

# Banque de batteries hybrides

Généralement, les gens installent des batteries au plomb dans leurs véhicules récréatifs et leurs bateaux pour faire fonctionner les services quotidiens de leur habitation/maison.

Il existe un intérêt croissant pour les batteries au lithium (et en particulier le type de lithium LiFePO4) car elles offrent divers avantages par rapport au plomb - mais le coût initial n'en est certainement pas un !

Mais qu'en est-il de l'idée d'utiliser les deux en même temps, peut-être en profitant à la fois du plomb et du lithium ? Ne serait-ce pas cool si c'était possible ? Eh bien, c'est peut-être le cas....

Il s'agit d'une discussion sur le concept d'avoir une banque hybride composée à la fois de batteries au lithium et au plomb, divisée en un certain nombre de sections, espérons-le logiques, dans différents articles pour la rendre plus facile à lire. Ce qui suit est une brève description de ce à quoi vous attendre dans chaque partie et un lien rapide vers chacune d'elles si vous souhaitez passer à une zone spécifique.

---

VEUILLEZ NOTER : LE CONTENU ICI EST FOURNI À TITRE DE CONSEILS ET D'INFORMATIONS GÉNÉRAUX ET N'EST PAS SPÉCIFIQUE À VOUS OU À VOTRE VÉHICULE.

IL DOIT ÊTRE UTILISÉ À VOS RISQUES, N'EST PAS GARANTI OU GARANTI D'AUCUNE MANIÈRE ET NOUS NE SOMMES PAS RESPONSABLES DES PERTES OU DOMMAGES QUI POURRAIENT SURVENIR.

SI CELA N'EST PAS ACCEPTABLE POUR VOUS ET SI VOUS N'ÊTES PAS D'ACCORD, NE LISEZ PLUS.

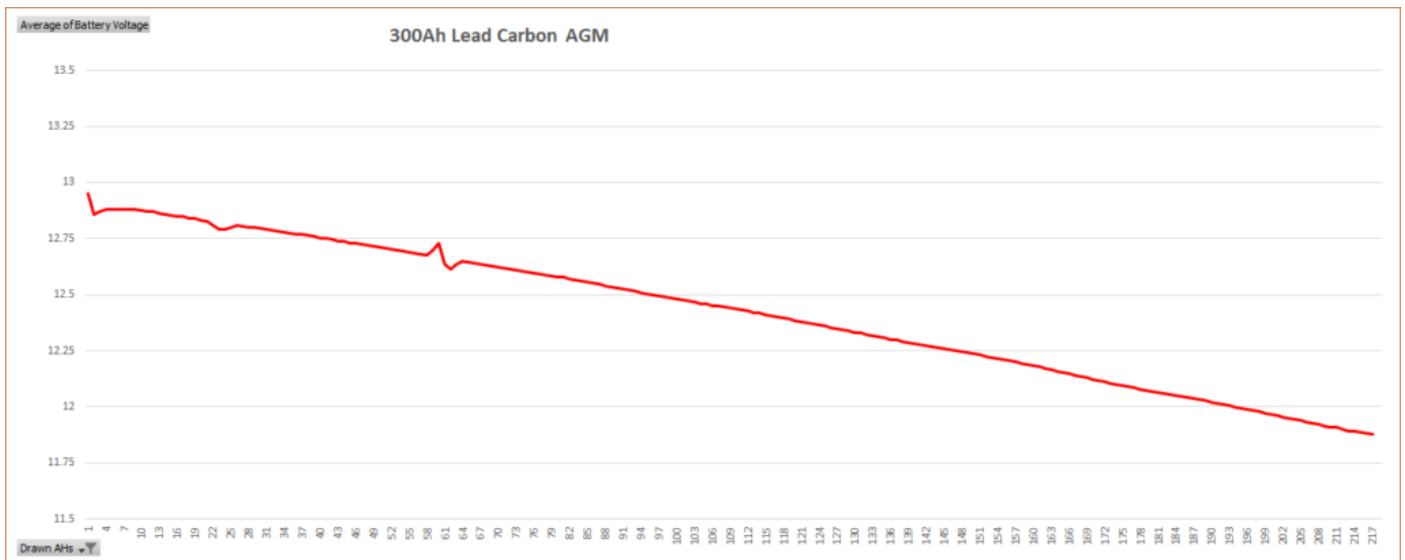
---

## Qu'est-ce qu'une banque de batteries hybrides ?

Généralement, les gens installent des batteries au plomb dans leurs véhicules récréatifs et leurs bateaux pour faire fonctionner les services quotidiens de leur habitation/maison.

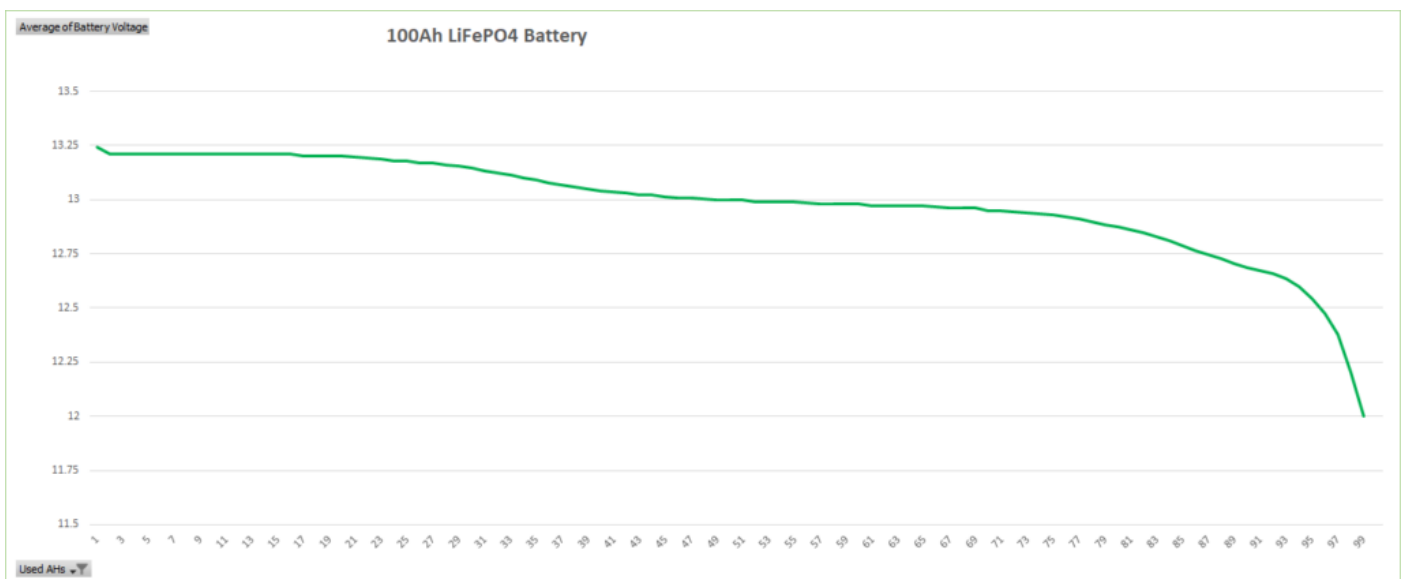
Il existe un intérêt croissant pour les batteries au lithium (et en particulier le type de lithium LiFePO4) car elles offrent divers avantages par rapport au plomb - mais le coût initial n'en est certainement pas un !

Mais qu'en est-il de l'idée d'utiliser les deux en même temps, peut-être en profitant à la fois du plomb et du lithium ? Ne serait-ce pas cool si c'était possible ? Eh bien, c'est peut-être le cas....



Il y a un petit bug vers 58Ah. Ce ne sera qu'un problème de surveillance temporaire. Notez que tous les graphiques que vous verrez proviendront de ma surveillance personnelle et non des données de tests des fabricants provenant d'un laboratoire. C'est donc la vraie vie, même si elle n'est que représentative de mon propre kit et de ma configuration spécifique.

Une batterie au lithium a un modèle tension/ampère-heure très différent. Le graphique suivant est issu d'un test de décharge que j'ai effectué sur une batterie LiFePO4 de 100 Ah. La tension de la batterie au lithium est assez plate jusqu'à ce qu'elle atteigne une profondeur de décharge (DoD) assez élevée, auquel cas la chute de tension commence à augmenter et lorsque la DoD commence à se rapprocher de 100 %, la tension chute vraiment.



Dans l'exemple ici, la baisse est plus importante, entre 20 et 40 % environ. Je ne sais pas à quel point cela est typique du lithium car ce n'est pas quelque chose que je me souviens avoir vu sur les fiches techniques fournies. Cependant, j'ai vu ce motif identique sur 3 exemples différents de la même batterie LifePO4, je suis donc convaincu qu'il est typique d'au moins certaines batteries au lithium.

OK, alors en quoi cela nous aide-t-il à combiner le plomb-acide et le lithium dans un parc de batteries commun ? Eh bien, lorsque vous regardez les modèles de tension, vous voyez que lorsque le lithium est à environ 85 % de DoD, la tension est d'environ 12,75 V, ce qui correspond au point où une batterie au plomb commence à fournir de l'énergie. Lorsque le lithium est à 95 % DoD, une batterie au plomb se serait déchargée à environ 30 %.

Je pense donc - en me basant uniquement sur les mathématiques des tensions et en comparant les deux séries de chiffres - qu'au départ, la batterie au lithium fournirait l'énergie jusqu'à ce qu'elle soit presque complètement déchargée et que l'acide au plomb commencerait à entrer en jeu et que le lithium se rapproche de plus en plus des 10Ma configuration

J'ai un camping-car (VR de classe C) et je voulais un parc de batteries de bonne taille pour fournir de l'énergie sans avoir à trop me soucier de consommer les dernières ampères-heures.

