

Autonomie en électricité

DE LA BATTERIE STANDARD À LA LiFePO₄

Alors que l'industrie de l'automobile connaît une véritable révolution, les voitures électriques étant souvent au premier plan de l'actualité en matière de transport, celle du véhicule récréatif semble trainer de la patte, loin derrière. Pourtant, les caravaniers manifestent de plus en plus d'intérêt à augmenter leur autonomie en matière d'électricité. Certains trouvent même des solutions.

Par Paul Laquerre

Pour illustrer combien ce sujet captive l'attention, rien de mieux qu'un exemple concret. En juillet dernier, sur le seul forum des amateurs de caravanes Airstream, environ 10 000 personnes ont suivi une enfilade traitant de ce sujet, ce qui a généré près de 300 commentaires ou questions.

Tandis que les constructeurs de voitures électriques cherchent à améliorer leur autonomie en mettant à profit des batteries très évoluées, les fabricants de VR, sauf de très rares exceptions, utilisent encore des accumulateurs dont la technologie remonte au 18^e siècle. L'énergie que les batteries des véhicules récréatifs peinent à produire résulte en effet de réactions chimiques basiques ayant très peu évolué au cours des derniers siècles. Ces batteries inefficaces et leur gestion complexe constituent pourtant une préoccupation importante pour les caravaniers qui redoutent une panne électrique lorsqu'ils sont en mode autonome.

Pour éviter un tel désastre, plusieurs misent sur une génératrice, alors que d'autres choisissent d'installer des panneaux solaires sur leur VR. Deux solutions qui se défendent. Il en existe également d'autres. Avec

un peu de recherche, il est possible de trouver sur le marché des systèmes de gestion de l'énergie performants et efficaces. Deux problèmes cependant ralentissent leur implantation dans les véhicules récréatifs.

Le premier frein – et le plus important – est d'ordre économique. Opter pour un système performant peut facilement signifier un ajout de 5 000 \$ à 10 000 \$ au prix déjà élevé d'un VR. Bien sûr, dans le cas d'une autocaravane affichée à plusieurs centaines de milliers de dollars, 10 000 \$ de plus ou de moins représentent une augmentation négligeable, nettement compensée par les vertus d'un système performant. Par contre, pour une caravane dont le prix oscille entre 20 000 \$ et 30 000 \$, cet ajout suffit à décourager la clientèle naturelle de ce segment de marché.

Le second obstacle se trouve dans la propension des constructeurs de véhicules récréatifs à opter systématiquement pour des accessoires peu onéreux. Dans le contexte du marché excessivement concurrentiel des véhicules récréatifs, le contrôle des coûts et la recherche du plus bas prix deviennent pour eux une véritable obsession, d'autant plus que les enjeux liés à la performance énergétique échappent souvent aux consommateurs.

Les batteries

Pour bien saisir ce qui différencie un système de gestion électrique de grande efficacité d'un autre plus traditionnel, il importe de s'attarder à certains concepts fondamentaux touchant ce genre d'énergie. Au premier plan viennent les accumulateurs, les batteries dans le langage courant. Dany Coulombe, dans un article paru dans le numéro de mars/avril 2017, expliquait bien les limites d'une batterie, la décrivant comme le cœur du système d'énergie d'un VR.

Les batteries généralement utilisées par les fabricants de véhicules récréatifs ne sont pas une invention récente. Les meilleures, que l'on dit à décharge profonde, sont les mieux adaptées aux besoins d'un VR. Alors que les batteries pour autos sont conçues pour fournir, à la façon d'un coureur de 100 m, un effort maximal sur une courte période, celles pour VR ressemblent davantage au coureur de marathon, dont l'énergie doit tenir durant plusieurs dizaines de kilomètres. L'analogie avec la course à pied peut aussi aider à comprendre ce qui se passe dans une batterie soumise à l'effort.

Dans une course, chaque pas effectué requiert une quantité d'énergie uniforme et constante d'un pas à l'autre. Ainsi, l'énergie nécessaire à la première enjambée est donc identique à celle déployée au moment de franchir le fil d'arrivée. Pourtant, à la fin d'un marathon, parce qu'il s'est vidé de presque toute sa réserve d'énergie, le coureur éprouve énormément de difficulté à avancer, beaucoup plus qu'au départ de la course.

Le même phénomène peut s'observer avec une batterie. Chargée à bloc, sa tension maximale atteint 12,7-12,8 V. Cependant, dès qu'on lui applique une charge en faisant fonctionner un appareil comme une lampe, un ventilateur ou un téléviseur, ce voltage commence à chuter. Plus l'effort demandé dure, plus la batterie peine à maintenir les 12 V requis pour le fonctionnement de l'appareil. Comme le coureur, elle s'essouffle et se vide de son énergie. Lorsque sa réserve baisse à 50% de sa capacité nominale, sa tension réelle n'est plus que de 12,06 V. Ce point limite atteint, il faut impérativement recharger la batterie, sinon celle-ci subira des dommages importants qui réduiront considérablement sa durée de vie utile.

Les limites des batteries traditionnelles

À quelques exceptions près, les batteries ont une durée de vie similaire que l'on exprime généralement en nombres de cycles de décharge-recharge. Pour une batterie d'excellente qualité de type AGM, la durée de vie sera d'environ 500 cycles complets. Évidemment, pour maximiser la longévité de sa batterie, le caravanier n'attendra pas que sa batterie soit à plat avant de la recharger.

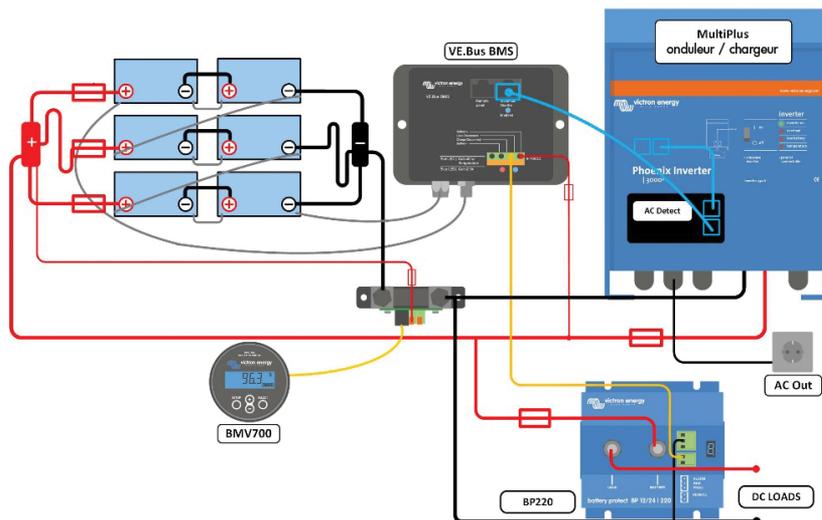
Il importe aussi de savoir que, pour la majorité des batteries, seulement la moitié de l'énergie indiquée sur la plaque signalétique est vraiment utilisable. Ainsi, avec une batterie indiquant 160 A/h, l'on disposera seulement de 80 A/h si l'on ne veut pas accélérer sa détérioration. Un autre facteur, inhérent à la composition de la batterie et au processus de recharge, limite encore davantage l'énergie disponible.

Lorsqu'une batterie en recharge atteint 80% de sa capacité nominale, les chargeurs récents, qualifiés d'intelligents, réduisent considérablement le débit de l'ampérage acheminé dans celle-ci. Ce processus automatique a pour fonction de prévenir une surchauffe des cellules de la batterie et de diminuer le niveau des émissions de gaz toxiques produites par les réactions chimiques en cause. C'est d'ailleurs à cause de ces émanations que les normes prescrivent de toujours placer les batteries dans un contenant ventilé vers l'extérieur du VR.

La famille lithium

La recherche de solutions énergétiques plus efficaces progressant à grands pas, de nouveaux types de batteries sont apparus sur le marché. On a tous entendu parler des batteries au lithium qui équipent les téléphones portables et les tablettes électroniques. Ces batteries lithium-ion constituent une famille aux multiples ramifications. Lithium oxyde de cobalt (LiCoO_2), lithium oxyde de manganèse (LiMn_2O_4), lithium nickel cobalt oxyde de manganèse (LiNiMnCoO_4), autant de noms étranges issus des nouvelles technologies. ▶

Ce diagramme illustre combien les systèmes de gestion électrique se sont complexifiés. Panneaux solaires, contrôleur de charge, écran témoin, disjoncteurs multiples, onduleur, chargeur, sans oublier les batteries et une panoplie de capteurs de sécurité. Chacune des composantes doit opérer en synchronisme avec les autres pour créer l'harmonie nécessaire au bon fonctionnement de l'ensemble. Elle est loin l'époque où relier deux câbles à une batterie suffisait pour allumer une ampoule.



Ce panneau de contrôle fabriqué par Victron permet d'obtenir en temps réel plusieurs renseignements essentiels à la gestion de l'énergie électrique à bord d'un VR. En haut à gauche, l'icône jaune indique que le véhicule est en mode autonome et ne reçoit aucun apport provenant du courant de secteur. Immédiatement à droite, l'on sait que l'onduleur (en bleu) est fermé. L'icône verte ne montre aucune dépense de courant alternatif. En bas, à gauche, on apprend que la batterie est chargée à 100%, que son voltage est à 13,4 V et qu'elle reçoit un apport d'énergie de 72 watts. La petite icône au centre indique que le système dépense 13 watts alors qu'à droite, l'icône orangée renseigne sur l'énergie provenant des panneaux solaires (85 W).



