

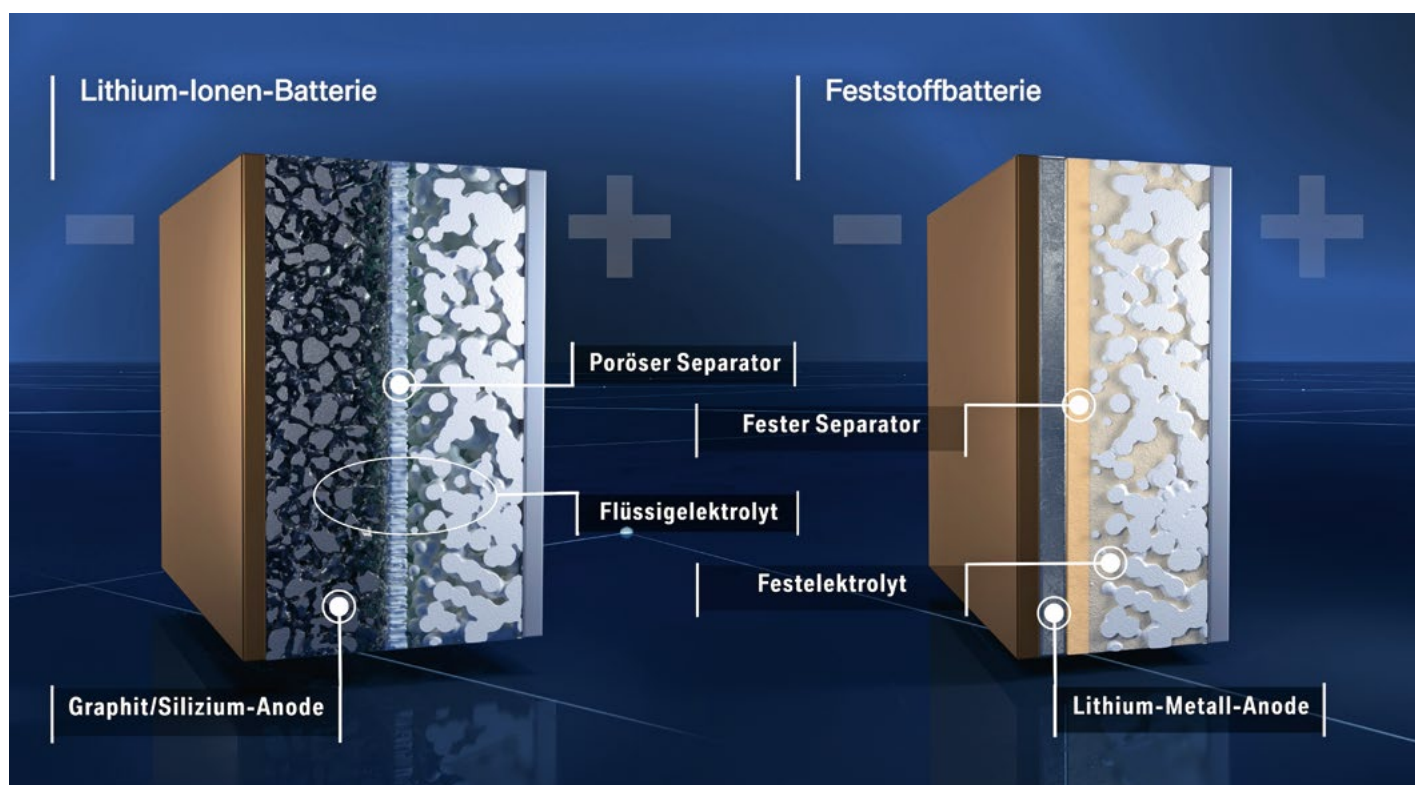
Piles à l'état solide – évolution et/ou révolution ?

