudes, la batterie est en permanence à 30°C, favorisant une évaporation naturelle. La vie à bord sollicite fort les batteries, puisqu'elles doivent être rechargées tous les jours (cyclage + élévation de la T° lors de la charge > évaporation et dégazage). Il est impératif de vérifier régulièrement le niveau de l'électrolyte et de rajoutée de l'eau distillée si

nécessaire.

Ces batteries ne sont pas étanches et doivent être placées dans un bac qui recueillera les coulées acides éventuelles. En outre, elles doivent se trouver dans un endroit aéré, pas trop chaud. Je vous assure que c'est possible et que cela existe ...

Batterie scellée à électrolyte liquide (eau + acide sulfurique)

Le principe de fonctionnement est le même que la précédente batterie, mais elle est fermée et étanche. Dans cette batterie, l'oxygène et l'hydrogène, issus du processus électrochimique de décharge-recharge, se recombinent pour reformer de l'eau (recombinaison gazeuse). De ce fait, il n'y a pas de dégazage dans une batterie étanche. Toutefois, une valve de sécurité est prévue sur le boîtier en cas de surchauffe anormale due à une recharge incorrecte.

Nous utilisons ce type de batteries sous la marque DELCO (vendues aussi sous les marques Delphi, Freedom, Voyager ou Vetus). La petite bille verte ou noire supposée indiquer l'état de charge de la batterie n'est pas fiable. Elle est régulièrement bloquée.





Technologiquement ces deux types de batterie sont dépassés, mais il leur reste deux gros avantages :

- Elles ne sont pas chères, bien que leur prix ait monté sensiblement depuis 2007 à cause de l'augmentation du prix du plomb. Pour information, jusqu'en 2003, le cours du plomb était stabilisé autour de 500\$/tonne. Il a été multiplié par 7 en 4 ans pour atteindre 3.500\$/tonne en juillet 2007. Le cours a chuté depuis (autour de 2.100\$/tonne en 2010 autour de 1.950\$/tonne début 2020), mais le prix des batteries n'a pas chuté...
- Elles se trouvent relativement facilement en dehors des sentiers battus, ce qui permet de ne pas refaire un nouveau coffre à chaque changement du jeu de batteries...
- Elles conviennent généralement comme batterie de service et de démarrage.

A retenir :

- Limite utile de décharge : 50% de leur capacité nominale, sous peine de les détériorer.
- Courant de charge maxi : 10% de la capacité (ex. : 10A pour une 100 Ah).
- Nombre de cycles : 250 cycles à 50 % de décharge.



Batterie scellée à électrolyte gélifié

En gros, c'est la même batterie que la précédente, mais de la silice a été ajoutée au liquide eau-acide pour former un gel. Le comportement ionique de l'électrolyte en est modifié.



Avantages et inconvénients:

- Pas d'écoulement acide, même en cas de batterie brisée.
- Moins de sulfatation des plaques que les batteries électrolyte liquide.
- Supporte une décharge plus profonde.
- Convient plutôt comme batterie de service plutôt que démarrage (intensité instantanée moindre à cause de la densité de l'électrolyte).
- **Réglage de charge spécifique à ce type de batterie** (tension et courant) pour pouvoir les recharger totalement et surtout ne pas les endommager. En général, les chargeurs actuels offrent ce réglage. Ce n'est pas nécessairement le cas des régulateurs des alternateurs, panneaux solaires, éoliennes, etc... A vérifier.

A retenir :

- Limite utile de décharge : 80% de leur capacité nominale, sous peine de les détériorer.
- Courant de charge maxi : 25% de la capacité (ex. : 25A pour une 100 Ah).
- Nombre de cycles : 650 cycles à 50 % de décharge.



Batterie scellée AGM (Absorbent Glass Mat)

La batterie AGM (mat de verre gorgé d'électrolyte entre les plaques de plomb) est également une variante de celle à électrolyte liquide. Les plaques et les mats de verre sont en étroit contact physique.