Ici, au Royaume-Uni, nous n'avons pas beaucoup de chance avec le soleil et les jours sans nuages, donc la recharge à l'énergie solaire, bien qu'elle soit excellente lorsqu'elle fonctionne, n'est pas fiable. En général, je n'ai pas une consommation d'énergie massive, mais j'aime pouvoir utiliser l'énergie si j'en ai besoin. Pour cette raison, j'ai estimé qu'une batterie d'environ 300 à 400 Ah serait à peu près suffisante pour couvrir les imprévus supplémentaires, mais je ne pouvais pas me permettre une batterie au lithium de la capacité que je souhaiterais à plus de 2 000 £ (~ 3 000 USD). Au lieu de cela, j'ai opté pour une banque de batteries AGM au plomb-carbone (PbC) (le plomb-carbone est un développement avancé des batteries au plomb-acide avec un certain nombre d'avantages distincts par rapport au plomb-acide basique) et 3 x 100 Ah de ces batteries au plomb coûteraient environ 525 £ (~790 USD). Ces batteries au plomb-carbone peuvent en fait être réduites à 100 % DoD, comme les lithiums, de sorte que la banque de 300 Ah permet le potentiel de 300 Ah d'énergie si une situation l'exige. Même si je ne m'attends pas à consommer plus de 50 Ah au quotidien, cette taille de batterie me donne de la flexibilité à la fois pour une demande supplémentaire et/ou pour quelques jours consécutifs de charge de mauvaise qualité.

J'ai eu, sur la base de toute cette surveillance que j'ai tendance à faire sur mes fourgons, l'idée d'utiliser peut-être une batterie au Lithium pour les tâches quotidiennes et au Plomb en secours (en raison du prix du Lithium). 0%DoD, le Lead arrive de plus en plus.

### Ma configuration

J'ai un camping-car (VR de classe C) et je voulais un parc de batteries de bonne taille pour fournir de l'énergie sans avoir à trop me soucier de consommer les dernières ampères-heures.

Ici, au Royaume-Uni, nous n'avons pas beaucoup de chance avec le soleil et les jours sans nuages, donc la recharge à l'énergie solaire, bien qu'elle soit excellente lorsqu'elle fonctionne, n'est pas fiable. En général, je n'ai pas une consommation d'énergie massive, mais j'aime pouvoir utiliser l'énergie si j'en ai besoin. Pour cette raison, j'ai estimé qu'une batterie d'environ 300 à 400 Ah serait à peu près suffisante pour couvrir les imprévus supplémentaires, mais je ne pouvais pas me permettre une batterie au lithium de la capacité que je souhaiterais à plus de 2 000 £ (~ 3 000 USD). Au lieu de cela, j'ai opté pour une banque de batteries AGM au plomb-carbone (PbC) (le plomb-carbone est un développement avancé des batteries au plomb-acide avec un certain nombre d'avantages distincts par rapport au plomb-acide basique) et 3 x 100 Ah de ces batteries au plomb coûteraient environ 525 £ (~790 USD). Ces batteries au plomb-carbone peuvent en fait être réduites à 100 % DoD, comme les lithiums, de sorte que la banque de 300 Ah permet le potentiel de 300 Ah d'énergie si une situation l'exige. Même si je ne m'attends pas à consommer plus de 50 Ah au quotidien, cette taille de batterie me donne de la flexibilité à la fois pour une demande supplémentaire et/ou pour quelques jours consécutifs de charge de mauvaise qualité.

J'ai eu, sur la base de toute cette surveillance que j'ai tendance à faire sur mes fourgons, l'idée d'utiliser peut-être une batterie au Lithium pour les tâches quotidiennes et au Plomb en secours (en raison du prix du Lithium).

Emilie et Clark

Il m'est arrivé de tomber sur (probablement à cause des algorithmes de YouTube et du fait que je regardais beaucoup de vidéos sur les batteries) une vidéo de Clark, de la chaîne YouTube Emily & Clark's Adventure, sur « Ajout du LITHIUM à votre parc de batteries au PLOMB ».

<https://www.youtube.com/watch?v=tAuPfgZgXec>

*Pour lire le lien faire sur son clavier : appuyer sur la touche Ctrl tout en cliquant avec la souris sur le lien*

*Pour Traduire la vidéo dans sa langue préférée : cliquer sur la roue, puis sur sous-titres, puis sur Anglais. Puis à nouveau sur sous-titres et sur Traduire automatiquement. Ensuite il suffit de choisir sa langue*

Clark a mis en mots et en animations le même genre de réflexions que moi et m'a convaincu, après avoir utilisé une configuration hybride plomb-acide/lithium pendant 18 mois, que les mathématiques se transformeraient en une configuration pratique...

J'ai passé du temps à converser avec Clark, par voie électronique et au téléphone, où nous avons réfléchi à des idées et des théories. Et j'étais convaincu, grâce à mes propres recherches et à ses expériences de combinaison des deux technologies, que cela fonctionnerait non seulement, mais fonctionnerait très bien et probablement mieux qu'un parc de batteries au plomb pur ou qu'un parc de batteries au lithium pur !

Mis à jour pour 2023.

Ce qui suit est une description mise à jour de ce que je recommande pour avoir une configuration hybride plomb-lithium et de la façon dont vous pouvez convertir votre système Lead existant en une configuration hybride. Il y a quelques ajustements par rapport à la configuration d'origine car j'ai vu comment les choses fonctionnaient, mais en substance, la configuration que j'ai faite à titre d'essai au début/mi-2021, je l'utilise toujours maintenant et elle fonctionne toujours aussi bien - la théorie selon laquelle Je travaillais depuis le début pour qu'il corresponde à la réalité d'utilisation depuis 2 ans !

Le changement clé par rapport à la configuration initiale est l'installation du contrôleur spécial VSDR Lithium que j'ai développé une fois que j'ai eu l'expérience du fonctionnement de la combinaison Plomb + Lithium. Ce que le VSDR m'a permis de faire, c'est de réoptimiser les profils de charge de tous les différents chargeurs (secteur, B2B et solaire) pour le plomb tout en offrant en même temps la meilleure charge au lithium. Et étant un appareil autonome avec contrôle programmable, il n'a besoin d'aucun déclencheur externe pour fonctionner - juste une connexion à chaque groupe de batteries et une connexion -ve à la batterie.

En gardant ce qui précède à l'esprit, j'ai adapté cette section et maintenant ce qui suit décrit moins ce qu'est MA configuration particulière de banque de batteries, mais plutôt ce que VOUS pourriez faire pour potentiellement convertir votre propre système de batterie au plomb en une configuration de banque de batteries hybride.

Obtenez une batterie au lithium à ajouter à la banque de batteries au plomb existante.

Installez le contrôleur au lithium Wildebus VSDR entre les batteries au lithium et au plomb. Le VSDR contrôle la connexion entre les deux groupes de batteries, déconnectant le lithium lorsqu'il est complètement chargé, puis reconnectant le lithium lorsqu'il y a une demande d'énergie de la part du groupe de batteries. C'est le VSDR, par exemple, qui permet de maintenir en service des chargeurs non « compatibles Lithium ».

Prolongez la surveillance pour voir ce qui se passe. Pour une configuration de batterie hybride, vous avez besoin d'un moyen de garder un œil sur l'état de charge (SoC) de la banque en tant qu'entité unique. Une batterie au lithium peut être livrée avec un moniteur SOC intégré (recommandé), mais pas les batteries au plomb. L'installation d'un compteur SOC tel que le Victron BMV-712 vous permettra de surveiller l'état de charge de la batterie ainsi qu'une foule d'autres informations utiles. J'irais jusqu'à dire que ce n'est pas un module complémentaire optionnel mais une nécessité pour vraiment utiliser correctement le parc de batteries.

Ce diagramme montre la configuration de la batterie, avec l'emplacement du contrôleur au lithium VSDR et du shunt BMV-712.

