

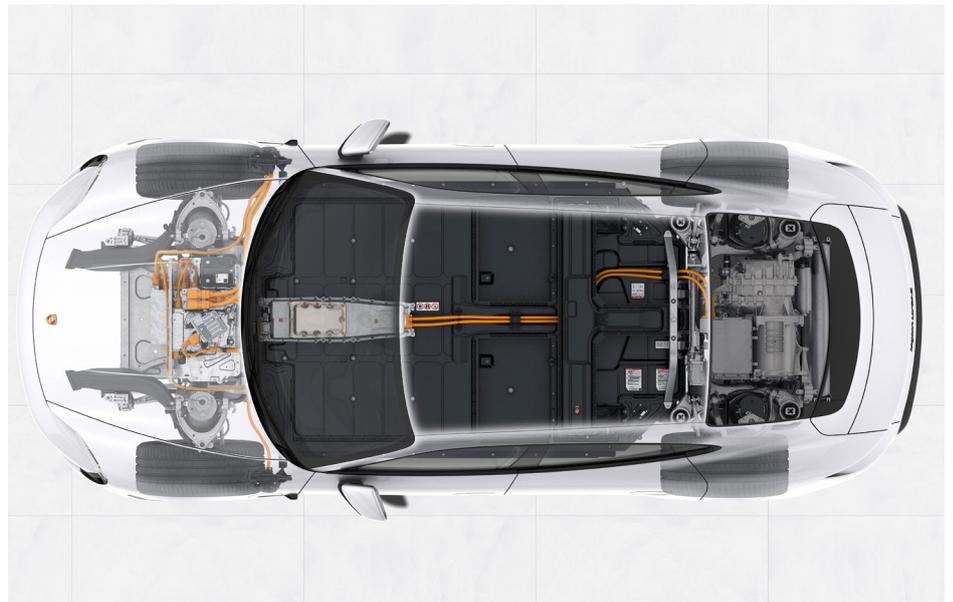
Accumulation électrochimique, défi pour l'électromobilité

# Le défi de l'accumulation d'électricité

La batterie est le talon d'Achille de l'électromobilité. Le moteur à combustion l'emporte face au moteur électrique il y a plus de 120 ans, alors qu'ils sont au coude à coude. Il ne doit pas sa victoire à ses gaz d'échappement nauséabonds, mais à sa maniabilité pour l'utilisateur. La mutation actuelle qui frappe les propulsions dans le but de rouler sans dégager de CO<sub>2</sub> localement montre que le problème de l'accumulation d'énergie n'est pas résolu. **Andreas Senger**

L'offre de véhicules rechargeables, tels que les véhicules électriques à batterie (BEV) ou les hybrides rechargeables, ne cesse de se développer. La pression visant à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et le passage à une propulsion exempte d'émissions encouragent les constructeurs et les importateurs à rendre l'électromobilité intéressante pour la clientèle. Bien que les prises électriques ne délivrent pas d'électricité dépourvue de CO<sub>2</sub> sur le long terme, les BEV sont « bénis à 0 g/km de CO<sub>2</sub> et permettent de réduire la consommation du parc à 95 g/km.

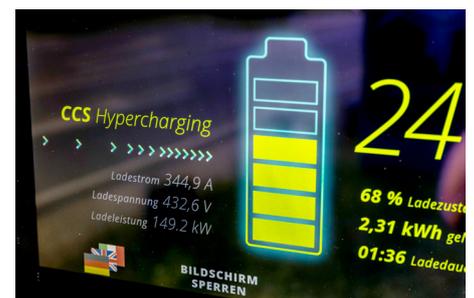
Il est rafraîchissant que la publication spécialisée « Auto Motor und Sport » ait révisé ses critères pour les rapports d'essai de véhicules électriques et qu'elle publie les émissions de CO<sub>2</sub> aux 100 km en fonction du mix d'électricité allemand. En moyenne, les centrales au charbon rejettent 401 g de CO<sub>2</sub> par kWh d'énergie électrique, malgré les parcs éoliens et les panneaux solaires qui sont exempts de CO<sub>2</sub>. En dépit de l'indication de 0 g/km, une grosse BEV consomme environ 25 kWh aux 100 km, soit 25 kWh x 401 g/kWh : 100 km = 100 g/km, donc plus que la limite de consommation du parc de 95 g/km. La Suisse a le privilège de profiter d'une électricité largement dépourvue de CO<sub>2</sub>. Or les émissions ne s'arrêtent toutefois pas à la frontière, et le pays importe de l'électricité d'Allemagne.