Avantages et inconvénients:

- Pas d'écoulement acide, même en cas de batterie brisée.
- Pas de mise en court-circuit des plaques de plomb (déformation/chaleur induite par une charge intense). Les plaques ne peuvent se toucher puisqu'elles sont séparées physiquement par le mat de verre.
- Grande résistance aux chocs et aux vibrations, du à la conception même de la batterie.
- Grande intensité instantanée (CCA élevé) permettant le démarrage de moteur, même par très basse température.
- Mêmes spécifications de recharge que les batteries classiques acide-plomb > sont correctement rechargées avec tous les régulateurs.
- Résistance interne très faible > charge élevée peu exothermique.
- Recyclage interne de l'hydrogène et de l'oxygène (recombinaison).
- Moins de sulfatation des plaques que les batteries électrolyte liquide.
- Supporte une décharge plus profonde.
- Convient tant comme batterie de service que de démarrage.



A retenir :

- Limite utile de décharge : 80% de leur capacité nominale, sous peine de les détériorer.
- Courant de charge maxi : 25% de la capacité (ex. : 25A pour une 100 Ah).
- Nombre de cycles : 450 cycles à 50 % de décharge.

Batterie scellée AGM compressée



Évolution récente de la batterie AGM chez MasterVolt. Les batteries s'affinent par simple compression mécanique des plaques. Un résultat spectaculaire, car il est possible de stocker dans le bateau 30% de batteries en plus pour le même volume. Il existe 3 modèles de 115 à 185 Ah. Lire les spécifications sur [AGM Slimline de Mastervolt](#).



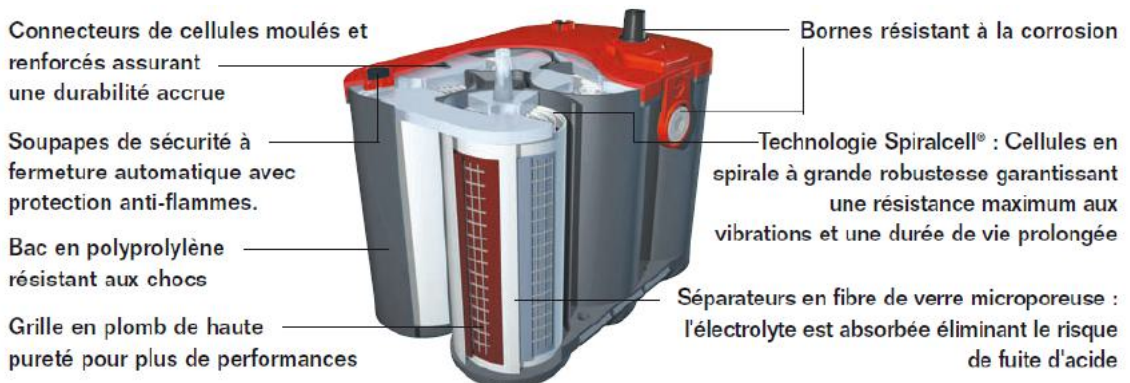
Batterie scellée AGM spiralée



Principe de la batterie AGM, mais ici les grilles en plomb ne sont plus planes mais enroulées sur elles-mêmes (spiralées). Elles sont de ce fait beaucoup plus longues et autorisent un courant de décharge très important qui en font les championnes de la batterie de démarrage. Elles sont toutes aussi bonnes comme batterie de servitude, car elles supportent une décharge très profonde. Une décharge occasionnelle à 100% n'est pas fatale et ne grève pas la durée de vie de cette batterie.



Cerise sur le gâteau, il n'y a pas de limite d'intensité (A) de charge tant que la température de la batterie est inférieure à 50°C !



Avantages et inconvénients:

- Pas d'écoulement acide, même en cas de batterie brisée.
- Même brisée, elle démarre un moteur.
- Conserve ses capacités de recharge même après une décharge de 100%.
- Pas de mise en court-circuit des plaques de plomb (déformation/chaleur induite par une charge intense). Les plaques ne peuvent se toucher puis quelles sont séparées physiquement par le mat de verre.



- Grande résistance aux chocs et aux vibrations, du à la conception même de la batterie.
- Très grande intensité instantanée (CCA élevé) permettant le démarrage de moteur, même par très basse température : CCA de 975 A pour une 75 Ah à -18°C – CCA de 1125A pour une 75 Ah à 0°C.
- Liaisons électriques internes entres éléments surdimensionnées pour pouvoir fournir un énorme CCA.
- Mêmes spécifications de recharge que les batteries classiques acide-plomb > sont correctement rechargées avec tous les régulateurs. Avec une sonde de température sur la batterie et un chargeur ou alternateur réglable, il est possible d'augmenter notablement le courant de charge et donc de réduire le temps de charge.
- Résistance interne très faible > charge élevée peu exothermique.
- Recyclage interne de l'hydrogène et de l'oxygène (recombinaison).
- Moins de sulfatation des plaques que les batteries électrolyte liquide.
- Convient tant comme batterie de service que de démarrage.

A retenir :

- Limite utile de décharge : 100% de leur capacité nominale, sans détérioration.
- Courant de charge maxi : illimité si température batterie < 50°C.
- Nombre de cycles : 750 cycles à 50 % de décharge.

REMARQUE IMPORTANTE : revenons un instant à notre calcul de détermination de la taille de la batterie du début de ce chapitre. Avec ce dernier type de batterie, il faut revoir notre copie puisque nous pouvons descendre à 50% de décharge en usage normal (et bien plus si nécessaire), une batterie AGM spiralée de 75 Ah peut mettre 40 Ah à notre disposition. De plus, il est possible moyennant un régulateur adapté et une sonde de température de raccourcir notablement la durée de recharge.

En comparaison, une batterie plomb-acide scellée genre Freedom ne peut descendre en pratique sous les 40% de décharge. Une batterie de 75 Ah de ce type ne mettra à notre disposition \pm 30 Ah. Soit la 25% de moins que l'AGM spiralée.

Ceci montre bien que face à une consommation électrique journalière donnée, la réponse sera différente en terme de type de batterie. Pour un besoin journalier de 120Ah par exemple, il faudra 4 batteries plomb acide classique de 75 Ah et seulement 3 batteries AGM spiralées de 75 Ah.



Batterie Lithium-Phosphate de fer (LiFePO4)

Issue de la technologie de nos téléphones, PC et autres caméras portables, cette technologie a bondi avec les besoins impérieux des automobiles électriques et hybrides. La Chine (encore) fournit l'essentiel du marché. Ces batteries sont probablement l'avenir pour nos bateaux.



Batterie de 12 V- 100 Ah - 330mm x 172mm x 220mm – poids 14kg – Courant de charge max : 50 A - Courant de décharge constant : 50 A - Courant de décharge instantané : 100A. BMS intégré. 2500 cycles.

Prix unitaire ±900 € chez [Victron](#) en France.



Batterie de 12 V- 150 Ah - 330mm x 173mm x 215mm – poids 14kg – Courant de charge max : 150 A - Courant de décharge constant : 150 A - Courant de décharge instantané : 380A. BMS intégré. Après 5000 cycles, 80% capacité restante. Cellules prismatiques.

Prix unitaire ±1500 € chez [Seatronic](#) en France.

D'autres montages sont possibles pour de plus grosses capacités. Un lecteur du site de Caramel s'est équipé d'un banc de 700 Ah sous 24V, un autre bateau est monté à 1.200Ah sous 24V. Leur expérience est très positive

On trouve facilement des batteries lithium aux mêmes dimensions que celles au plomb pour faciliter le remplacement. Seul le poids diffèrera et le nombre de cycles ...



Avantages et inconvénients

- Poids $\geq 50\%$ plus léger que batteries au plomb-acide.
- Taille $\geq 40\%$ plus petite que batteries au plomb-acide.
- Nombre de cycles considérable.
- Grande résistance aux chocs et aux vibrations, du à la conception même de la batterie.
- Mêmes spécifications de recharge que les batteries classiques acide-plomb > sont correctement rechargées avec tous les régulateurs grâce au BMS intégré à la batterie.
- Pas d'effet mémoire.
- Non-toxique.
- Pas de risque d'explosion.
- Pas de risque de surcharge ou de court-circuit.
- Existe en de multiples formats et tensions.
- Supporte des décharges profondes.
- Peut convenir comme démarrage également.
- Pas d'électrolyte liquide.
- Installation simplifiée du à l'absence d'acide.
- N'aime pas les températures négatives...

A retenir :

- Limite utile de décharge : 80% de leur capacité nominale, sans détérioration.
- Courant de charge très élevé > peut faire chauffer l'alternateur > il est conseillé d'installer un « chargeur d'alternateur » avec sonde de température entre la batterie et l'alternateur (+-600€). Voir par exemple la [gamme chez Seatronic](#).
- Nombre de cycles : 2500 à 5000 cycles à 70 % de décharge. A vérifier sur la fiche technique de la batterie envisagée.

REMARQUE IMPORTANTE : notre calcul de détermination de la taille de la batterie du début de ce chapitre est à nouveau à revoir compte tenu des caractéristiques de ces batteries. Nous pouvons descendre à 80% de décharge (voire plus), une batterie lithium de 100Ah met facilement 80Ah à notre disposition. De plus, la recharge à plus haute intensité permet un temps de recharge notablement plus court.

En comparaison, une batterie plomb-acide scellée genre Freedom ne peut descendre en pratique sous les 40% de décharge. Une batterie de 100Ah de ce type ne mettra à notre disposition que ± 40 Ah. Ceci indique que le parc batterie lithium peut être réduit de moitié par rapport au parc batteries plomb acide classiques.

Par ailleurs le nombre de cycles théorique (au min. ± 2500) est 10x plus important qu'avec des batteries plomb acide classiques (± 250) et 3,5x plus important qu'avec la batterie AGM spiralée (± 750).



Avril 2020 : Jean-Louis (qui tourne autour du monde) me fait suivre son expérience de l'utilisation de 3 batteries lithium sur son catamaran

« Nous voilà donc fin août à Papeete pour récupérer nos nouvelles batteries Lithium venant de Nouvelle Zélande. Il était temps car les anciennes AGM n'en pouvaient plus et nous devions demander constamment assistance au groupe électrogène même en coupant frigo/congélateur la nuit. Elles ne prenaient plus que très peu la charge de nos panneaux solaires (800 W) bien qu'elles n'avaient pas encore atteint deux années de service.

J'ajoute un paragraphe succinct sur ce sujet pour ceux qui sont intéressés et je sais qu'il y en a. Je dois d'abord reconnaître que mon parc de batteries AGM (3 x 100 Ah) était notoirement insuffisant vu l'utilisation intensives et les équipements du bord : frigo – congélateur – pilote – télévision – dessalinisateur – machine à café etc... C'est d'ailleurs la raison essentielle de la faible durée de vie des batteries que nous avons constatée qui n'est d'ailleurs pas en contradiction avec les données techniques du constructeur (nombre de cycles à 50 % de décharge). En fait, j'aurais dû doubler la capacité, ce que je n'ai pas voulu faire compte tenu de l'emplacement disponible et du poids supplémentaire. Dans ce cas, elles auraient probablement duré 3 ans.

Les nouvelles batteries Lithium (3 x 100 Ah également) sont beaucoup plus légères et sont l'équivalent de 600 AH en batteries plomb pour la simple raison qu'elles acceptent des décharges profondes sans dommages. En dépit de l'usage intensif que nous en faisons depuis 6 mois maintenant, je les recharge rarement en dessous de 50 % et pratiquement tous les soirs elles sont à près de 100% de charge grâce à nos panneaux solaires. Le groupe ne tourne pratiquement plus sauf pour l'entretenir et compenser les journées sans soleil, ce qui est plutôt rare dans la région.



Autre caractéristique remarquable, elles acceptent les fortes consommations comme la machine à café ou le relevage de l'ancre avec le guindeau. Elles



prennent également beaucoup mieux la charge, jusqu'à 40 A avec les panneaux solaires au meilleur de la journée ou 150 A avec le groupe électrogène.