Chacune présente des forces et des faiblesses en fonction de l'usage auquel elle sera destinée. Certaines offrent une excellente résistance à la chaleur, d'autres affichent une longue durée de vie, d'autres sont frileuses et tolèrent moins les basses températures, bref, les usages sont multiples.

Parmi celles-ci, il en est une, la LiFePO₄, dont le symbole chimique indique qu'elle combine le lithium, le fer et le phosphate. Cette batterie constitue une avancée technologique fort intéressante et présente des caractéristiques exceptionnelles pour une utilisation dans un véhicule récréatif. Entièrement scellée, ne libérant aucune émanation toxique, elle peut se placer debout, couchée ou sur le côté en fonction des contraintes d'espace du VR. Leur masse et leur volume représentant 70% d'une batterie traditionnelle, les LFP (comme on les nomme souvent) fournissent beaucoup plus d'énergie utilisable que les batteries traditionnelles. Alors que ces dernières affichent une capacité réelle d'environ 30% de leur capacité nominale, la LFP permet d'utiliser jusqu'à 90% de l'énergie emmagasinée. Lorsque la batterie atteint le seuil de 10%, un mécanisme de sécurité ferme complètement le système afin de ne pas l'endommager.

Ces batteries sont dotées d'un système de gestion sophistiqué nommé BMS (*battery management system*) qui régularise la tension entre les différentes cellules lors de la recharge. Il comprend aussi un mécanisme de protection bloquant automatiquement l'apport ou la dépense de courant lorsque le voltage se situe en dehors d'une plage jugée sécuritaire. De plus, il permet aux LFP d'être rechargées à haut régime, sans ralentir la cadence jusqu'à ce qu'elles aient atteint leur pleine capacité, contrairement aux batteries traditionnelles dont la recharge ralentit vers la fin.

L'AUTONOMIE DE LA BATTERIE AU LITHIUM

Rien ne vaut un cas concret pour saisir comment une théorie peut s'implanter dans la vie quotidienne à bord d'un VR, surtout lorsqu'on traite d'une chose aussi mystérieuse, complexe et insaisissable que l'électricité. Une nouvelle autocaravane de classe B achetée chez un manufacturier québécois nous a permis d'implanter un système de gestion de l'énergie utilisant une batterie lithium-fer-phosphate 12 V de 160 A/h. L'installation et la mise en marche de ce système fut réalisée par Volts Énergie, une entreprise spécialisée en la matière, de Laval.

Parler d'un système implique automatiquement des composantes interreliées et travaillant en harmonie. Voici donc un aperçu des autres appareils et accessoires installés dans le Sprinter LX-19.

À l'extérieur, sur le toit, deux panneaux solaires monocristallins (plus efficaces que les polycristallins) de 95 W sont branchés en série et reliés à un

contrôleur de charge de type MPPT à l'intérieur du VR. Grâce à des algorithmes savants, ce contrôleur atteint une efficacité de captation de l'énergie d'environ 40% supérieure à celle des contrôleurs PWM. Celui-ci est, en quelque sorte, le cerveau du système énergétique. Celui que nous avons utilisé, le Multiplus, était de marque Victron, un leader européen dont les systèmes se trouvent sur nombre de grands voiliers océaniques.

Le Multiplus est en fait un convertisseur sinusoïdal puissant (un onduleur de 2 000 W) et un chargeur sophistiqué à technologie de charge adaptative doté d'un commutateur de transfert CA ultrarapide. Tellement rapide que les appareils électroniques à bord continuaient de fonctionner sans interruption lorsqu'on débranchait le VR du secteur.

Cet appareil est responsable de la gestion de la plupart des fonctions électriques à bord. Rattaché à la fois aux panneaux solaires, à l'alternateur du

Sprinter et à l'entrée électrique de 30 A, il est responsable de l'harmonie et de la fluidité essentielles au bon fonctionnement de l'ensemble. Ainsi, lorsqu'il est branché au secteur, il analyse la fréquence du courant disponible et crée une courbe sinusoïdale identique à celle fournie par la compagnie d'électricité.

Le Multiplus peut également combiner le courant provenant du camping à celui de la batterie. Supposons un instant que l'énergie offerte par le camping ne soit que de 15 A et que la demande énergétique des appareils dans le VR atteigne 30 A. Automatiquement, le Multiplus utilisera les 15 A du camping et comblera la différence en puisant dans la batterie. Lorsque cessera le besoin d'une telle puissance et que la situation reviendra à la normale, il rechargera la batterie avec le courant du camping.

Chaque fois que le moteur du VR démarre, son alternateur pousse vers la batterie toute l'énergie qu'il

Un autre avantage important à souligner concernant les LFP touche au nombre de cycles complets de recharge-décharge qu'elles peuvent supporter avant de rendre l'âme. Celui-ci peut atteindre 5 000 cycles, soit dix fois plus qu'une batterie traditionnelle. Devant des caractéristiques aussi impressionnantes, il est légitime de se demander pourquoi les batteries LiFePO₄ ne se retrouvent pas plus fréquemment dans nos véhicules récréatifs. La réponse est fort simple. D'une part, elles sont très onéreuses, un point majeur qui contribue à freiner leur pénétration du marché. De plus, il est contraindre de simplement remplacer une batterie traditionnelle par une LiFePO₄ sans modifier d'autres composantes du système de gestion de l'énergie à bord d'un véhicule récréatif, ce qui ajoute encore au coût total de la transition.

Et ce n'est pas fini!

Ces considérations amènent à se questionner sur la valeur ajoutée réelle que procure un système de gestion de l'énergie aussi évolué. Pour le caravanier qui, chaque soir, relie son véhicule récréatif au bloc d'alimentation électrique de son emplacement de camping, il est clair que ces frais de plusieurs milliers de dollars ne justifient pas un tel achat. Par contre, les fervents de camping autonome avides de découvrir de nouveaux espaces en toute liberté, sans se soucier vraiment de l'énergie électrique résiduelle, devraient étudier sérieusement la possibilité d'opter pour un tel système.

Il importe aussi de savoir que, pour la majorité des batteries, seulement la moitié de l'énergie indiquée sur la plaque signalétique est vraiment utilisable.

Autre preuve qu'une énergie électrique aussi abondante qu'efficace est dans l'air du temps, au moins deux constructeurs canadiens de VR de classe B, Roadtrek et Pleasure Way, proposent maintenant à leur clientèle une option faisant appel à cette technologie. Cette avenue leur permet de contourner un certain nombre de problèmes inhérents au gabarit des véhicules de classe B (volume intérieur restreint, limite de masse), tout en augmentant leur autonomie énergétique et en diminuant leur empreinte carbone.

Ces nouveaux systèmes ne représentent cependant qu'un pas dans l'évolution de la gestion de l'énergie. Déjà, une autre technologie émergente suscite beaucoup de recherches et d'intérêt: celle des supercondensateurs. Si cette avancée majeure risque de révolutionner notre approche de la conservation de l'énergie, il faudra encore attendre quelques années avant d'assister à sa commercialisation. 

À L'ESSAI DANS UNE CLASSE B

peut produire. Cette charge à haut régime (200 A/h) ne peut en aucun cas nuire à la batterie, car celle-ci interrompt sur-le-champ le processus de recharge dès que sa charge complète est atteinte. Par conséquent, aucune surchauffe possible.

Passons sous silence d'autres composantes techniques dont les noms barbares n'intéressent que les experts en électricité pour ne mentionner que l'écran de contrôle, un accessoire clé qui permet de voir en temps réel comment se comporte chacun des éléments du système et surtout combien il reste d'énergie dans la batterie.

Terminons par une anecdote illustrant la performance d'un tel système. Alors que le véhicule était sur un emplacement sans service dans un camping municipal de l'est du Canada, il nous est venu l'idée de faire cuire une pizza et de la manger sur le bord de l'eau. L'occasion de mettre ce système à l'épreuve ne pouvait être meilleure. Une fois sorti, le four à convection

de comptoir de 1 685 W a chauffé sans arrêt pendant 26 minutes, maintenant la température du four à 232 °C (450 °F). Avant de commencer ces tests, le panneau de contrôle CCGX indiquait une réserve de 94 %. Je dois dire aussi que mes deux frigos fonctionnaient, tirant 62 W alors que l'onduleur ajoutait encore 16 W.

Le lendemain matin, alors que les deux frigos de la petite autocaravane avaient fonctionné toute la nuit et que l'onduleur n'avait pas été débranché, après trois cafés préparés à l'aide d'une machine Nespresso, le panneau de contrôle indiquait toujours une réserve de 27%. Quant au voltage de la batterie, il était à 13,0. Avant la fin de la matinée, le soleil ayant fait son œuvre, le CCGX indiquait à nouveau 100%. Un essai similaire, réalisé quelque temps plus tard, dans des conditions météorologiques moins favorables, a fait descendre la réserve de batterie à 17%. Malgré un niveau aussi bas, l'écran de contrôle indiquait toujours un voltage de 12,8 V. PL



Entièrement autonome, sans aucune restriction au plan énergétique, sur le bord de la baie des Chaleurs au Camping municipal de Caraquet, NB. Le rêve quoi!