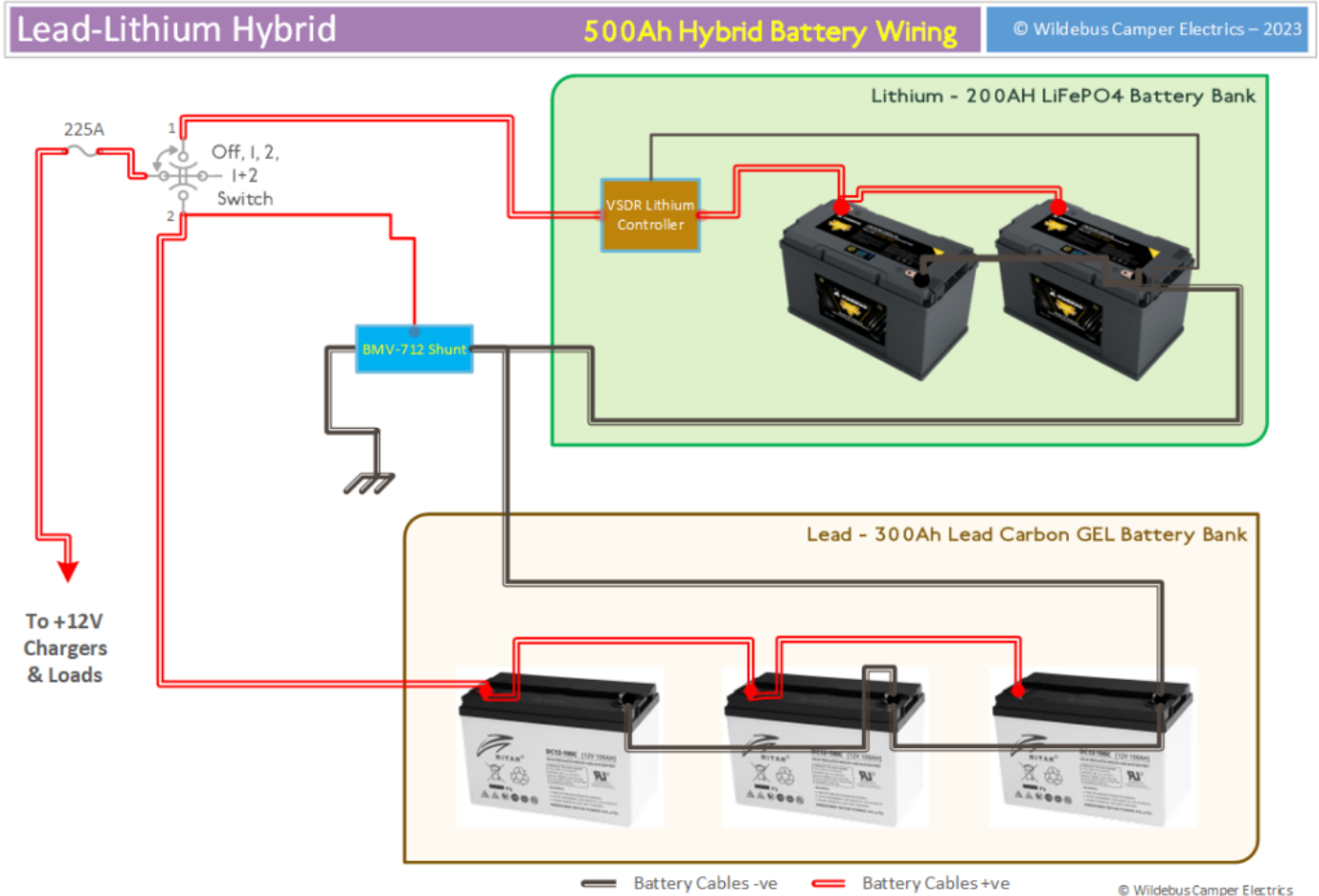
Notez qu'il existe une masse commune entre les deux groupes de batteries, mais il y a un interrupteur entre les deux bornes +ve des groupes de batteries. Il n'est pas essentiel de pouvoir déconnecter les groupes de batteries, mais je pense que c'est une bonne pratique d'avoir à la fois un interrupteur d'isolation ET un « fusible catastrophique » (le fusible de 225 A indiqué par l'interrupteur) entre la source générale de la batterie et les chargeurs et charges. Et l'installation d'un interrupteur qui vous permet de sélectionner l'une ou l'autre source de batterie ainsi que les deux permet des options de maintenance très utiles, pouvant déconnecter l'une ou l'autre batterie si la situation l'exige. J'ai cette configuration sur mon propre système, et même si pendant 99,99 % du temps, le commutateur est en position « 1+2 » (les deux batteries sont connectées), j'ai trouvé la possibilité d'éteindre une banque à différents moments (généralement lorsque bidouiller des morceaux) inestimable.

Je considérerais la configuration ci-dessus comme le minimum pour une bonne configuration de batterie hybride.

Un autre commentaire et un avertissement qui mérite vraiment d'être pris en compte... Lors de l'extension et de l'agrandissement du parc de batteries, il faut réfléchir à la façon dont vous chargez le parc de batteries. Il ne s'agit pas uniquement de « le chargeur Lithium est-il compatible ? (ce qui n'a en fait même pas d'importance avec le système hybride et l'installation VSDR), mais quelle est la capacité du chargeur ?

De nombreux camping-cars sont équipés de série de systèmes de recharge très médiocres et l'ajout de batteries supplémentaires peut aggraver cette situation. Cela est vrai même si vous ajoutez un peu plus de batteries au plomb, mais cela est aggravé si vous ajoutez (ou même simplement si vous passez au) du lithium en raison de la capacité des batteries au lithium à aspirer la charge beaucoup plus rapidement que le plomb. Vous devrez peut-être ajouter des chargeurs capables de gérer la plus grande capacité de batterie dont vous disposerez. Et pour réitérer, cela est vrai si vous optez pour l'hybride, passez au 100 % lithium ou même ajoutez simplement plus de plomb à votre installation de

batterie au plomb.



Les résultats de la configuration initiale (plomb 300 Ah, lithium 100 Ah)

Donc tout jusqu'à présent a mené à ce point... Concrètement, comment ça marche ? Est-ce que ça marche réellement ? Eh bien, je suppose que si ce n'était pas le cas, je n'aurais pas écrit ceci, mais voyons à quel point cela a fonctionné, d'accord ?

Je vais montrer quelques vues des résultats du suivi sur quelques jours. J'ai délibérément mis une charge réelle assez importante d'un réfrigérateur électriquement inefficace - le réfrigérateur à 3 voies du camping-car.

J'ai une configuration dans laquelle si le SoC (état de charge) des banques de batteries est supérieur à une valeur (actuellement 50 %) que j'ai choisie dans la configuration Victron, l'onduleur de l'Easyplus fournira une alimentation CA au réfrigérateur. Lorsque le SoC descend en dessous de cette valeur, l'onduleur reste disponible mais le circuit CA du réfrigérateur se déconnecte JUSQU'À ce que le SoC remonte jusqu'à une autre valeur (actuellement 80 %).

Ainsi, dans les données, vous verrez l'énergie prélevée sur les batteries lors d'une utilisation générale mineure (ce test était avec le véhicule garé) et sur le réfrigérateur faisant son travail général, tirant 200 W lorsqu'il fonctionne, et rien lorsqu'il ne l'est pas. Parfois, il restait allumé pendant des heures, parfois il s'éteignait pendant des heures. Je ne suis pas un ingénieur en réfrigérateurs (voir Clark si vous voulez en savoir plus sur les réfrigérateurs !), donc je l'ai simplement laissé faire son propre travail et j'ai surveillé les résultats et l'effet sur la batterie. Lorsque le parc de batteries global a atteint 50 %, le courant alternatif a déconnecté le réfrigérateur et la charge s'est donc considérablement stabilisée.

Je vais commencer par une capture d'écran des 3 moniteurs de batterie côte à côte - cela pourrait être pour certains le contournement TL; DR et montre un résumé de ce qui s'est passé après avoir retiré 200 Ah -50 % - de la banque de batteries hybrides.

Battery Summary - 400AH Hybrid- Monty [278]	Battery Summary - 100Ah LiFePO4 - Monty [288]	Battery Summary - 300Ah PbC - Monty [279]
Voltage and current 12.85 V      2.70 A	Voltage and current 12.86 V      -0.20 A	Voltage and current 12.86 V      2.30 A
Power 69.50 W	Power 15.43 W	Power 51.48 W
Consumed Amphours -200.00 Ah	Consumed Amphours -90.80 Ah	Consumed Amphours -104.80 Ah
State of charge 51.4 %	State of charge 8.5 %	State of charge 66.8 %
Starter battery voltage 12.25 V	Relay status Closed	Relay status Open

Il y a un peu de charge solaire ici (seulement environ 30 W environ), mais vous voyez que les ampères-heures consommés sont de 200 Ah - dont 91 Ah ont été fournis par la batterie LiFePO4 et 105 Ah par la Lead Carbon Bank. Ainsi, bien que le lithium soit 1/3 de sa taille, il a restitué presque la même quantité d'énergie qu'une banque beaucoup plus grande.

### La théorie

Une batterie au plomb, lorsqu'elle est complètement chargée, a tendance à se stabiliser à une tension d'environ 12,8 V. Au fur et à mesure que la batterie est utilisée, la tension chute de manière très linéaire. Ce qui suit est un graphique d'une banque de batteries au plomb que je possède et montre comment la tension chute à mesure que les ampères-heures (essentiellement les watts) sont retirés. La première partie de cette série de discussions portait sur la théorie derrière le fait que le lithium et le plomb fonctionnent - et soient physiquement connectés - ensemble. Ici, dans la deuxième partie, nous allons examiner comment cela fonctionne dans la pratique et illustrer cela avec quelques graphiques détaillés.

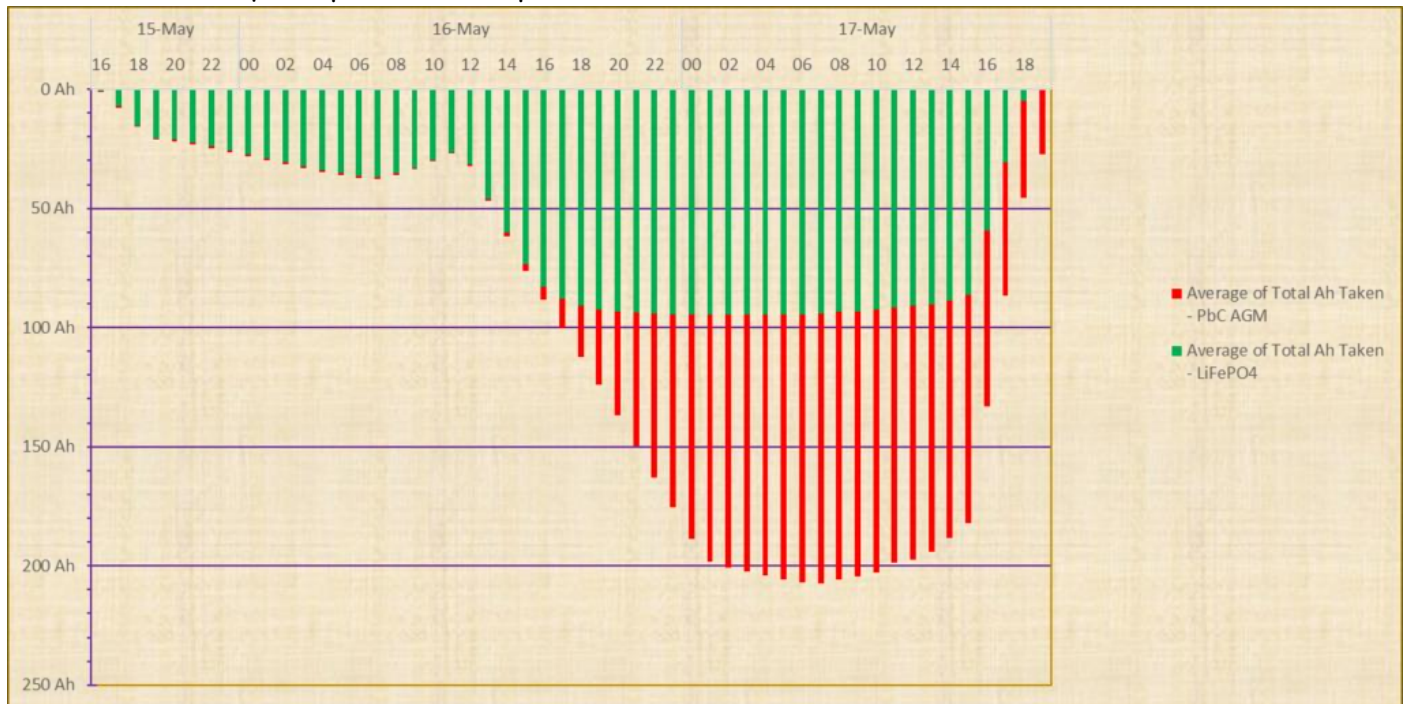
### Les données de base

Ok, il est temps de faire de jolies photos maintenant.

Nous commençons avec les batteries complètement chargées à 100%. J'ai débranché la fiche de branchement secteur, puis je me suis assis pour voir ce qui se passe... Le tableau montre comment les ampères-heures sont retirés du groupe de batteries pour satisfaire la charge. Il s'agit d'une vue TOTALE affichée avec la contribution de chaque type de batterie identifiée. Vous verrez ce graphique à plusieurs reprises, mais avec des informations supplémentaires superposées pour ajouter



du contexte à ce qui se passe dans le parc de batteries.



### Jour 1

Sur le graphique précédent, vous ne voyez la barre verte (LiFePO4) que pendant près de 24 heures complètes. Il y a une très légère touche de rouge indiquant que le plomb a fourni une certaine puissance, mais c'est vraiment du bruit.

### Jour 2

Le 16 mai vers midi, le réfrigérateur s'allume et commence à prendre du courant. La barre verte (lithium) commence à grandir et à mesure que chaque heure avance, la barre rouge (plomb) commence à grossir à mesure qu'elle entre en jeu.

Vers 18h00 le 16 mai, la batterie LiFePO4 a abandonné 90 Ah, soit 90 % de sa capacité, et le plomb-carbone commence à prendre le relais en tant que principale source d'alimentation. Notez que cela est entièrement automatique - aucune électronique n'est impliquée dans ce processus - pas même le BMS du Lithium qui ne s'éteindra pas tant que la batterie ne sera pas déchargée à 100 %.

La charge principale du système est supprimée vers 01h30 le 17 mai et vous pouvez voir l'augmentation de Ah Drawn commencer à ralentir. La charge du réfrigérateur s'est peut-être déconnectée, mais il reste bien sûr les autres charges DC qui ont été alimentées.

### Jour 3

Le lendemain (17 mai), vers 7h00, le Solar commence à se réveiller et il y a quelques charges mineures. Comme la journée de récolte semblait plutôt mauvaise, j'ai rétabli le courant alternatif vers 15h30 et le gros chargeur ~ 70 A de l'Easyplus a commencé à charger le parc de batteries.

La batterie au lithium se recharge rapidement, car c'est ce que les batteries au lithium ont tendance à faire et c'est un de leurs avantages clés. La banque de plomb acide continue de se charger, bien qu'à un rythme plus lent, comme c'est typique du plomb acide - de sorte que tout se passe exactement comme vous pouvez l'attendre de chaque technologie, même si elles sont physiquement connectées ensemble.



Je n'ai pas inclus le moment où la Lead Acid Bank continue de facturer car cela ne serait pas si intéressant.

Commençons maintenant par creuser les mauvaises herbes...

Tableau similaire au précédent mais avec un objectif différent. Désormais, comme nous nous concentrons sur d'autres détails liés à la consommation de la batterie, j'ai déplacé l'axe Ah vers la droite, et l'élément « focus » a son axe vers la gauche.

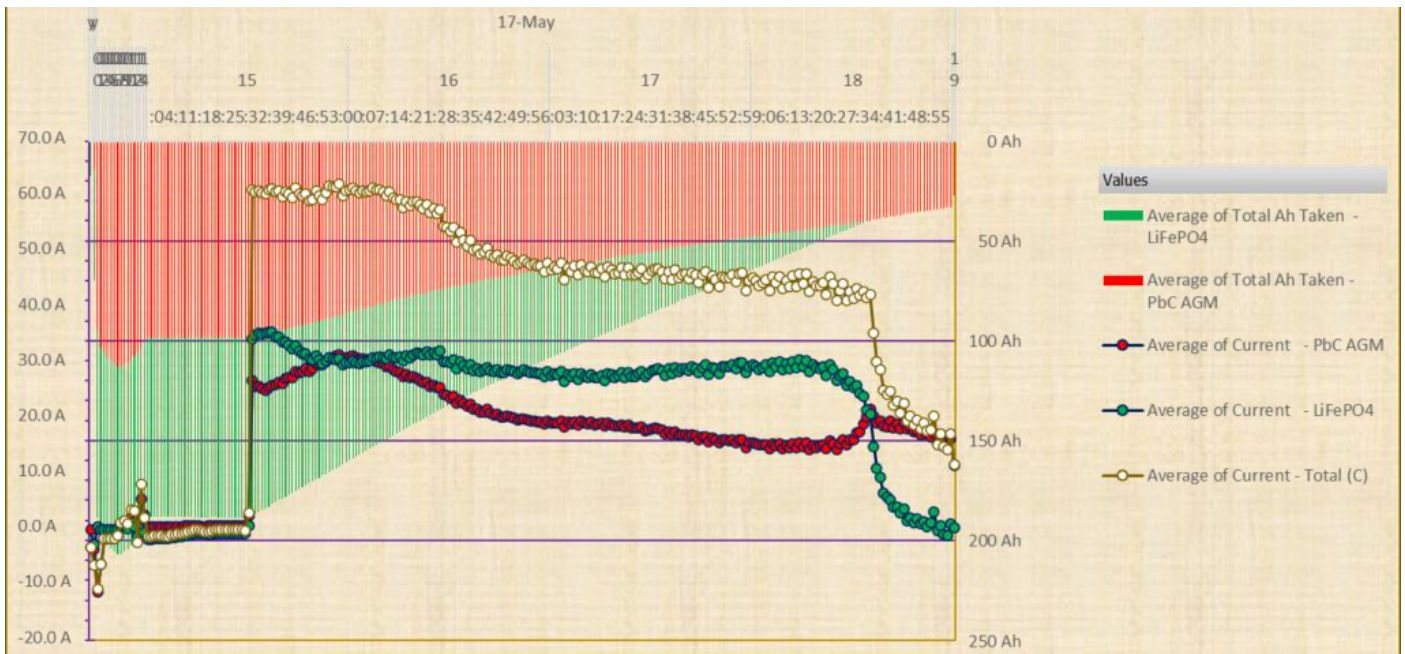
Nous allons d'abord examiner la consommation de courant de chaque batterie (et nous montrons également le courant dans son ensemble) et ce que cela fait aux Ah tirés de la batterie.



Le graphique suivant est plus détaillé au moment où le chargeur secteur se met en marche vers 15h30.

