

ÉNERGIE

Les supercondensateurs font feu de tout bois

Remis au goût du jour depuis que Tesla l'a désigné comme successeur potentiel des batteries lithium-ion dans les véhicules électriques, le supercondensateur ne cesse de s'améliorer pour atteindre cet objectif. Mais de gros progrès restent à faire. Parallèlement, le « supercondo » peaufine sa résistance aux environnements sévères, s'affirme dans les alimentations de secours et s'adapte à l'IoT.

Commercialisé depuis le milieu des années 1970, le supercondensateur (également appelé condensateur à double couche électrochimique ou EDLC dans sa version anglo-saxonne pour *electrochemical double layer capacitor*) a connu un regain d'intérêt certain lorsque le très médiatique président de Tesla, Elon Musk, lança cette phrase lors de l'édition 2011 du CleanTech Forum : « *Il est fort probable que l'avenir des véhicules électriques s'écrive grâce aux supercondensateurs et non aux batteries.* » Huit ans après, le patron de Tesla semble toujours aussi convaincu par le potentiel des supercondensateurs dans les véhicules électriques puisque le groupe américain a déboursé début 2019 la bagatelle de 218 millions de dollars pour acquérir son compatriote Maxwell Technologies, une société spécialisée dans les supercondensateurs, justement.

Des performances intéressantes mais...

Il faut dire que, par rapport aux batteries, même celles aux lithium-ion, les supercondensateurs présentent des caractéristiques particulièrement intéressantes pour le véhicule électrique (voir *Electroniques n°100*, pp. 51 à 53), à commencer par leur capacité à se recharger et se décharger très rapidement et à délivrer une forte densité de puissance (plusieurs kW/kg – voire quelques



➔ En rachetant début 2019 Maxwell Technologies, une société spécialisée dans les supercondensateurs, Tesla confirme son intérêt pour cette technologie qu'Elon Musk estime capable, à terme, de remplacer les batteries lithium-ion dans les véhicules électriques.

seulement 1,5 kW/kg pour une batterie lithium-ion). Mais les avantages du supercondensateur ne s'arrêtent pas là. On peut également citer sa très grande cyclabilité (plusieurs millions de cycles de recharge/décharge contre 1000 environ maximum pour une batterie lithium-ion), sa capacité à fonctionner dans une plage de température étendue (-40°C à +65°C), une plus grande facilité de recyclage, ainsi que l'absence de risque d'explosion. Ce dernier point est crucial, l'actualité récente ayant démontré que ce risque était bel et bien présent avec les batteries lithium-ion. En mai 2018, suite à un accident de la route, une Tesla modèle S s'est en effet embrasée, tuant ses deux passagers. Même si les causes ne sont pas encore clairement établies, une plainte a été lancée en janvier 2019 contre Tesla, plainte mettant en cause la batterie du véhicule qui serait à

lié à la sécurité est également important dans le secteur industriel et manufacturier.

... des progrès restent à faire

Bien que les supercondensateurs s'avèrent particulièrement intéressants pour cette application, ce n'est pas encore la solution idéale pour remplacer les batteries lithium-ion dans les véhicules électriques puisqu'ils pêchent encore en termes de densité d'énergie. Avec 4 à 10 Wh/kg pour les versions commerciales, on gagne certes deux ordres de grandeur par rapport aux condensateurs traditionnels, mais on est encore très loin des 100 à 265 Wh/kg des batteries à lithium-ion du marché. Des travaux de R&D menés récemment montrent cependant que le potentiel d'amélioration des performances de ces composants est très important au point qu'il sera sans doute pos-

des performances des batteries en matière de capacité de stockage d'énergie, en particulier grâce aux nanotechnologies. Autre inconvénient pour les supercondensateurs, l'autodécharge y est plus importante que dans une batterie.

Une solution souvent complémentaire

En attendant de pouvoir remplacer les batteries, et notamment les batteries lithium-ion dans les véhicules électriques, le supercondensateur arrive de plus en plus souvent en complément de la batterie pour améliorer une solution globale de stockage de l'énergie électrique dans les applications de puissance. Et dans cette combinaison de moyens de stockage, à chacun son rôle. À la batterie celui de stocker une quantité d'énergie électrique importante et aux supercondensateurs celui de répondre à des demandes de pics de puissance du système, tout en évitant de solliciter trop fortement la batterie et en préservant ainsi sa durée de vie. Le tout en