Tous les constructeurs automobiles installent actuellement la batterie entre les essieux sous forme d'élément de la plate-forme (en partie comme pièce porteuse de la caisse). Le centre de gravité du véhicule est donc surbaissé, ce qui optimise le comportement de conduite. La sécurité en cas de collision s'en trouve améliorée et les éventuels dégâts que pourrait subir la batterie haute tension ne sont envisageables que dans des cas extrêmes. Photo: Porsche



Les différentes cellules sont réunies dans un module. Pour que la production ne soit pas dangereuse, la tension totale d'un module ne dépasse généralement pas 60V. Photo: Mercedes-Benz



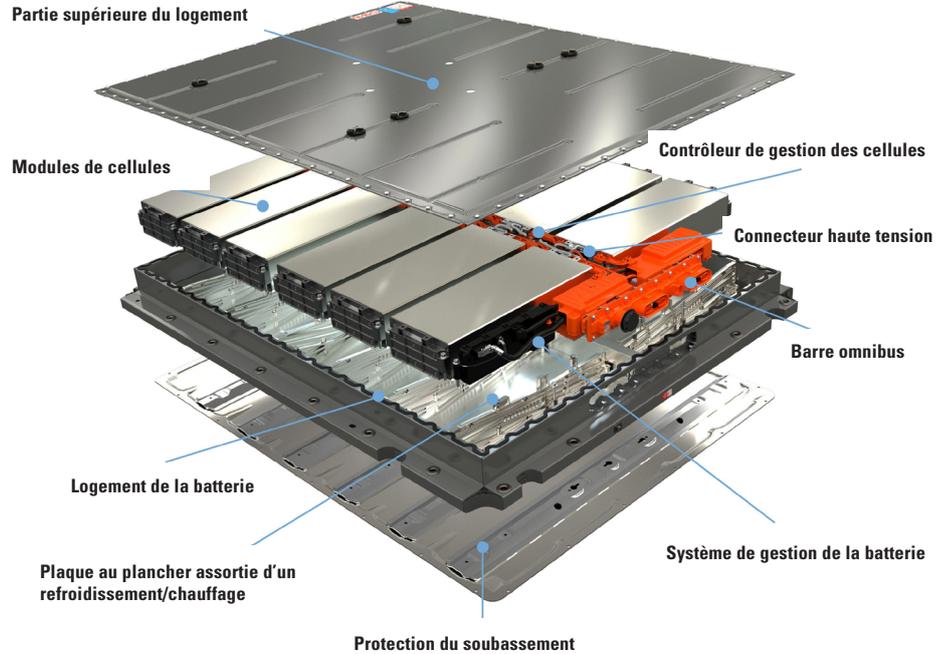
Les recharges rapides permettent de réduire le nombre d'arrêts de ravitaillement, mais ils sollicitent durement la batterie haute tension. Elles sont indispensables lors de longs trajets. Photo: Audi



Pour les clients, le passage à l'électromobilité ne pose aucun problème d'utilisation. Pour autant qu'ils disposent d'un chargeur à leur domicile et, dans le meilleur des cas, au travail, aspect important pour les pendulaires, seule l'autonomie est un critère limitatif. Pour des autonomies généreuses pouvant atteindre 500 km, il faut emporter une batterie d'une tonne pour avoir suffisamment d'énergie électrique à bord. Dans la variante actuelle la plus performante (lithium-ions), cette batterie de propulsion affiche une densité énergétique de quelque 100 Wh/kg et une densité de puissance d'environ 1000 W/kg. Quiconque souhaite déplacer son SUV de 2,5 t de manière sportive doit disposer d'une densité de puissance suffisante et d'une densité énergétique élevée pour l'autonomie.