Du point de vue comparaison économique, c'est vrai qu'elles sont chères (quatre fois le prix d'une batterie plomb) mais quand on en fait un usage intensif et qu'on y regarde de près, ça se traduit incontestablement par une économie substantielle. D'abord parce qu'on peut se limiter à la demi capacité en plomb, ce qui ne multiplie plus le prix que par deux et que par ailleurs le nombre de cycles charge/décharge est grosso modo multiplié par cinq au minimum (2500 cycles au moins contre 500 pour les meilleures batteries plomb). Et je ne parle pas des économies de gas-oil du groupe électrogène, environ 50 l/mois.

Je dois ajouter qu'il faut tenir compte de quelques contraintes d'installation :

- *Il vaut mieux opter pour des batteries avec système d'équilibrage des cellules incorporé. Dans ce cas, il y a juste à remplacer les anciennes batteries plomb par celles au lithium.*
- *Il faut quand même ajouter un relais de contrôle de tension pour s'assurer que les cellules restent dans la plage d'utilisation, sinon risque de détérioration irréversible (relais BMS : battery management system). Ce système est aussi incorporé sur certaines batteries.*
- *Par sécurité, il est impératif de mettre un fusible par batterie en cas de branchement en parallèle (voir image de droite ci-dessus).*

Excellente documentation (en FR) sur le site Victron :

https://www.victronenergy.com/upload/documents/Lithium_Battery_Smart/15958-Manual_Lithium_Battery_Smart-pdf-fr.pdf

Si vous m'avez trouvé trop succinct, n'hésitez pas à me demander des précisions supplémentaires : <https://blogdemathusalem.blogspot.com/> »

Merci à Jean-Louis de « Mathusalem 2 » pour cet intéressant retour d'expérience.



Avril 2022 : en janvier de cette année, j'ai « construit » une batterie LiFePO4 (lithium Fer Phosphate) de 12V - 200 Ah avec mon beau-fils pour son Van.

Les éléments de cette batterie ont été achetés en Chine sur Ali Express. Ils se composent de :

- 4 [éléments de 3.2V-200Ah](#) + barrettes de connexion pour 790€ transport inclus (avril 2022).
- 1 [BMS 100A](#) + sonde de température pour 64€ transport inclus (avril 2022).

Total 854€. Une batterie lithium 12V-200Ah pré-montée avec BMS intégré et app de gestion vaut +-1.200€ (avril 2022). Exemple : [Ultimatron Lifepo4 Smart](#).

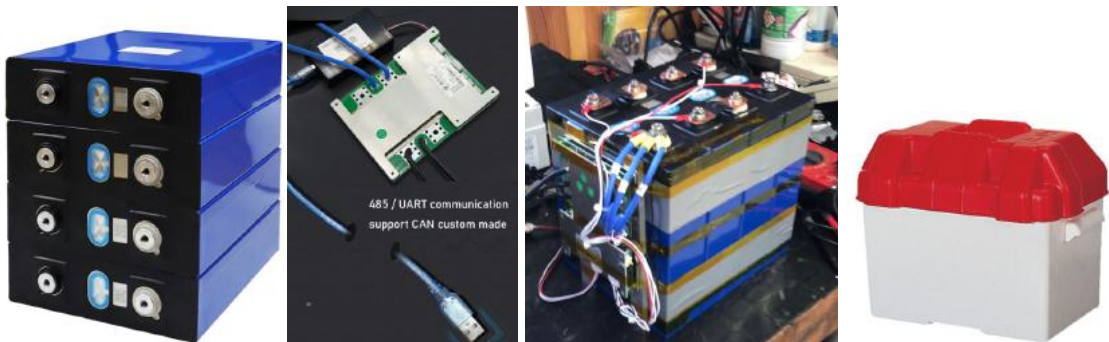
Disons tout de suite que le but était d'avoir une batterie de 200Ah à la moitié du prix d'une batterie Lithium de marque déjà toute équipée. Le matériel ayant été acheté en été 2021, ce but était atteint. Mais le prix de ces composants a considérablement augmenté depuis lors et le gain se limite actuellement à +-30%.