➤ Signé Arbor Technology, cet onduleur à supercondensateurs est doté d'une connectivité longue portée basse consommation de type LoRa et joue ainsi un rôle de nœuds de capteurs d'IoT industriel pour l'industrie 4.0.

du système. Cette association batterie-supercondensateurs existent déjà dans les applications de véhicules électriques, mais aussi dans les domaines du transport et des énergies renouvelables, en particulier dans le photovoltaïque. Des technologies de supercondensateurs hybrides sont également exploitées. Dans le domaine du transport urbain, par exemple, le sous-traitant en électronique Centum Adetel a développé PowerLic, un dispositif de conversion et de stockage de l'énergie à base de supercondensateurs au lithium-ion – à capacité deux fois plus importante que celle des supercondensateurs traditionnels – dédié au stockage de l'énergie électrique dans les matériels roulants. Grâce à cette énergie, un tramway peut, par exemple, fonctionner un moment sans caténaire, ce qui réduit les frais d'infrastructure.

Les alimentations de secours en sont friandes

Parmi les applications phares des supercondensateurs actuellement se trouvent les solutions d'alimentation de secours et de puissance à destination des applications industrielles et médicales. C'est ce constat qui a mené Powerbox à développer et commercialiser il y a quelques mois sa technologie de booster à supercondensateurs, dite S-Cap Boost.

gent de commande et de surveillance très stricte de la charge des supercondensateurs pour optimiser l'énergie stockée entre chaque cycle, avec des niveaux très élevés de sécurité et de fiabilité, S-Cap Boost offre une solution pour les constructeurs d'équipements qui ont besoin

de fournir une forte énergie sur de courtes périodes, ou de dispositifs d'alimentation de secours pour des applications où les batteries lithium-ion ou à l'acide ne sont pas autorisées, du fait des réglementations relatives à la sûreté. Selon l'application, il est possible de configurer S-Cap Boost pour charger et surveiller des bancs de supercondensateurs servant d'alimentation sans interruption (UPS). Cette configuration permet la mise en œuvre d'une alimentation de secours autorisant des opérations sécurisées avant une coupure, ou pour délivrer une forte puissance crête sur une courte période, sans perturber la source principale ou décharger/endommager la batterie du système dans certaines applications (lasers industriels, boosters de moteurs électriques, éléments d'émission de rayons X, etc.).

Un exemple possible de produit exploitant la technologie S-Cap Boost concerne un système d'alimentation de secours d'une puissance de 2500 W, développé pour un ordinateur de contrôle de processus industriel installé dans une zone à accès extrêmement restreint.

Un onduleur connecté à base de « supercondo »

Pour sa part, Arbor Technology, spécialiste américain de l'informatique industrielle et des solutions d'IoT industriel, a dévoilé lors de l'édition 2018 d'Electronica qui s'est déroulée en novembre dernier à Munich, ce qu'il présente comme le premier onduleur à base de supercondensateurs, connecté en

loppé spécialement pour les Panel PC et les PC industriels, cette solution 2-en-1 nommée SCP Cube sert non seulement d'onduleur à supercondensateurs – en fournissant une alimentation de secours pendant quelques minutes, le temps par exemple de permettre au système d'effectuer un arrêt sécurisé afin d'éviter tout dommage, tant matériel que logiciel, aux équipements – mais également de nœuds de capteurs d'IoT industriel grâce à sa technologie de transmission longue distance basse consommation (LoRaWAN) de type LoRa. Grâce à sa fonctionnalité LoRaWAN, ce dispositif peut collecter des données depuis des capteurs déployés sur des machines de production, et envoyer ces informations (telles que la charge du processeur, la température, le courant, la tension et l'alimentation) vers une passerelle centrale dont le rôle consiste à surveiller ces données et à réagir à toute anomalie détectée, en lançant par exemple, une réinitialisation du système. Le SCP Cube peut également fonctionner avec des passerelles centrales et des serveurs cloud pour former une solution complète d'IoT industriel. Arbor met en place des serveurs cloud et envisage même d'offrir à ses clients des services de surveillance des machines et d'analyse de données sur une base de souscription mensuelle. Bref, on est

clairement ici dans une démarche d'industrie 4.0. « À notre connaissance, seuls deux fabricants au monde, nous compris, fournissent à ce jour des onduleurs à supercondensateurs. Mais Arbor Technology est le seul fournisseur à introduire un tel dispositif tout-en-un associant un module LoRa, des capteurs et une interface utilisateur », affirme Lin Yang-Cheng, directeur associé de la division automatisation industrielle d'Arbor Technology. La société ne compte d'ailleurs pas s'arrêter là et planche déjà sur un SCP Cube basé sur une technologie de communication de type NB-IoT (Narrow Band-IoT) afin de répondre de manière plus flexible aux besoins spécifiques de l'IIoT.

Capacité de charge en hausse

En ce qui concerne les supercondensateurs proprement dits, des annonces récentes ont montré une amélioration intéressante des performances de ces composants. Ainsi la société sud-coréenne Vinatech, dont le distributeur officiel en France est Manudax, a-t-elle introduit l'an dernier une série de supercondensateurs hybrides (condensateur à double couche électrochimique – ou EDLC – et batterie lithium-ion) de 3,8V affichant une densité d'énergie jusqu'à quatre fois supérieure à celle des supercondensateurs traditionnels de 3V. Proposés dans

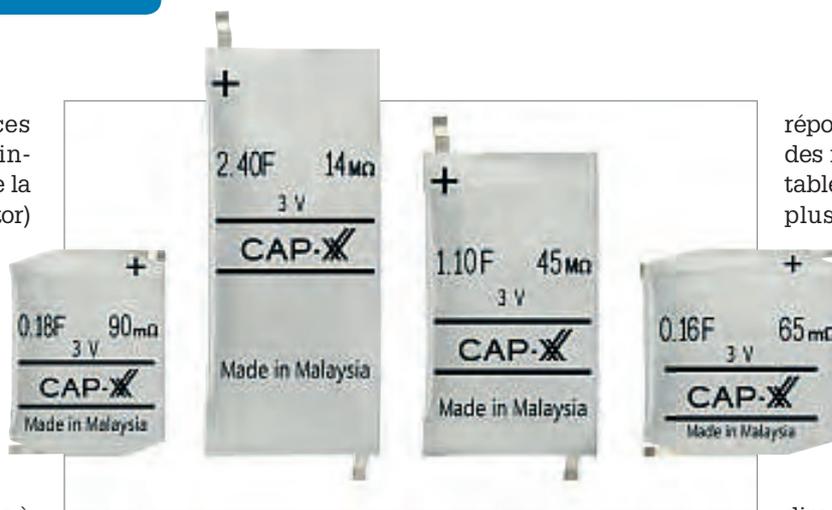


➤ Œuvre du fabricant sud-coréen Vinatech, distribué en France par Manudax, la série NEO est une gamme de supercondensateurs s'affranchissant du phénomène de vieillissement (wattling) rencontré quand ce type de composants

la gamme 20F à 270F, ces supercondensateurs cylindriques à sorties radiales de la série LIC (lithium ion capacitor) utilisent du carbone activé avec une électrode au lithium afin d'obtenir une forte densité d'énergie et des caractéristiques d'auto-décharge d'excellente facture. Les LIC du sud-coréen fonctionnent entre -30°C et +70°C à 3,8V, et jusqu'à +85°C si la tension est limitée à 3V. Leur durée de vie excède 100 000 cycles de recharge/décharge, soit une valeur supérieure d'environ deux ordres de grandeur comparée à celle des batteries. La gamme LIC couvre une plage de capacité allant de 20F à 270F et présente des dimensions (diamètre x longueur) allant de 10x30 mm à 25x40 mm. Une version de 10F, plus compacte, devrait prochainement être disponible. À noter que malgré sa nature hybride et la mention «lithium» figurant dans sa dénomination, la série LIC est conforme aux directives RoHS, WEEE & Reach et n'est pas soumise aux limitations de transport international se rapportant aux batteries au lithium.

S'adapter aux environnements extrêmes

Les supercondensateurs soignent également leur résistance aux environnements sévères. Vishay Intertechnology, par exemple, a lancé l'an dernier une série de supercondensateurs capables de fonctionner à température et taux d'humidité élevés. Ces composants nommés 225 EDLC-R Enycap offrent ainsi une durée de vie de 2000 heures à +85°C, ce qui constitue une première dans l'industrie, selon le groupe américain. Leur bonne tenue à des environnements sévères les destine à un grand nombre d'applications industrielles et automobiles, ainsi qu'aux énergies renouvelables : les compteurs intelligents, les appareils électroniques portatifs, la robotique, les panneaux solaires, les



➤ Avec sa gamme de supercondensateurs ultrafins (moins de 2mm d'épaisseur) déclinés en version 3V, c'est-à-dire fonctionnant sans l'aide d'un LDO, l'australien Cap-XX vise les applications de «wearables» et plus généralement l'IoT.

meture de portes, l'éclairage de secours, etc. Parmi les autres caractéristiques de la gamme 225 EDLC-R Enycap en versions radiales de 16x20 mm à 18x40 mm, notons une plage de capacité se situant de 20F à 60F, pour une tension nominale de 2,7V à 65°C (2,3V à +85°C) et une densité d'énergie atteignant 4,1 Wh/kg.