Si un véhicule aussi lourd consomme 25 kWh/100 km pour un comportement de conduite modéré, il faut 125 kWh d'énergie pour une autonomie de 500 km, ce qui alourdit la batterie. Du point de vue physique, il vaudrait mieux électrifier les petites voitures plutôt que les véhicules lourds. La puissance requise ne baisse que si le véhicule s'allège. La consommation d'énergie permet d'installer des batteries bien plus petites pour des autonomies réduites. Dans le segment des compactes, les différences de prix entre les véhicules électriques et ceux dotés d'un moteur thermique sont trop élevées. Les véhicules onéreux permettent d'autre part d'assurer un rendement.

Autre obstacle technique : une batterie lithium-ion ne devrait être utilisée qu'entre 30 et 80% de sa capacité de stockage pour garantir une durée de vie aussi longue que possible et pour que les pertes de capacité restent faibles. Les batteries li-ions sont sensibles à la décharge profonde et la puissance de charge maximale absorbée n'est pas favorable à sa longévité. Ce SOC (State of Charge) doit être pris en compte par la

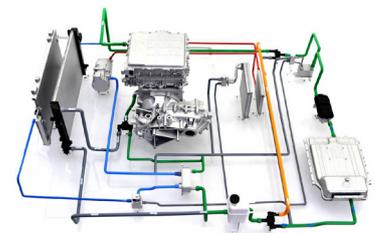


Une batterie haute tension comporte des cellules, mais aussi des modules reliés en série par des connecteurs haute tension pour que la tension nominale soit atteinte. La gestion thermique et la gestion de la charge sont essentielles pour la durée de vie de la batterie et pour en minimiser les pertes de capacité. Photo: Volkswagen

gestion de la charge. Si le tableau de bord indique un niveau de charge de 100 %, il s'agit d'un SOC d'environ 80 %. S'il n'indique que 5 %, le SOC est d'environ 30 %.

Le véhicule transporte donc un accumulateur d'énergie dont la capacité ne peut jamais être entièrement utilisée, ce qui serait comparable à une voiture essence dont le niveau du réservoir ne pourrait fluctuer qu'entre 30 et 80 %. Pour bénéficier d'une autonomie suffisante, il faudrait emporter plusieurs centaines de litres d'essence.

La gestion thermique a également fort à faire. Une batterie li-ions ne peut fonctionner que sur une plage de température étroite. La conversion de l'énergie électrique (électricité) en énergie chimique (conversion ionique) et vice versa se déroule au mieux entre 30 et 40 °C. Des températures trop basses inhibent la conversion ionique et réduisent la puissance de la batterie. Des températures trop élevées détruisent la chimie des cellules. Pour que la



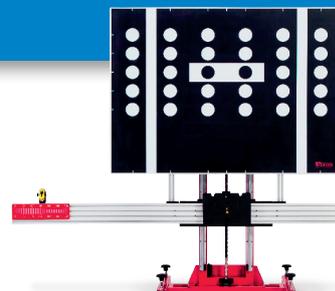
La gestion thermique pour les batteries à haute tension, l'électronique de puissance et le refroidissement des machines électriques sont primordiaux. Les températures de fonctionnement des batteries li-ions constituent un point sensible (pas en-dessous de 10°C, idéalement entre 30 e 40°C). Photo: Hyundai

température de fonctionnement évolue sur cette plage, il faudrait installer des fonctions de chauffage et de refroidissement efficaces. Un chauffage électrique alimenté depuis une prise électrique assure une température optimale en hiver. Pendant le fonctionnement du véhicule, les rejets de chaleur de l'onduleur (électronique de puissance) et du moteur électrique servent à chauffer la batterie. À l'heure actuelle, les pompes à chaleur de chauffage et de refroidissement

**Suite en page 36**

BAUMGARTNER AG









**Différence de consommation d'électricité entre l'ordinateur de bord et la réalité**



Point intéressant, si une BEV est chargée à une borne (en particulier à une borne de recharge rapide), la différence entre la quantité d'énergie chargée et indiquée à la borne et celle calculée par l'ordinateur de bord peut atteindre 25 % à cause de la dépense énergétique requise pour refroidir efficacement la batterie pendant la charge. Graphique: ADAC



Voici ce à quoi les ateliers des garages ressembleront à l'avenir: quiconque travaille sur des batteries haute tension devra respecter de strictes consignes de sécurité au travail (au fond). