

# Batteries au Lithium 4

## La Charge de la Batterie

v1.0 - Janvier 2018

Philippe Jeanmaire - [philippe@jeanmaire.com](mailto:philippe@jeanmaire.com)

Publié sur blog de TAO - [www.taosailing.com](http://www.taosailing.com)



*Systèmes de charge sur TAO*

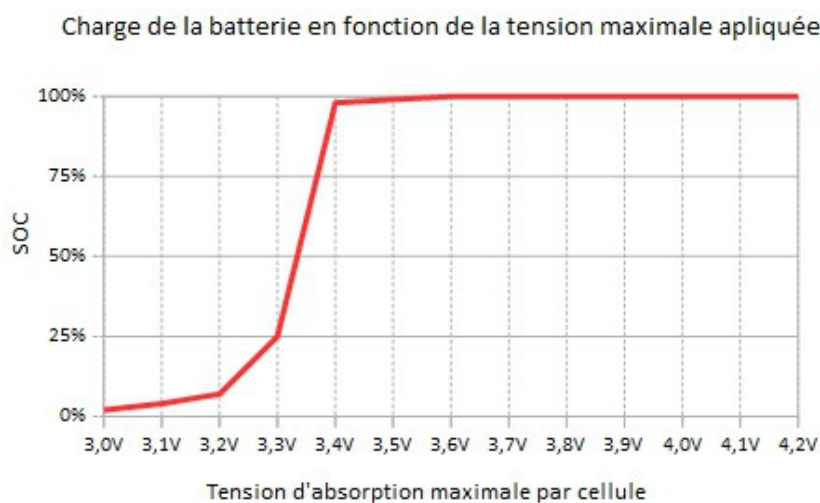
Rien de plus simple que de charger une batterie au lithium :

- Vous la connectez à une source de courant continu dont le courant maximum est limité à 0,3C (120A pour une batterie de 400Ah) et la tension maximale limitée à 13,8V
- Quand la tension atteint 13,8V et que le courant chute à 0,025C (10A pour une batterie de 400Ah), vous arrêtez la charge.
- Une fois que la batterie est déchargée à 20% SOC, vous recommencez...

Bon... en pratique les systèmes de charge qui ont été conçus pour les batteries au plomb ne sont pas capables d'opérer de cette façon. Mais avec des choix judicieux de matériel et quelques précautions on peut s'en approcher. L'important est d'assurer une bonne charge de la batterie, sans la sur-charger et en restant dans la plage de fonctionnement des chargeurs.

Dans cet article, après un rappel des caractéristiques de charge d'une batterie au lithium je vais détailler les précautions à prendre pour utiliser les équipements existants, et enfin aborder le cas spécifique de l'alternateur.

## Caractéristiques de charge d'une batterie au lithium

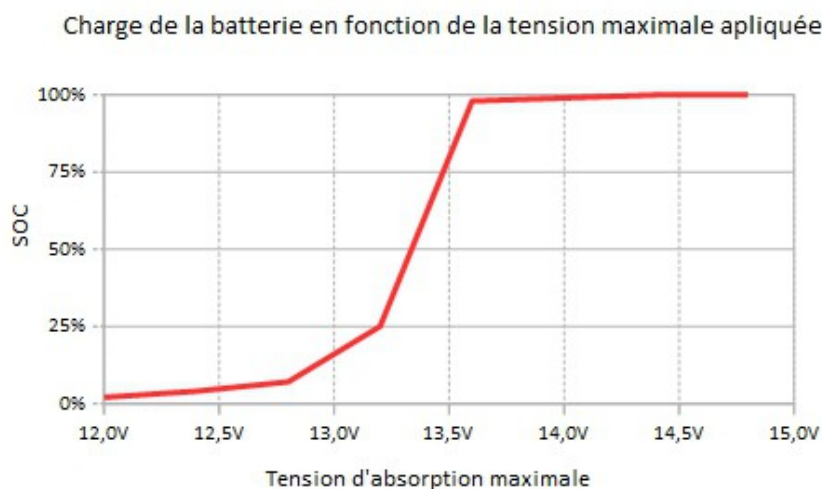


*Cellule de 3,2V*

Ce graphique est extrait des données publiées par Powerstream en 2014 - [www.powerstream.com](http://www.powerstream.com) - qui a testé quatre marques de cellules au lithium en les chargeant avec différentes tensions maximales (de 3,0V à 4,2V) et en mesurant l'état de charge ainsi obtenu (SOC%). Les résultats pour les différentes marques sont très proches les uns des autres et j'ai ici représenté une courbe médiane.