Contre le phénomène de « mouillage »

Toujours dans le souci d'adapter les supercondensateurs aux environnements extrêmes, le sud-coréen **Vinatech** s'est de son côté penché sur le phénomène de mouillage (*wetting*) qui intervient sur les supercondensateurs, quand ceux-ci sont utilisés en dehors des plages recommandées par le fabricant, notamment dans des conditions de forte humidité. Ce phénomène est souvent identifié lorsque ces composants sont employés dans des régions telles que le Moyen-Orient, l'Afrique de l'Ouest, l'Amérique centrale et certaines régions d'Asie. «*Inhérent à tous les supercondensateurs, le phénomène de mouillage, qui ne prend place que sur la broche négative des composants radiaux, en particulier ceux fonctionnant à 2,7V, se traduit par une substance noire qui laisse généralement le supercondensateur en état de fonctionnement, mais altère le circuit imprimé. Vinatech est le premier fabricant de supercon-*

solution "physique" à ce phénomène avec sa série NEO», affirme Philippe Matoulet, président de Manudax France, représentant officiel de **Vinatech** en France (Madudax est également distributeur d'un autre fabricant coréen de supercondensateurs : LS Mitron).

Disponible en volume, la série NEO, qui se décline en version 2,7V et 3V, est compatible broche à broche avec la gamme standard du fabricant et couvre la même plage de température de fonctionnement (-40°C à +65°C) avec une cyclabilité dépassant toujours les 500 000 recharges/décharges. Et cerise sur le gâteau, le courant de fuite est réduit par rapport à celui des versions standards. En déclinaisons radiales, la gamme NEO est disponible de 1 à 100 F (0,5F à 12,5F en format module).

L'IoT aussi en ligne de mire

Il est intéressant de noter que les évolutions technologiques des supercondensateurs ne concernent pas uniquement les applications de puissance. À l'image de la société australienne CAP-XX qui a développé ce qu'elle qualifie de premiers supercondensateurs prismatiques fins du marché pouvant être associés à une alimentation de 3V. Avec ces composants combinant de manière inédite très faibles épaisseurs (moins de 2mm) et tension de

répondre à une demande forte des fabricants d'appareils portables sur soi (*wearables*) et, plus globalement, d'objets connectés pour lesquels les contraintes d'encombrement (notamment d'épaisseur) et d'autonomie énergétique sont importantes. En effet, les supercondensateurs en question

peuvent être alimentés directement par une pile bouton de 3V sans l'intermédiaire d'un régulateur de tension linéaire (LDO) destiné à abaisser la tension à 2,7V. Du fait de l'absence de LDO, les supercondensateurs 3V sont plus compacts, plus efficaces (densité de puissance augmentée de 23 %, capacité de stockage améliorée de 42 %, faible courant de fuite) et moins onéreux que les déclinaisons traditionnelles en 2,7V (coûts réduits d'environ 20 à 25 %), selon le fabricant australien. Qui plus est, les piles-boutons 3V utilisées seules fournissent des énergies raisonnables pour les applications visées ici (de l'ordre de 220 mAh), mais peinent à délivrer les pics de puissance (environ 100mA) nécessaires à l'acquisition et la transmission sans fil des données compte tenu d'une chute de tension (supérieure à 20 %) au moment de délivrer le courant à la charge. Ce problème est en revanche résolu dès lors qu'un supercondensateur de CAP-XX est associé directement à la pile-bouton, les 3V de tension étant maintenus constants, compte tenu de la très faible résistance série équivalente (ESR) du composant. En termes d'encombrement, ces supercondensateurs prismatiques fins 3V seront disponibles avec des empreintes identiques à celles des modèles 2,7V de l'australien (série Z : 20x15mm; série A : 20x18mm; série W : 17,5 x 28,5 mm ; série S : 17,5 x 39,5 mm) pour des épaisseurs allant de 0,9 à 1,9mm.

PASCAL COUTANCE AVEC LA PARTICIPATION DE PHILIPPE