Déploiement en série attendue prochainement

Les véhicules électriques à batterie devraient permettre d'améliorer le bilan carbone du transport routier. Actuellement, les chiffres de vente sont inférieurs aux attentes des importateurs. Une autonomie nettement plus grande et des temps de charge drastiquement plus rapides pourraient donner un nouvel élan à l'e-mobilité grâce aux batteries à l'état solide. **Andreas Senger**

Le talon d'Achille de la mobilité électrique à batterie reste le stockage de l'énergie. Les coûts sont élevés malgré l'automatisation et surtout la production à bas prix en provenance d'Asie, et la capacité de stockage est nettement inférieure à celle d'une source d'énergie chimique (comme l'essence ou le diesel) en termes de volume et de masse. En conséquence, les fabricants de batteries et d'automobiles mènent des recherches intensives sur de nouvelles chimies de cellules et testent leur utilisation en série. L'objectif est de pouvoir stocker plus d'énergie par masse tout en permettant de répondre aux exigences d'une batterie de traction – comme des courants de charge et de décharge élevés ainsi qu'une large fenêtre de température en fonctionnement. Les plus prometteuses sont actuellement les batteries à l'état solide – en anglais « Solid-State Batteries », abrégé SSB. Cette nouvelle technologie se base sur la technique lithium-ion bien connue et ne dispose pas d'un

électrolyte liquide, mais solide. L'avantage : pour un volume comparable, il est possible d'obtenir des densités énergétiques plus élevées. Au lieu d'une capacité d'environ 120 Wh par kg de masse, les SSB peuvent stocker jusqu'à 500 Wh/kg. L'autonomie augmente ainsi de manière significative pour une même masse de batterie. Mercedes a présenté les premiers prototypes d'un modèle EQS modifié, qui devrait permettre une autonomie de plus de 1000 km. La densité énergétique plus élevée est sans aucun doute l'atout des batteries à l'état solide. La technologie présente toutefois quelques défis techniques difficiles à maîtriser. Il est frappant de constater que les SSB se dilatent de manière volumétrique lors de la charge et de la décharge. L'augmentation et la diminution du volume peuvent aller jusqu'à 10%. La structure d'un module de batterie contenant ces cellules doit en conséquence présenter une possibilité de dilatation et les connecteurs des cellules doivent être élastiques afin de



La comparaison entre une batterie lithium-ion (à gauche) et une batterie à l'état solide n'est pas si grande au premier abord : le séparateur solide et l'électrolyte solide sautent aux yeux. La batterie à l'état solide change de volume en fonction du SOC, ce qui rend l'installation des cellules en un module de batterie plus compliquée. Photo : BMW



Le développement et l'application des batteries solides dans les véhicules sont loin d'être terminés. Pour pouvoir utiliser cette nouvelle technologie, la gestion thermique et la gestion de la batterie doivent être adaptées. Les premières applications sont par exemple annoncées par BMW dans la « nouvelle classe ». Photo : BMW

garantir une connexion sûre même après de nombreux cycles de charge et de décharge. Les connecteurs de cellules, en particulier, doivent être repensés et conçus de manière flexible, ce qui pose également des défis en matière d'automatisation de la production. La conductivité pour les ions de lithium est également un défi dans l'ASS. Pour que les ions puissent circuler à travers le séparateur solide et au moyen de l'électrolyte solide, les batteries solides actuelles doivent être portées à une température d'environ 80 °C. La température de l'électrolyte solide doit être inférieure à celle de l'électrolyte solide. Cela implique un effort nettement plus important en matière de gestion thermique pour amener la batterie à sa température de fonctionnement avant de prendre la route, en particulier lorsque les températures extérieures sont basses. Afin d'exploiter le potentiel énergétique plus élevé, les clients devraient à l'avenir planifier encore mieux, en particulier en hiver, le moment exact où le véhicule doit être utilisé. Une fois le véhicule branché à la borne de recharge, l'énergie de chauffage nécessaire peut être fournie à partir du réseau et la batterie peut être chauffée à l'heure souhaitée afin d'exploiter au mieux son potentiel.

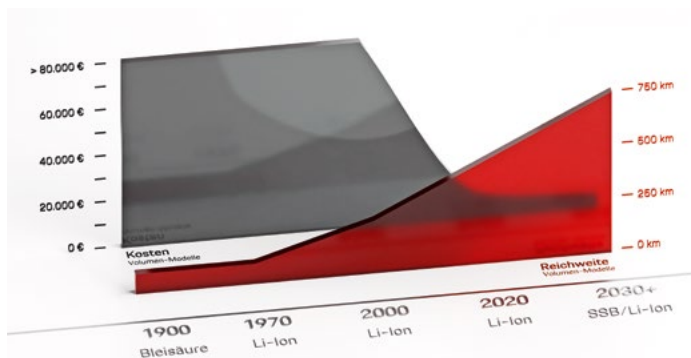
Troisième tâche, tout aussi délicate, dans le développement : les SSB ont tendance à former davantage de dendrites. Comme l'anode est constituée de lithium métallique pur plutôt que principalement de graphite, il se forme plutôt des branches de lithium très fines. En particulier lors d'une charge rapide, ces ostes de lithium peuvent se former, traverser l'électrolyte solide et le séparateur solide et entraîner une fermeture de la cellule. C'est pourquoi la conception et la programmation du système de gestion de la batterie (BMS) sont nettement plus complexes et doivent pouvoir coopérer de manière encore plus optimale avec la gestion thermique du véhicule. Pour garantir la durée de vie et la sécurité de la batterie, les systèmes doivent donc fonctionner