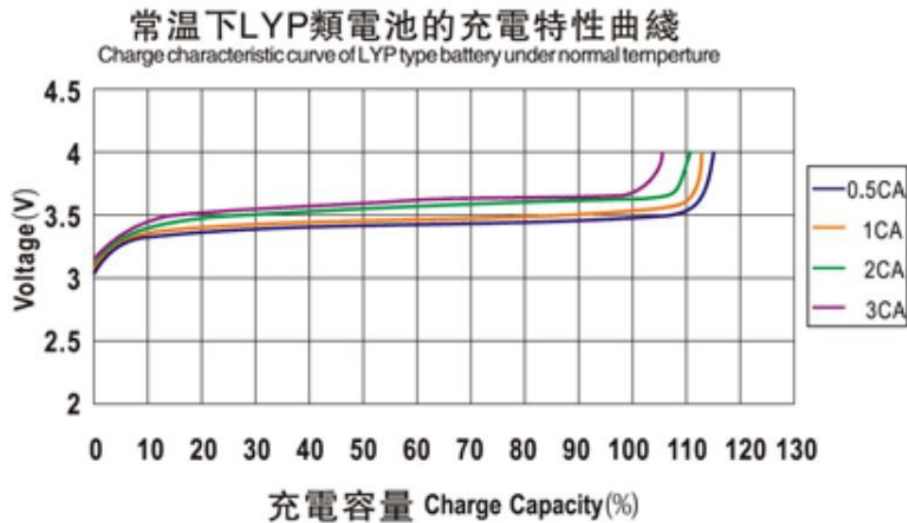
Ce que nous pouvons déduire de cette expérimentation pour une batterie de 12 volts (4 cellules en série) :

- 13,2 volts (3,3 volts par cellule) est insuffisant pour charger la batterie
- 13,6 volts (3,4 volts par cellule) est suffisant pour charger la batterie à près de 100% SOC
- Une tension supérieure à 13,8 volts (3,45 volts par cellule) va certainement charger la batterie plus rapidement, mais est suffisante pour la surcharger.
- A 0,1 volts près on passe de la sous-charge à la surcharge d'une cellule. Il est donc utopique de vouloir éviter la surcharge en ajustant la tension, tout en assurant une charge proche de 100% SOC.



*Batterie de 12,8V (4 cellules en série)*

Jusqu'à ce que le niveau de charge atteigne 90-95% la tension d'une cellule au lithium varie très peu et elle absorbe tout le courant qu'on lui fournit.



Batterie Winston: Courbes de charge à courant constant

## Comment charger une batterie au lithium :

C'est une charge en deux phases :

1. Courant constant (CC) : on limite le courant à 0,3C ou moins alors que la tension augmente très lentement jusqu'à la tension maximale définie (entre 13,8 volts et 14,0 volts)
2. Tension Constante (CV) : la tension est fixe (13,8 volts) et le courant va rapidement diminuer - la batterie est pleine (100% SOC) quand le courant tombe en dessous de 0,025C.

La plupart des systèmes de charge que nous avons sur nos voiliers nous permettent de nous approcher de cette situation idéale :

- Le courant maximal est défini par les spécification du chargeur / régulateur
- Ils permettent de limiter la tension maximale
- Mais il n'y a généralement pas d'option pour arrêter la charge en fonction du courant résiduel

### ***Est-ce que la batterie atteindra 100% SOC si je ne la charge qu'à 13,8V ?***

Rod Collins (<https://marinehowto.com>), un ingénieur spécialiste en électricité marine qui installe et teste des batteries au lithium depuis de nombreuses années, fait régulièrement des tests de capacités sur un parc de batteries au lithium de 400Ah (Winston). A température ambiante de 25°C il charge la batterie à 13,8V et arrête la charge lorsque le courant tombe à 10A (0,025C). Il mesure le temps de décharge de la batterie avec un courant constant de 30A et arrête quand la tension atteint 11,2V (2,8V par cellule). La capacité est le temps de décharge x 30A.

Après 550 cycles la batterie fournit 419Ah !! pas mal pour une batterie de 400Ah...

***Donc si la batterie peut délivrer plus que sa capacité nominale en la chargeant à 13,8V, pourquoi lui appliquer une tension supérieure et risquer de la détériorer ?***

Les batteries n'ont pas besoin d'être rechargées à 100% pour bien se porter - elles préfèrent être entre 50 et 60% SOC. Je charge ma batterie lithium à 100% SOC approximativement une fois toutes les six semaines pour valider l'étalonnage du contrôleur de batterie et contrôler l'équilibrage des cellules.

## Précautions à prendre avec les équipements existants

### La charge en trois phases

La plupart des chargeurs et régulateurs sont programmés pour charger une batterie en trois phases :

1. Courant constant (Bulk) : le courant maximal est fourni jusqu'à ce que la tension atteigne un certain niveau (tension bulk)
2. Tension constante (Absorption) : La tension est fixe (tension d'absorption) alors que le courant baisse progressivement - la durée de cette phase est souvent fixée en temps
3. Tension de maintien (Float) : une tension plus basse est appliquée à la batterie pour la maintenir chargée

Deux challenges se présentent à nous : comment arrêter la phase d'absorption avant que la batterie soit en surcharge, et comment éliminer la phase Float.

### Arrêt de la phase d'absorption :

Lorsque ma batterie approche les 100% SOC, je surveille de près la tension et le courant. Avec un courant de charge entre 80A et 100A, une fois que la tension atteint 13,8 volts et que le régulateur l'y maintient, le courant baisse très rapidement pour passer sous les 0,025C en une trentaine de minutes. Si le courant de charge est plus faible (panneaux solaires), celui-ci est pratiquement à 0,025C quand la tension atteint 13,8 volts.

Garder la tension à 13,8 volts (ou plus) une fois que la charge est terminée risque d'endommager la batterie.

*Régler la durée maximum de la phase d'absorption des chargeurs et régulateurs.*

- *Pour les chargeurs à fort courant, limiter la phase d'absorption à 30 minutes*
- *Pour les chargeurs à faible courant, limiter la phase d'absorption entre 0 et 15 minutes*

### Suppression de la phase Float :

Il n'est généralement pas possible d'éliminer cette phase. La façon de contourner cet inconvénient est de régler la tension Float suffisamment basse pour éviter la surcharge de la batterie.

Comme vu plus haut, une tension de 13,2 volts (3,3V par cellule) ne permet pas de charger la batterie. Donc cette tension, si appliquée pendant de longues périodes, devrait être sûre pour ne pas surcharger la batterie.

*Régler la tension Float des chargeurs et régulateurs à 13,2 volts*

### Pré-réglage 'Lithium » de certains chargeurs

Certains chargeurs ont une option pour charger les batteries au lithium. Souvent les tensions pré-réglées pour cette option sont trop élevées. Le profil « lithium » d'un chargeur de grande marque a une tension d'absorption de 14,6V et une tension Float de 14,4V!!! Heureusement toutes ces tensions sont aussi programmables. Donc bien vérifier les tensions pour l'option « lithium » de vos chargeurs et

régulateurs.

*Régler la tension de charge bulk/absorption à 13,8 volts*

## Mesure de la tension de la batterie

De nombreux chargeurs et régulateurs (si pas la plupart) mesurent la tension de la batterie au niveau des câbles qui le connectent à la batterie. Comme il y a une chute de tension dans les câbles et connections entre la batterie et le chargeur, la tension aux bornes de la batterie est inférieure à la tension régulée par le chargeur.

Exemple :

Un câble de 50 mm<sup>2</sup> (AWG 1/0) en cuivre a une résistance de 300 mOhm par kilomètre

Chaque raccordement bien fait et non oxydé a une résistance de l'ordre de 0,02 mOhms

Avec 14 mètres (2 x 7m) de câble de 50mm<sup>2</sup> entre le chargeur et la batterie et une quinzaine de raccords (cosses batterie, coupe-circuit, fusible, shunt, solénoïde, bus...) la résistance totale du circuit entre chargeur et batterie est de l'ordre de 4,5 mOhms.

Avec un courant de charge de 100A, la chute de tension entre le chargeur et la batterie est donc de 0,45 volts. Dans ces conditions, si le chargeur régule à 13,8V, la tension ne sera que de 13,35V aux bornes de la batterie (soit 3,34V par cellule)... PAS ASSEZ POUR CHARGER LA BATTERIE.

Une fausse bonne idée serait d'augmenter la tension de régulation du chargeur, soit, dans l'exemple ci-dessus, à 14,25V pour avoir 13,8V à la batterie. C'est bien quand le courant est de 100A, mais lorsqu'il baisse à 20A, la chute de tension n'est que de 0,1V et on se retrouve avec 14,15V aux bornes de la batterie !

La solution est d'avoir des chargeurs et régulateurs qui ont une sonde de tension externe. Cette sonde est connectée directement sur la batterie et ne porte pas de courant - donc mesure la tension de la batterie sans chute de tension.

*Se procurer des chargeurs et régulateurs qui sont équipés d'une sonde de tension externe qui ne porte pas de courant.*

Sur TAO, le régulateur solaire Victron MPPT 150/70 n'a pas de sonde de tension externe et en réglant la tension d'absorption à 13,8V, il bascule en mode Absorption, puis Float avant que la batterie ne soit pleine. J'ai rapproché le régulateur solaire de la batterie, augmenté la section des câbles qui le relie à la batterie et ai réglé la tension d'absorption à 14,0V - le régulateur bascule en mode Absorption lorsque la batterie est pleine et il n'y a pas de surtension gênante au niveau de la batterie.

## Compensation en température

Pour charger une batterie au lithium il n'est pas nécessaire et pourrait être nuisible de compenser les paramètres de charge en fonction de la température.

*Enlever les sondes de température des chargeurs et régulateurs et/ou régler la compensation en température à 0 mV/°C*



Bien souvent les chargeurs et régulateurs que nous avons à bord ne permettent pas de satisfaire ces recommandations. A vous d'évaluer les risques associés et de prendre vos responsabilités...

Quelques modifications assez simples peuvent permettre de contourner les limitations de nos régulateurs (comme je l'ai fait avec mon régulateur solaire) sans mettre en danger la santé de la batterie au lithium.

Mais si vos systèmes existants ne permettent pas de programmer les paramètres de tension, de temps et de compensation en température, le meilleur choix est de les remplacer. Assurez vous que les nouveaux chargeurs / régulateurs sont équipés d'une sonde de tension externe qui ne porte pas de courant, et permettent de programmer tous leurs paramètres.

## Alternateur

Peut être avez vous remarqué que l'alternateur de 80A monté de série sur le moteur de votre voilier fournit pour la plupart du temps un courant inférieur à 40A ? Cela est du à la forte résistance interne d'une batterie au plomb... qui augmente en même temps que la charge de la batterie. Si bien qu'un alternateur de 80A ne travaille pratiquement jamais à pleine charge - mais le plus souvent à moins de 50% de sa capacité. Les alternateurs de série sont généralement conçus pour ce mode de fonctionnement.

Si ce même alternateur est connecté à une batterie au lithium (qui a une faible résistance interne), le courant de charge ne sera limité que par la capacité de l'alternateur. Il va donc fournir tout le courant dont il est capable en fonctionnant à pleine charge pratiquement jusqu'à ce que la batterie soit pleine. Super ! Dites-vous... mais le problème est qu'aucun alternateur de série est conçu pour fonctionner à pleine charge pendant de longues périodes. Il va chauffer et éventuellement rendre l'âme.

La seule solution pour ne pas cramer son alternateur est de pouvoir limiter le courant maximum qu'il fournit et ainsi le faire travailler en dessous de sa pleine capacité. Pour cela il faut un régulateur externe.

Le régulateur externe doit avoir une sonde de tension externe et tous ses paramètres programmables par l'utilisateur :

- tensions bulk, absorption et float
- durée de chaque phase de charge
- limitation du courant de charge maximum
- limitation du courant en fonction de la température de l'alternateur

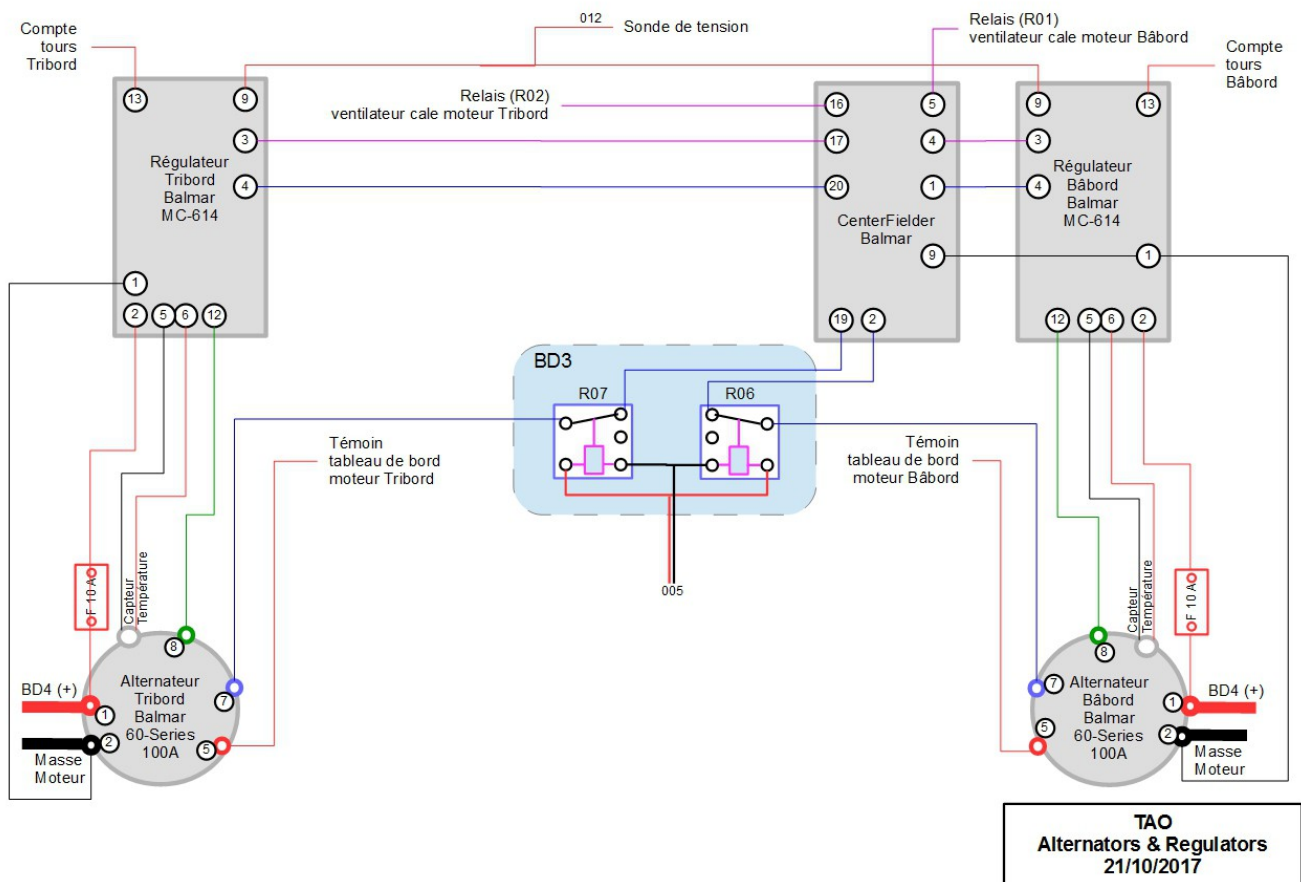
## Alternateurs sur TAO :

Malheureusement il n'y a pas beaucoup de choix... d'ailleurs je n'ai trouvé qu'un seul fournisseur avec des équipements adaptés : Balmar

Si vous en connaissez d'autres, merci de me les signaler.

Donc, pour TAO j'ai fait le choix d'installer des alternateurs Balmar « 6-Series » de 100A en remplacement direct de ceux de 80A montés en série sur les moteurs Yanmar. Ces alternateurs sont équipés d'un double ventilateur pour les refroidir et sont conçus pour fournir continuellement un courant élevé à une faible vitesse (ce qui correspond à la vitesse de croisière sur un voilier).

Chaque alternateur est piloté par un régulateur externe Balmar « MC-614 » qui répond aux critères ci-dessus. De plus j'ai installé un boîtier Balmar « CenterFielder II » qui, quand les deux moteurs sont en marche, synchronise les alternateurs pour une efficacité maximale.



*Article suivant : Mise en œuvre*