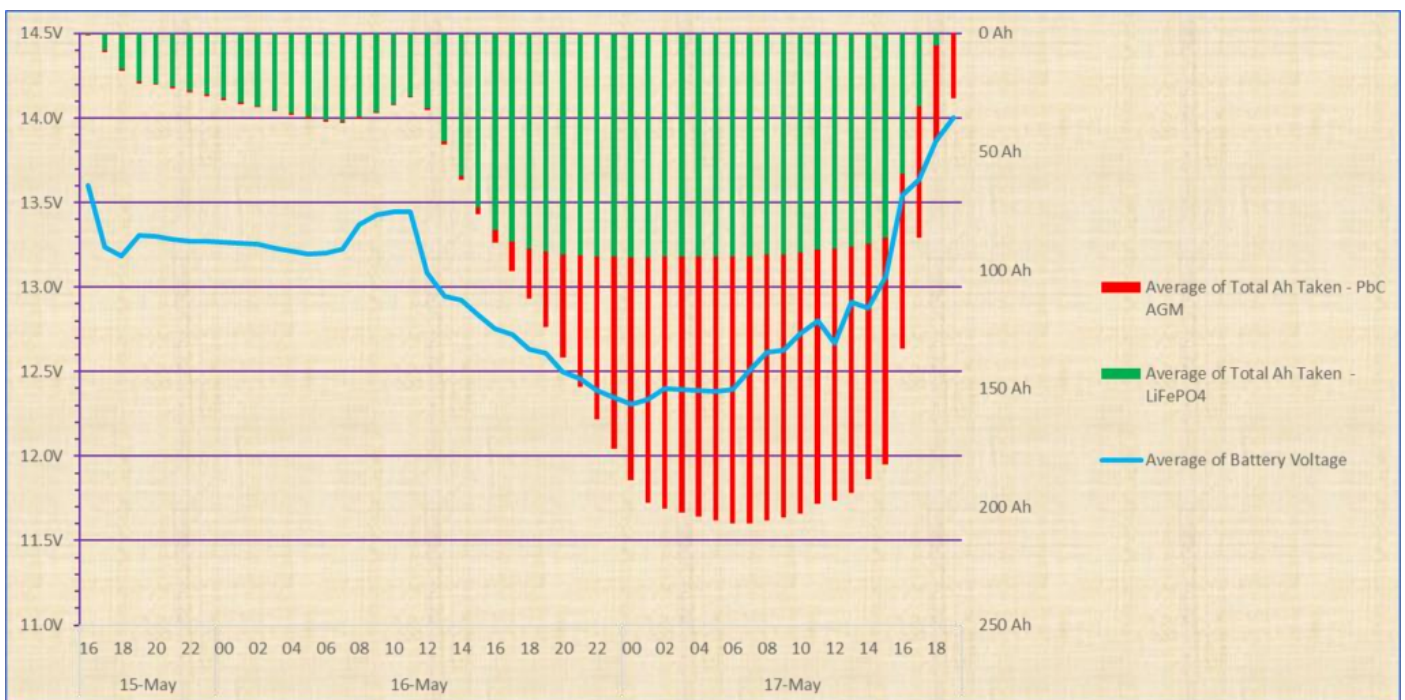
Notez que j'ai inversé l'ordre des barres LiFePO4 et PbC AGM Ah Use pour mieux illustrer le modèle de charge.

Le courant atteint environ 60 A grâce au chargeur secteur. Ici, vous voyez la ligne verte - ce qui représente le courant entrant/sortant de la batterie au lithium est au-dessus de la ligne rouge (plomb) jusqu'à environ 18h30, moment auquel la batterie est pratiquement pleine, puis elle tombe rapidement à zéro.



Les barres rouges - montrant que les AH retirés de la banque de plomb carbone diminuent, mais les barres vertes de lithium sont sur une réduction beaucoup plus prononcée, montrant qu'une recharge beaucoup plus rapide a lieu sur la batterie LiFePO4.

Je veux revenir sur la décharge de la batterie et sur la manière dont elle change. Regardons cela à nouveau, cette fois avec une vue de la tension de la batterie, car c'est un facteur clé dans toute cette histoire hybride si l'on en croit les calculs.



Concentrons-nous maintenant sur la journée du 16 mai car c'est la principale heure de déchargement.

Les choses commencent à changer vers l'heure 16 (rappelez-vous que les heures précédentes sont des moyennes pour des heures complètes, donc les sauts les plus importants représentent des changements sur une heure complète plutôt que sur une image minute par minute que nous voyons ici).





Le fil commence à intervenir lorsque la tension commence à descendre en dessous de 12,8 V, et à mesure que la tension diminue progressivement, le fil est davantage utilisé. (À propos, les petites récupérations de tension se produisent lorsque la charge du réfrigérateur de 200 W s'arrête, de sorte que l'affaissement de tension disparaît).

Si l'on regarde en même temps l'heure fixée avec le courant, on voit effectivement à quel point le Lead prend les rênes...

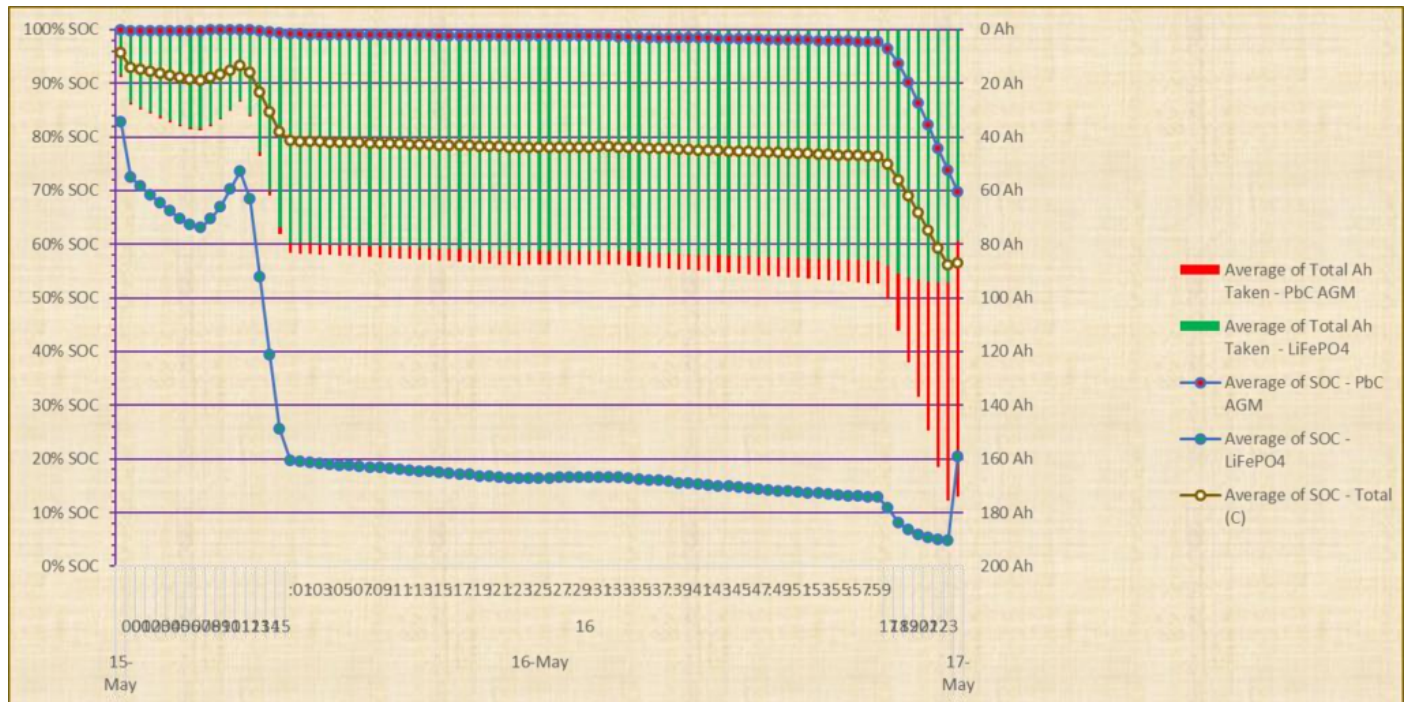


16h50 est le point de croisement où plus d'énergie est fournie par la banque de batteries au plomb-carbone que par la batterie au lithium.

Nous pouvons également nous faire une idée en utilisant les chiffres SoC (State of Charge) fournis par les Battery Monitors. Il convient maintenant de souligner que déterminer l'état de charge d'une batterie n'est pas une science exacte et repose sur divers facteurs. Les chiffres des moniteurs sont

donc une assez bonne indication et les moniteurs Victron sont à peu près les meilleurs du secteur. , mais il existe quand même des variations.

En gardant cela à l'esprit, voici la vision de la période sur laquelle nous nous concentrons ci-dessus, suivie du modèle général de la chronologie.

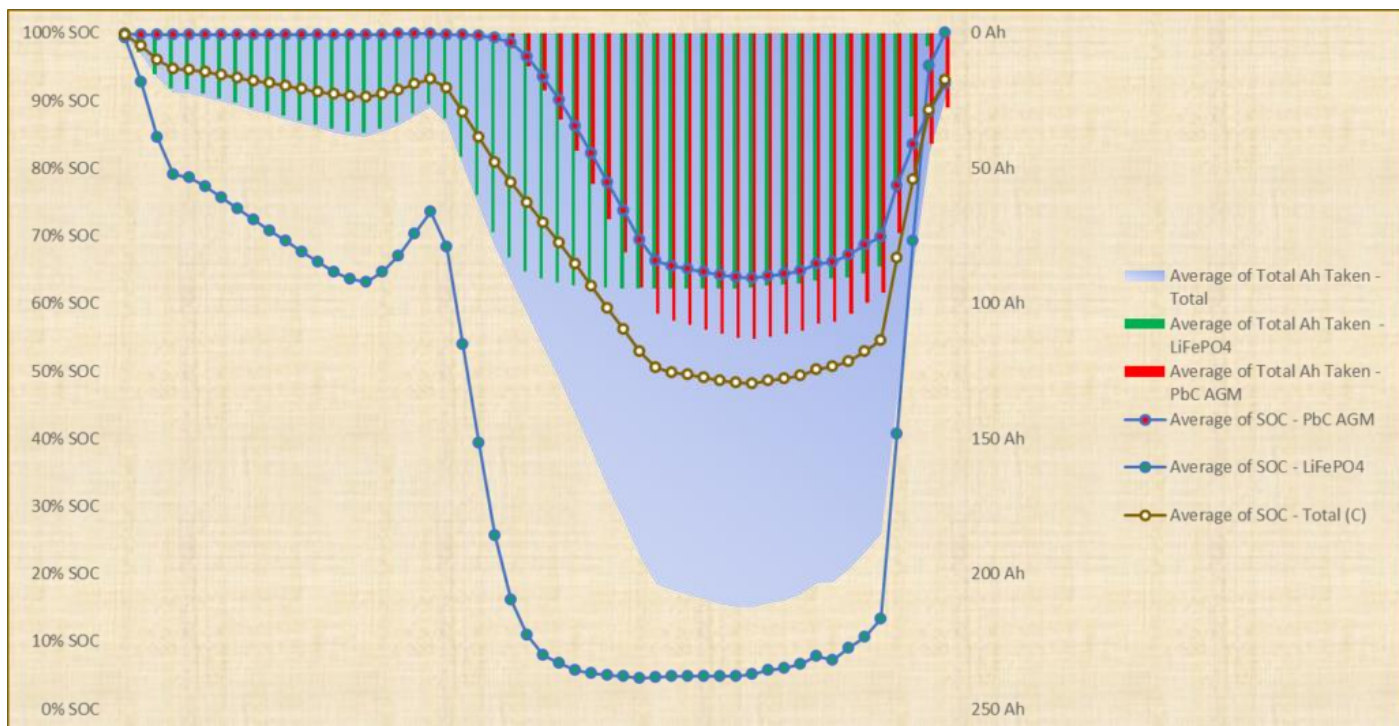


Vous le voyez diminuer en fonction des ampères-heures supprimés. Les lignes ne semblent pas aussi spectaculaires minute par minute que le graphique actuel, car le SOC est une mesure qui évolue beaucoup plus lentement.

Une meilleure indication à ce sujet vient du graphique chronologique plus large montrant le SOC.

J'ai modifié la présentation des Ah dans ce graphique car il illustre mieux comment le SOC et les Ah se marient, et comment chaque type de batterie contribue à différentes étapes de la période en fonction de son niveau de charge. Nous avons donc ici le total d'Ah retirés de la banque hybride représenté par la zone bleue, et les barres montrent quelle quantité est du lithium et quelle quantité est du plomb à tout moment.





Ici, vous voyez que le SoC de la batterie au plomb-carbone a à peine atteint le point de pleine capacité de 100 % jusqu'à ce que le lithium descende en dessous de 30 % du SoC. La batterie LiFePO4 continue de contribuer jusqu'à ce qu'elle atteigne environ 5 % de SoC, puis se stabilise et c'est la banque de plomb qui fournit l'énergie. Cela a été montré précédemment en substance avec le graphique actuel, mais le SOC fournit un contexte « absolu » très utile, je pense.

### Remarques sur la recharge

Cette section complète l'analyse de la façon dont les différents composants du parc de batteries hybrides sont tirés sous charge ainsi que quelques informations de charge. Il y a cependant quelques points assez importants à considérer si avoir un parc de batteries hybrides vous intéresse. La page suivante entrera plus en détail à ce sujet, notamment en ce qui concerne l'aspect de la recharge.

### Considérations relatives à la recharge

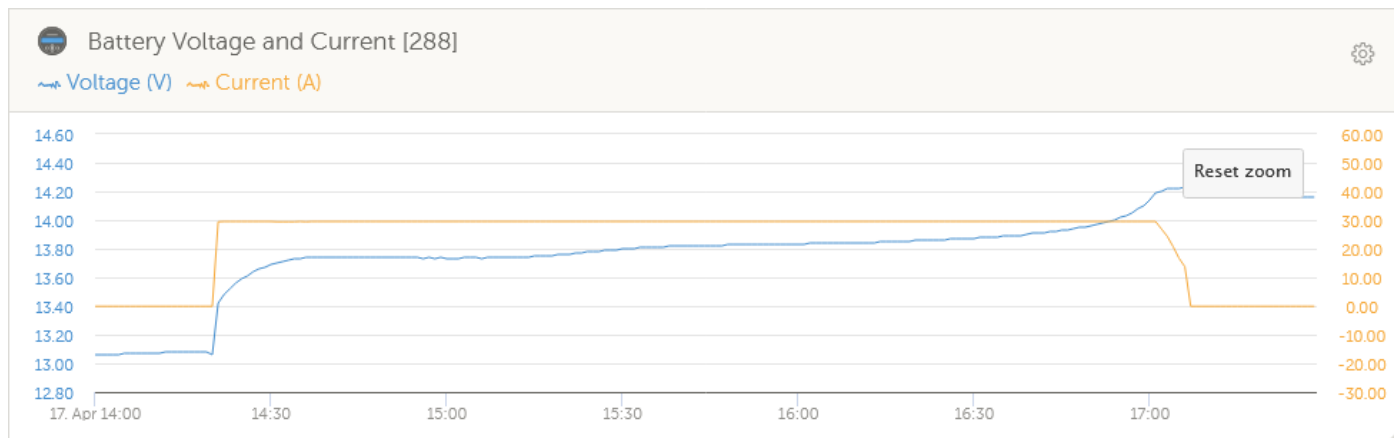
Les batteries au lithium et au plomb ont des exigences et des caractéristiques de charge différentes, alors comment cela fonctionne-t-il avec le plomb et le lithium câblés ensemble ?

Eh bien, de nombreuses batteries LifePO4 sont spécifiées comme remplacements « drop-in » d'une batterie au plomb, ce qui signifie que les exigences de tension sont similaires - mais elles ne sont toujours pas vraiment les mêmes, il faut donc réfléchir à la façon de configurer vos chargeurs.

La batterie LiFePO4 typique souhaite idéalement une tension de charge d'environ 14,2 V et un flotteur d'environ 13,6 V est cité (différents fabricants spécifieront leurs propres paramètres, mais ceux-ci sont assez typiques. En réalité, AUCUN flotteur n'est préféré, mais la plupart des chargeurs ont besoin d'un flotteur. tension spécifiée). L'acide de plomb typique veut environ 14,4 V à 14,7 V et un flotteur autour de 13,8 V - vous pouvez donc y voir un écart.

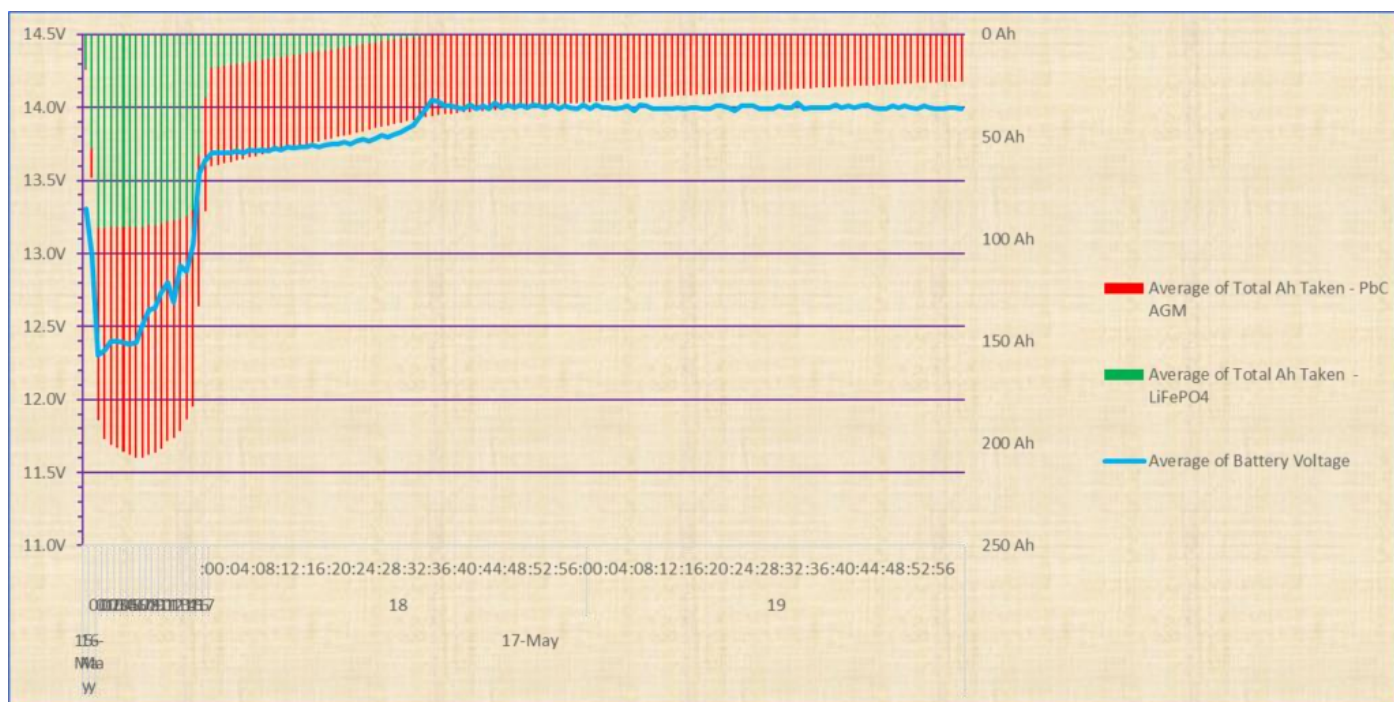
L'autre aspect de la charge est le temps de charge et la durée pendant laquelle le chargeur reste à la tension de charge élevée avant de passer en mode Float. Les batteries au plomb ont une durée comprise entre 5 et 8 heures pendant lesquelles elles peuvent rester à la tension de 14,xV avant de passer au flotteur. Les batteries LiFePO4 n'atteignent généralement que 14,2 V lorsqu'elles arrivent à la fin de leur charge et n'en veulent plus. Le graphique ci-dessous montre la batterie LiFePO4 que je

possède et son modèle de charge sur un chargeur de 30 A : prend le plein courant jusqu'à ce qu'il soit presque plein, puis la tension augmente pour terminer le travail et le courant tombe à zéro.



Cependant, avec le mélange Plomb-Lithium, la batterie LiFePO4 sera présentée avec une tension de 14,xV pendant potentiellement plusieurs heures si la banque de plomb est utilisée à bon escient (comme dans notre exemple ici où nous avons retiré 110 Ah de la banque) et a besoin d'être rechargée.

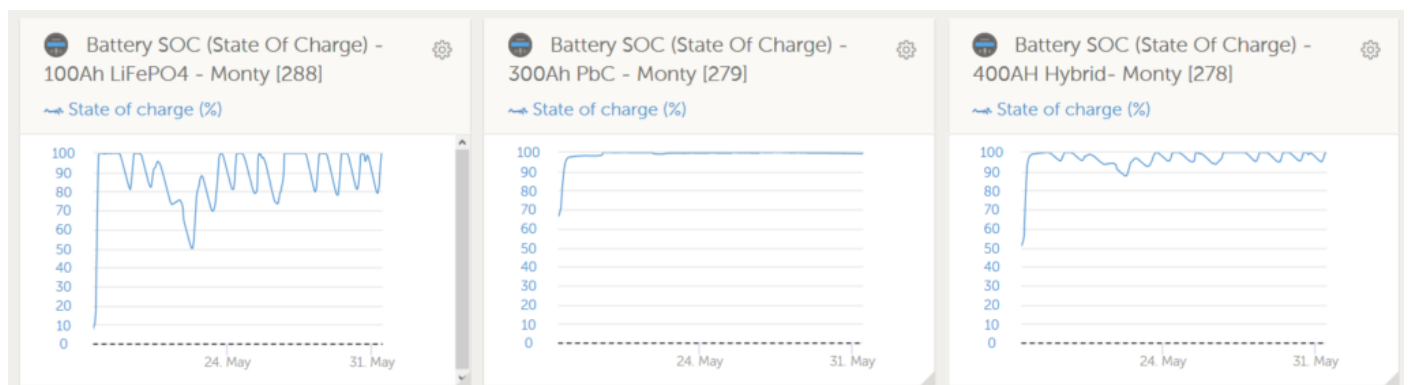
Le tableau ci-dessous montre la dernière étape de la recharge au lithium. Il est assez intrigant de constater que la ligne de tension ci-dessus pour la charge au lithium autonome avec un chargeur de 30 A est pratiquement identique à la ligne ci-dessous avec la banque hybride et un chargeur de 70 A. La similitude, bien sûr, est que c'est la batterie au lithium du pack hybride qui se taille la part du lion de la charge.



Ainsi, comme mentionné, vous voyez le même type de modèle de tension que le tableau de charge précédent, où la tension est inférieure à 14 V, puis à mesure que le courant final passe environ 30 minutes après l'heure, la tension augmente. Nous le faisons alors rester élevé (au-dessus de 14 V) en raison de la charge beaucoup plus lente des batteries au plomb dans les 20 % supérieurs environ. Et c'est ce comportement qui peut être une source potentielle d'inquiétude que nous aborderons sous peu.

Notez que je n'ai pas inclus le graphique détaillé jusqu'à ce que la banque de plomb soit pleine, car cela aurait nécessité quelques heures de lignes tombant très lentement et je ne pensais pas que ce serait trop intéressant, mais cela signifierait que la durée passée à  $> 14$  V lorsque le lithium est complètement chargé et préférerait rester à un niveau flottant - ou en fait, même pas à ce niveau, mais à son propre niveau de repos d'environ 13,2 V.

J'ai montré sur les graphiques ci-dessous cette période comme les premières heures d'une période complète de 2 semaines où le parc de batteries est assez peu utilisé (pas plus de 50 Ah consommés) et rechargé principalement par l'énergie solaire. Vous voyez que le plomb n'est pas vraiment utilisé une fois cette recharge initiale terminée et que toute l'énergie pour cette quinzaine est fournie par le lithium - ce qui signifie également que le parc de batteries est rechargé très efficacement par l'énergie solaire.



Les chargeurs que j'ai dans ma configuration me permettent de limiter la durée de la phase d'absorption (la phase de charge où la tension sera à  $14, x$  V. Cette phase est également appelée phase CV - Tension continue - pour cette raison) donc Batterie au lithium sera moins impacté, mais cela reste à considérer.

Sur un chargeur sans ce niveau de contrôle cela pourrait poser un souci d'optimisation de la configuration. Clark (d'Emily & Clarks Adventure) a développé un chargeur qui gèrera cela et, en fonction de votre configuration, cela pourrait valoir la peine de discuter de cet appareil avec lui. Je vais probablement aussi essayer le chargeur Clarks car cela semble être un produit passionnant.

Fondamentalement, cette phase d'absorption post-charge/CV est à mon avis le seul véritable problème potentiel avec la banque de batteries hybrides. L'analyse des données que j'ai pu effectuer et que j'ai montrée plus tôt m'a permis d'avoir un bon aperçu de la façon de gérer cela.

Sur ma propre configuration, je saurai quand la batterie LiFePO4 est pleine car le moniteur Victron BMV sur cette batterie signalera un SOC de 100 %. Je saurai quand un chargeur est allumé et en charge active, car la tension sera d'environ 14 V ou plus (tant qu'elle est au-dessus du flotteur, c'est la clé). Si le chargeur peut fournir suffisamment de puissance pour n'importe quelle charge ainsi que mettre une certaine charge, la tension reste élevée, donc je saurai également quand il y a une charge nette sur le système car la tension sera inférieure à la tension flottante.

Cela signifie que je peux appliquer quelques règles logiques simples :

SI SOC = 100 % ET  $V > 14,0$  V ALORS Débranchez le lithium. Cela signifie donc que la batterie est pleine et qu'aucune charge du système ne nécessite l'alimentation de la batterie.

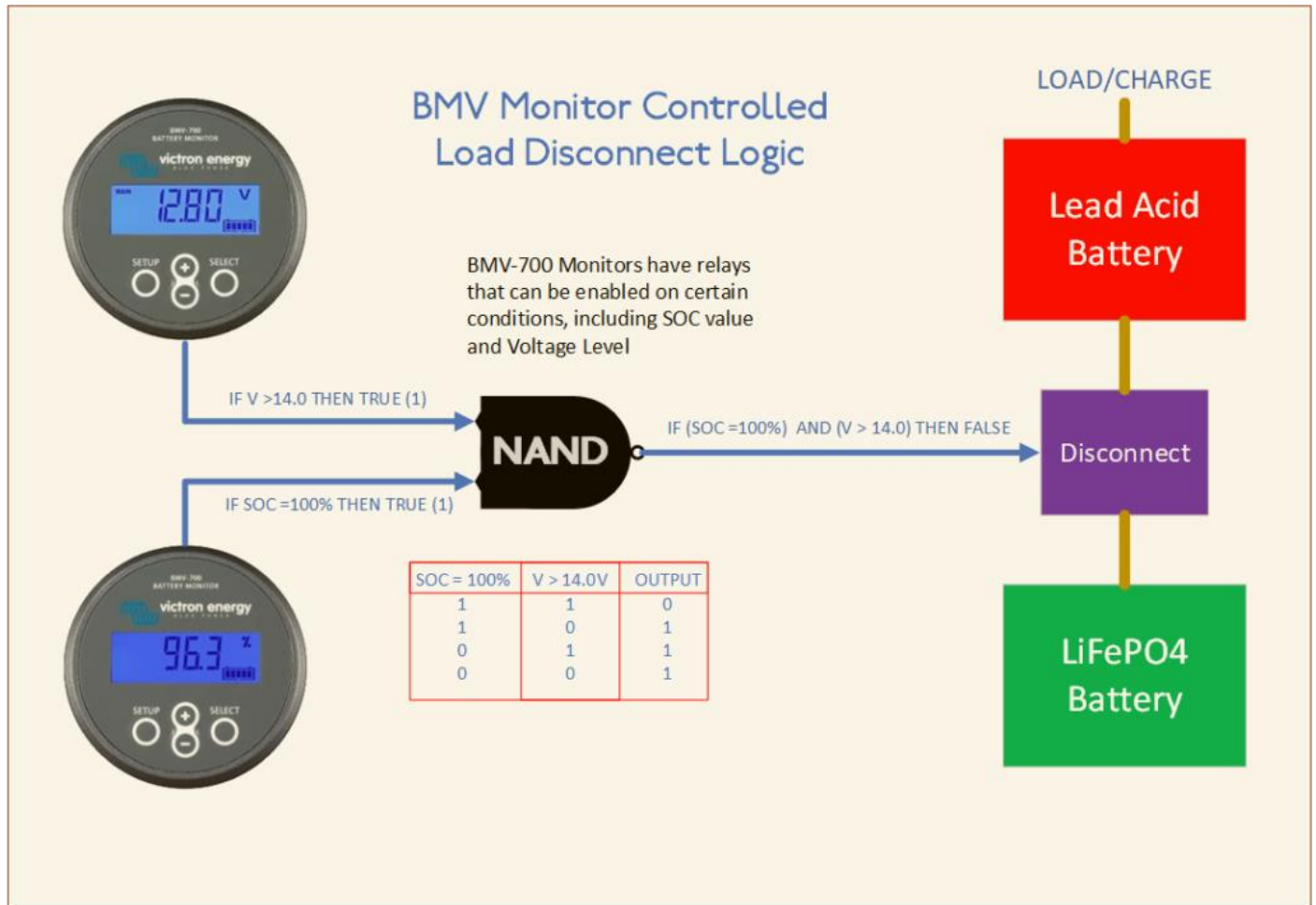
SI  $V < 13,5$  V ALORS Rebranchez le lithium. Cela signifie que dès que tous les chargeurs seront éteints, le lithium rejoindra le parc de batteries. Il se reconnectera également s'il y a une charge qui



ne peut pas être satisfaite par le chargeur, car cela entraînerait une chute de tension en dessous du flotteur.