ensemble de manière encore plus efficace. Les compatibilités entre les matériaux des électrolytes et des électrodes constituent un autre défi. Ceux-ci peuvent être sensibles à l'humidité de l'air et devenir instables.

Doublement de la vitesse de chargement possible

Les adaptations techniques dans un véhicule sont par conséquent importantes et nécessitent parfois des technologies inédites. La température de travail élevée ainsi que la dilatation volumétrique des cellules lors de la charge et de la décharge constituent notamment un casse-tête. Les premiers prototypes de différents constructeurs automobiles sont encourageants : la capacité devrait être de 30 à 50 % supérieure à celle des batteries lithium-ion conventionnelles et la vitesse de charge devrait être doublée. L'utilisation en série, prévue et imminente, présente toutefois encore quelques points d'achoppement. Ainsi, la stabilité des cellules n'est pas encore satisfaisante, ce qui rend la durée de vie problématique. De plus, les coûts de production sont actuellement encore nettement plus élevés, car le matériau de l'anode doit être constitué de lithium très pur. Et un autre défi : la résistance au cyclage ne peut pas encore être garantie pour tous les ASS. Pour des raisons de garantie, l'utilisation dans un véhicule est donc encore un peu plus éloignée que ne le laissent entendre certains fournisseurs. Sur certains prototypes, les performances diminueraient déjà après quelques centaines de cycles de charge et de décharge. Donc, en plus du défi matériel que représente l'expansion du volume, la longévité n'est pas encore au niveau souhaité. Les chimies de cellules actuelles comme le NMC (nickel-manganèse-cobalt), le NCA (nickel-cobalt-aluminium) ou le LFP (lithium-phosphate de fer) ont montré dans la pratique que la durée de garantie exigée, généralement de huit ans ou de 160 000 à 240 000 km,

Suite page 26

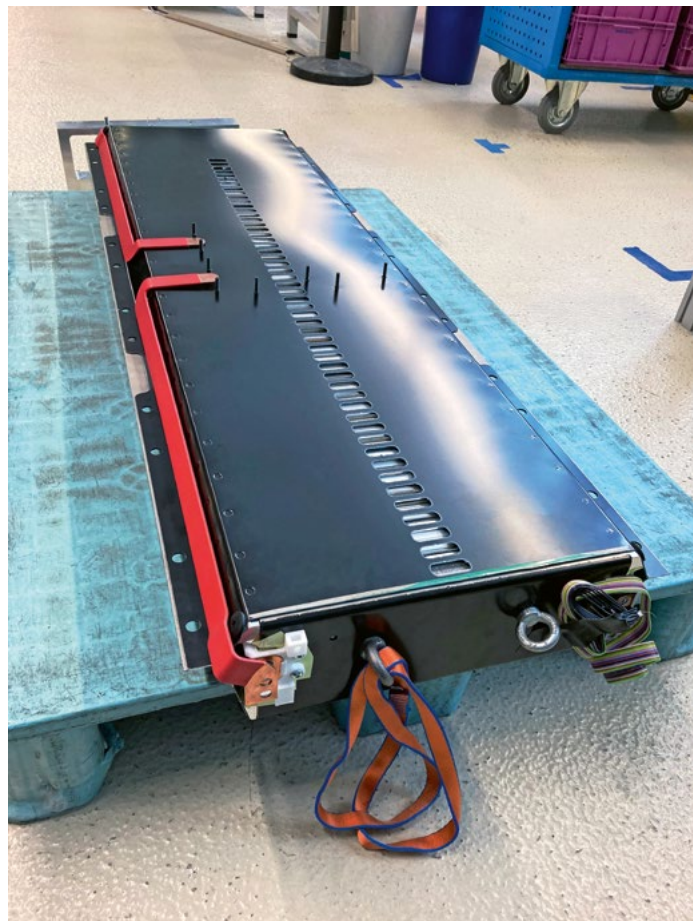


Grâce à la batterie à l'état solide (SSB, Solid-State Battery), l'autonomie fera un bond considérable et les coûts de production en grande série n'augmenteront pas de manière significative. Le passage à la grande série est toutefois moins rapide qu'initialement prévu. Photo : Porsche Consulting/Clara Philippzig