Le montage n'est pas compliqué mais l'aspect final, une fois l'ensemble solidarisé au Duck ape, a une allure de fragilité un peu effrayante. Une fois calé avec du polystyrène dans un bac à batterie à 15€ (AD), la confiance revient...

Il est préférable de procéder au paramétrage via l'application Windows. Ceci nécessite l'achat du module UART (12€) pour se raccorder en USB. Un module Bluetooth est disponible (9€) avec une app gratuite IOS ou Android, il permet la surveillance du BMS et de la batterie ultérieurement.

Une connaissance de base en électricité est tout de même requise, mais tutos sur le Net. La batterie est raccordée à un chargeur-convertisseur 220 V Victron + alternateur + panneaux solaires 240 W. Tout ce petit monde s'entend bien...

PS : après 3 mois, une cellule sur 4 est déjà déséquilibrée > plus de charge à 100%. GRRRR...



Mai 2022 : Thierry qui navigue en grande croisière depuis un moment nous fait le plaisir d'un retour d'expérience sur l'utilisation des batteries lithium sur son catamaran.

Batterie : j'ai installé 2 batteries de marque Energie Mobile lithium de 200 A /12v en parallèle en janvier 2021. (1250 € pièces). C'étaient les nouveaux modèles avec connexion Bluetooth sur les BMS.

Je les ai fait reprendre par le fournisseur quatre semaines après les avoir installés pour plusieurs raisons :

1. J'ai paramétré mon chargeur convertisseur Victron Multiplus compact (de 2019) en mode batterie lithium. Il n'arrivait pas à charger les batteries correctement à 100 %. Le technicien Victron accusait les BMS des batteries premier prix d'être en « conflit » quand plusieurs batteries sont branchées en parallèle (série c'est pire) et suspectait la qualité des cellules. Le fabricant et distributeur n'a pas eu de réponse concrète (on n'a jamais de problème, etc.)
2. Je n'arrivais pas à les charger à 100 % avec les panneaux solaires.
3. Les BMS sont connectables sur smartphone via application. On peut surveiller la température, l'équilibrage des cellules, etc. Or au bout de deux semaines, une des batteries n'affichait plus de 190 A en charge max au lieu de 200...

J'ai rendu les deux batteries. Après analyse, le fournisseur m'a indiqué qu'il y avait bien un conflit entre les BMS.

Après ces péripéties, j'ai rencontré Mathieu Ducasse (H2EM – Carcassonne – 0679649187) qui est grossiste Victron pour les pro (magasin AD, etc.)

Il vend aussi en direct au particulier si le client n'a pas déjà contacté un revendeur et il fait également les installations (bateau, site isolé, etc.)

J'ai cassé la tirelire et hormis les deux panneaux solaires de 400 w [Sunpower Maxeon](#), j'ai refait toute l'installation et installé uniquement du Victron pour avoir une bonne cohérence.

Voici ce qui m'a plus dans le système Victron :

Les deux batteries [Victron Smart Lithium de 200 Ah](#) ont un câble spécifique pour se connecter entre elles. Ce câble est ensuite relié à un seul [BMS VE.Bus](#) externe. Chaque batterie a un système indépendant de contrôle de température, d'équilibre de charge de tension, etc. Elles communiquent les infos au BMS central.

Pour la consommation électrique : le [Battery Protect](#) protège les batteries des tensions trop basses ou trop élevées. C'est un genre de relai de 220 A /12 V connecté entre les batteries et le tableau électrique et géré par le BMS VE.Bus.



Pour la charge des batteries :

Le BMS VE.Bus contrôle :

1. Les 2 [SmartSolar MPPT 100/30](#) connecté sur les 2 panneaux solaires de 400w.
2. Le chargeur isolé [CC-CC Orion-TR Smart](#) qui est connecté à la batterie du moteur tribord (j'ai un cata...).
3. Le [Cyrix Li-ion](#) connecté au [chargeur d'alternateur Sterling](#).
4. Le chargeur convertisseur [Multiplus](#).

Cela peut paraître une usine à gaz au premier abord mais je pense que le BMS Ve.Bus qui gère les producteurs et consommateurs évite bien des problèmes et protège les batteries lithium qui sont ainsi chargées à 100% dans les règles de l'art. Tout est paramétrable en Bluetooth via smartphone.

Mon installation a un an et je n'ai aucun problème à ce jour malgré les 38° dans le bateau.

Concernant les panneaux solaires [Sunpower Maxeon de 400W](#), ils débitent 70/72 volts. Il faut donc un câble de 6mm². Ils produisent correctement même avec une couverture nuageuse totale.

Pourquoi 2 SmartSolar MPPT 100/30 pour réguler 2 panneaux solaires ? Pour éviter des conflits de charge entre les 2 panneaux. L'un est paramétré en maître et l'autre en esclave.

Concernant le chargeur d'alternateur Sterling : il est connecté à l'alternateur moteur de 80A. Il y a une sonde de température sur l'alternateur et une sur une batterie. La charge peut monter à 50 A mais jamais plus de 10 mn. J'imagine que l'alternateur chauffe un peu. La charge redescend autour de 25 A ensuite.

Le chargeur Orion est moins performant, max 25A, moyenne 15/18A. L'approche est différente du Sterling puisqu'il consomme le courant sur la batterie moteur et donc force l'alternateur à produire plus de courant.

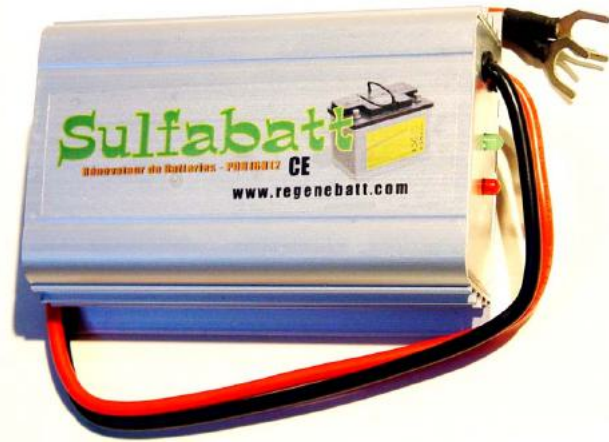
thierry.amiel.f.f@gmail.com



Comment désulfater les batteries plomb-acide ?

Et leur donner une nouvelle espérance de vie. Deux pistes en lice. Elles ne font pas l'unanimité des intéressés.

- 1- **Désulfatage électronique** : un petit boîtier branché aux bornes de la batterie envoie des impulsions électriques réglées sur la fréquence de résonance des cristaux de sulfate de plomb collés aux grilles de plomb. Ceux-ci sont supposés tomber au fond de l'électrolyte.



Destiné aux batteries encore en bonne santé pour les maintenir dans cet état. Limité aux batteries < 130Ah. Un boîtier par batterie.

Je vous laisse le soin de vous faire votre propre opinion. A vendre sur le net et dans les ships.

2- Désulfatage chimique :

Technique soft :

- s'équiper : ciré complet – bottes – gants – masque et cagoule de plongée – tuba
- vider la batterie de son électrolyte dans un bac en plastique
- filtrer l'acide au travers d'un filtre à café permanent (en nylon dans les grandes surfaces)
- rincer plusieurs la batterie avec de l'eau distillée
- remettre l'électrolyte filtré et faire l'appoint avec de l'électrolyte frais
- recharger durant 48 heures avant utilisation



Technique hard :

- s'équiper : ciré complet – bottes – gants – masque et cagoule de plongée – tuba
- vider la batterie de son électrolyte dans un bac en plastique
- filtrer l'acide au travers d'un filtre à café permanent (en nylon dans les grandes surfaces)
- rincer la batterie avec de l'eau distillée
- mettre une cuiller à café d'**EDTA Na4*** en poudre dans chaque élément
- verser de l'eau distillée chaude (50°) dans les éléments
- laisser agir plusieurs heures dans une ambiance à au moins 20°C
- à la fin de la réaction, vider, re-rincer à l'eau distillée
- remettre l'électrolyte filtré et faire l'appoint avec de l'électrolyte frais
- recharger durant 48 heures avant utilisation



* **EDTA Na4** : acide ethylene-diamine-tetraacetic : 50 gr pour une batterie de 100 Ah. En vente sur Ebay ou dans les labos de chimie. Peu cher.

Le [Sulfasodium](#) vendu en France par [Regenebatt](#) semble avoir le même effet.

La technique chimique semble fonctionner, mais ne pas attendre de miracle de ces techniques, car lorsque les grilles de plomb sont détériorées, rien n'y fera.



Recyclage des batteries plomb-acide

Allons-y pour une touche écolo indispensable ...

Les batteries se recyclent très bien et avantageusement. Pratiquement tout est retraité :

- le boîtier est de polypropylène est concassé en granulés qui peuvent servir à nouveau
- les grilles sont broyées pour séparer le plomb du sulfatage. Il est fondu et donne un métal pur à 90%
- le sulfatage est traité avec du carbonate de sodium pour former du sulfate de sodium anhydre qui est utilisé dans la fabrication des détergents et du verre
- l'acide sulfurique est retraité pour entrer dans la fabrication de nouvelles batteries

Pour en savoir beaucoup plus

Si la technique vous intéresse, je conseille de télécharger le remarquable cahier « **Energie sans limite** » de Reinout Vader, publié en français par Victron Energy. La problématique des batteries y est soigneusement traitée. C'est gratuit et ça peut rapporter gros :

<https://www.victronenergy.fr/upload/documents/Book-Énergie-sans-limites-FR.pdf>



Conclusions

Plusieurs possibilités de batteries s'offrent à vous. Pour faire un bon choix, il convient de déterminer d'abord les besoins électriques journaliers dont vous aurez besoin grâce au bilan électrique.

Ensuite déterminer la taille et le nombre de batteries nécessaires suivant le type de celles-ci. Nous avons vu plus haut que le nombre d'Ah disponibles dans une batterie dépend du type de celle-ci.

Un petit calcul fera apparaître le prix unitaire (théorique) des Ah durant la vie d'une batterie suivant la formule :

Prix moyen batterie de qualité en 2023 / (Ah disponibles durant 1 décharge x nombre de décharges)

Ce qui donne pour une batterie **Pb/acide classique** de 100Ah:

40Ah x 250 cycles = 10.000Ah pour 160€ = 0,01600€/Ah soit **1,60 €cent./Ah**

Ce qui donne pour une batterie **Pb/acide AGM spiralée** de 75Ah (Optima):

37Ah x 750 cycles = 27.750Ah pour 300€ = 0,011€/Ah soit **1,10 €cent./Ah**

Ce qui donne pour une **batterie lithium** de 100Ah (Seatronic):

70Ah x 3.000 cycles = 210.000Ah pour 1.000€ = 0,0047€/Ah soit **0,47 €cent./Ah**

Il apparaît que malgré un prix d'achat très élevé, la batterie au lithium (de qualité) est plus de trois fois moins chère à l'usage qu'une plomb/acide classique et plus de deux fois moins chère qu'une AGM spiralée.

En outre, la longévité du parc batterie est très importante, car si vous pouvez naviguer durant 6 ans au lieu de 2 avec le même parc, cela vous facilitera sérieusement la vie. Les batteries lithium aussi sont celles qui « vivent » le plus longtemps. Le changement du parc n'est jamais facile dans les endroits déshérités. De plus, elles seront chères et de piètre qualité.

Vous aurez conclu vous-même que le bon choix en grande croisière aujourd'hui est la batterie lithium, même si elle est nettement plus chère. Il y a peu de chance que cela change dans les années à venir car son prix est à la baisse ou stable au pire.

S'il ne faut retenir qu'un seul conseil : **partez avec des batteries neuves** (moins d'un an). J'ai vu bien des bateaux changer avec difficulté et au prix fort leurs batteries à Dakar, Mindelo, Salvador ou dans l'arc antillais.

Création : Février 2010 - **Dernière mise à jour** : mai 2023

Crédit photos : Patrick – Jean-Louis – Thierry - Internet

Contact : patrick@amelcaramel.net