(notez que les chiffres de tension ci-dessus sont simplement illustratifs pour expliquer la logique).

Avec les moniteurs Victron que j'ai installés, je peux utiliser la logique ci-dessus pour la configuration conceptuelle suivante



Il existe un certain nombre d'opinions, avec lesquelles je suis enclin à être d'accord, selon lesquelles la durée de vie d'une batterie au lithium est plus longue si vous ne la chargez pas complètement. Vous perdez une certaine capacité ultime mais vous gagnez avec une vie plus longue.

Donc, sur cette base, vous pouvez simplement utiliser une logique de déconnexion au niveau de tension et oublier la vérification SOC. Ou définissez la valeur SOC sur 90 % ou 95 % pour un réglage fin.

Dans l'état actuel des choses, ce n'est en aucun cas un obstacle, mais avoir un dispositif en place pour y remédier serait une amélioration utile à une configuration déjà pratique.

Surveiller le dispositif de déconnexion de charge indépendant

La résolution de ce « problème de flottement » peut être résolue de plusieurs manières et vous n'avez pas besoin d'installer BMV Monitors pour avoir une solution à ce problème.

Pour cette raison, j'ai développé un dispositif de contrôle spécial basé sur un microprocesseur qui ne dépend pas de tout moniteur et fonctionnera indépendamment de celui-ci, mais qui peut toujours appliquer la logique de tension ci-dessus pour déconnecter automatiquement la batterie LiFePO4. Cet appareil est une unité de verrouillage, ce qui signifie une consommation de courant très minimale, qu'il soit allumé ou éteint.

Le contrôleur au lithium VSDR-200 est en cours d'expédition et nous l'avons envoyé dans toute l'Europe, aux États-Unis et en Australie.

Consultez également cette page pour en savoir plus sur le VSDR - (à déterminer)

Une future version du VSDR-200 aura la possibilité d'incorporer la logique de vérification du SOC de la batterie pour un contrôle amélioré si l'utilisateur dispose d'un moniteur BMV-700, BMV-702 ou BMV-712 sur sa banque LiFePO4 et souhaite encore plus de flexibilité.

Prêt à voir les conclusions ?

### Conclusions

Cette installation est encore assez jeune [installée en mai 2021], mais je pense pouvoir tirer quelques conclusions sur la configuration hybride.

Comme le prédisent les mathématiques, la partie lithium de la batterie hybride est prioritaire. Ce que je veux dire par là, c'est que lorsque des charges générales sont utilisées, c'est la batterie au lithium qui fournit presque exclusivement l'énergie jusqu'à ce qu'elle atteigne un état de charge assez bas. Il convient de noter que lorsqu'il y a une charge importante qui entraîne une chute de tension significative, la banque principale entre en jeu pour apporter son aide, ce qui est bénéfique pour l'ensemble de la banque car cela réduit considérablement la situation où une consommation de courant est nécessaire. pourrait dépasser la limite de courant nominal de la batterie au lithium.

Le résultat de ceci est que les cycles sont supprimés de la batterie au lithium, qui s'en sort généralement beaucoup mieux à cet égard, que la batterie au plomb, prolongeant ainsi la durée de vie de la batterie au plomb. Cela réduit la durée de vie potentielle de la batterie au lithium, mais comme la durée de vie de celles-ci, basée sur le nombre de cycles de charge, peut théoriquement être de plusieurs décennies, est-ce important ? Il y a de fortes chances que dans 10 ans, le remplacement d'une batterie LiFePO4 soit plus efficace, plus petit et moins cher et vous pourrez de toute façon échanger les batteries de la même manière que vous pourriez remplacer votre voiture par une nouvelle même si elle est toujours parfaitement utilisable. toujours.

L'autre résultat clé est que la recharge est très orientée Lithium, ce qui signifie une recharge plus rapide et plus efficace par rapport au Plomb.

Même lorsque la quantité d'énergie consommée signifie que vous avez beaucoup utilisé le plomb-acide ainsi que le lithium, c'est la batterie au lithium qui reçoit la plus grande part du courant de charge, ce qui signifie qu'elle est prête à fournir de l'énergie plus rapidement. Ainsi, le système de charge sur une configuration hybride devient plus efficace par rapport à une configuration au plomb.

### Coûts de la batterie

Les comparaisons de coûts sont un peu délicates.

La durée de vie de la batterie est généralement spécifiée en termes de cycles de recharge et du nombre de cycles de recharge nécessaires pour que la capacité maximale tombe à 70 % de sa capacité d'origine. Le nombre de cycles de recharge jusqu'à ce que cela se produise dépend d'un certain nombre de facteurs et un facteur clé est la profondeur de décharge d'une batterie avant qu'elle ne soit rechargée. Oui, vous pouvez réduire une batterie au lithium à 100 % DoD (donc vide), mais vous pourriez réduire de moitié le nombre de cycles dont elle est capable par rapport à peut-être une

batterie DoD à 80 %. Et si vous descendez seulement à 60 % de DoD, vous obtenez encore plus de cycles de la batterie. Le même principe est vrai pour le plomb-acide, mais généralement le DoD (profondeur de décharge) autorisé pour le plomb-acide est bien inférieur pour obtenir un nombre de cycles raisonnable, et pour la plupart des batteries au plomb ordinaires, le nombre est déjà bien inférieur à celui du lithium. . Notez qu'il existe certaines batteries au plomb - technologie plomb-carbone - qui sont capables d'un DoD beaucoup plus faible et ont également un nombre de cycles accru.

Qu'est-ce que tout cela signifie?

Lorsque vous examinez le coût global de la durée de vie, une banque de batteries au lithium peut s'avérer moins chère par ampheure consommée, mais aura un coût initial beaucoup plus élevé. Selon la façon dont vous utilisez les batteries, le temps de retour sur investissement par rapport au plomb-acide (c'est-à-dire le point où investir dans le lithium vous a permis d'économiser de l'argent) sera probablement de très nombreuses années, selon toute vraisemblance.

Une configuration de batterie au plomb pur sera le moyen initial le moins cher d'obtenir un bon niveau de capacité dans un véhicule de loisirs ou un bateau, mais vous remplacerez probablement le parc de batteries 2 ou 3 fois avant de remplacer une batterie au lithium. À ce stade, votre coût global est similaire à ce que vous auriez pu payer initialement pour le Lithium, et vous n'aurez à aucun moment bénéficié de l'avantage incontestable des caractéristiques de recharge plus efficaces du Lithium.

L'ajout d'une batterie au lithium à une batterie au plomb plus grande pour créer une batterie hybride signifie que vous pouvez disposer d'une batterie au lithium assez grande avec un investissement initial bien inférieur à celui de la même capacité en lithium. De plus, vous bénéficiez également du lithium pour la fourniture de puissance initiale et la vitesse/efficacité de la recharge. Cela a pour conséquence que la partie plomb-acide n'est pas amenée au même niveau de DoD que dans la banque de plomb pure, ce qui améliore sa durée de vie projetée et permet de réduire les coûts globaux du côté plomb.

Les batteries au lithium d'une batterie hybride seraient probablement inférieures à celles d'une batterie au lithium pure, réduisant ainsi sa durée de vie en termes de nombre de cycles. Cependant, ces cycles sont si élevés selon les projections des fabricants que vous devrez peut-être les remplacer. la batterie en 10 ans au lieu de 20 ans. Est-ce vraiment une préoccupation quant à la façon dont les batteries au lithium devraient s'améliorer encore et à moindre coût (notez mon analogie précédente avec la voiture) ?

Hybride vs Lithium vs Plomb Acide

Si votre besoin est de seulement 100 à 200 Ah, alors s'en tenir à une seule technologie est probablement la meilleure option pour plus de simplicité, mais lorsque vous passez à 300 Ah ou plus, une configuration hybride devient intéressante et à mesure que vous grandissez, les avantages du système et des coûts deviennent de plus en plus visible et attirant.

Je prévois de faire une analyse coûts-avantages à ce sujet à l'avenir et j'espère même avoir un calculateur qui pourra vous indiquer une configuration potentiellement optimale en termes de coût par rapport à la capacité, mais cela sera basé uniquement sur les mathématiques, par opposition à ce rapport qui est basé sur des données réelles.

Le dernier mot

J'espère que cela vous a intéressé et si vous êtes parvenu à lire ceci, bravo ! Si vous souhaitez en savoir plus, ou si vous souhaitez discuter de points ou avec lesquels vous n'êtes pas d'accord, utilisez le formulaire de contact pour laisser un message.

Si vous êtes un fournisseur de batteries ou de chargeurs et que vous souhaitez en savoir plus sur la méthodologie que j'ai utilisée, ou même faire tester/comparer vos produits, veuillez me contacter en utilisant le formulaire ci-dessus.

Si vous êtes intéressé par l'unité de contrôle de charge VSDR-200, il y aura une page produit dans la boutique, et en attendant vous pouvez nous contacter pour plus d'informations directement via la page [Contactez-nous](#).

Merci d'avoir lu,

David.

URL : <https://wildebus.com/posts/hybrid-battery-bank-introduction/>