peut souvent être respectée sans problème, sans qu'il y ait de pertes de capacité notables et donc de réduction de l'autonomie. Après cette utilisation calendaire ou kilométrique, la capacité ne doit pas tomber en dessous de 70 %. La dégradation, c'est-à-dire le vieillissement des batteries, est souvent nettement moins importante dans la pratique. Surtout si les clients renoncent autant que possible aux recharges rapides, des SoH (State of Health) de plus de 90 % sont réalisables. Mais ce qui est d'une plus grande importance pour le vieillissement : la résistance interne. Celui-ci augmente en raison du vieillissement et fait rapidement monter la température à des puissances de charge élevées et aussi lors de fortes accélérations, ce qui incite le BMS à limiter la puissance de charge lors de la charge ou à réduire la puissance lors de l'accélération. Un autre point est l'équilibrage des cellules. Ici aussi, la compensation de tension par cellule est maîtrisée pour les chimies de cellules établies grâce à une électronique sophistiquée ou peut être effectuée en atelier après un remplacement de module de batterie. Les SSB doivent également être optimisés sur ces points lors de leur développement, ce qui prend du temps.

Quels sont les fournisseurs en lice ?

Les constructeurs automobiles se sont en principe associés aux fabricants de batteries pour faire progresser la technologie SSB. En principe, les fabricants chinois de batteries et de véhicules ont une longueur d'avance, mais les start-up américaines offrent également un potentiel considérable. Les Chinois proposent déjà sur leur marché national des modèles équipés de batteries à l'état solide. Parmi les constructeurs automobiles japonais, Toyota serait celui qui détient le plus de brevets et travaille également avec un fournisseur. La première utilisation en série d'une batterie à électrolyte solide au sulfure est attendue pour 2027. Nissan est également engagé et annonce une production en série à partir de 2028. Les constructeurs européens coopèrent également avec des spécialistes américains des batteries. Outre Mercedes avec l'EQS, BMW et Ford en sont au stade des prototypes et des essais. Les éventuelles utilisations en série sont communiquées avec retenue. Les premiers modèles de véhicules sont annoncés à partir de 2028. La plupart des fabricants européens parlent de l'ASS pour la distribution en grande série à partir de 2030. Mais pour l'atelier, l'utilisation ne changera pas beaucoup. Au quotidien, le plus gros problème reste les cellules individuelles qui soit ont une fermeture de cellule, soit ne peuvent plus être équilibrées. Le remplacement des modules de batterie est rendu possible par certains fabricants grâce à des offres de pièces de rechange correspondantes, et les fournisseurs indépendants



De l'extérieur, rien ne distingue les nouvelles batteries à l'état solide des batteries conventionnelles au lithium-ion. Mais dans la construction, c'est clair : la modification du volume et la température de travail d'environ 80° C sont coûteuses. Photo : BMW

se spécialisent de plus en plus dans les réparations à bas prix. Un autre défi se présentera également sur les futurs SSB : les fuites dans la gestion thermique et les modules de batterie ainsi inondés provoquent le déclenchement des fusibles de protection. L'étanchéité des gaines de liquide de refroidissement et des boîtiers de batterie sera également un défi pour la batterie à l'état solide. Mais en fin de compte, il faudra voir si la température de travail plus élevée en particulier représente un gain pour l'exploitation au quotidien. Dans les régions où les températures extérieures sont basses, l'avantage du rapport puissance/poids plus élevé ne pourra pas être mis en œuvre de manière rentable, ou alors dans une moindre mesure, si l'énergie de la batterie haute tension est utilisée en continu pour chauffer les cellules pendant la conduite. L'utilisation de SSB dans des bus de ligne (Mercedes eCitaro) a été mise en œuvre de manière positive dans ce sens, car les véhicules sont toujours rechargés temporairement en service de ligne et la température de travail de la batterie peut ainsi être maintenue grâce à une isolation efficace et au courant du réseau pour le chauffage. ●

seit 1975

Höltzsch Altwis

Reparatur von Fahrzeug-Elektronik

Höltzsch Altwis AG
6286 Altwis LU
Tel. 041 917 13 17
www.hoeltzsch-altwis.ch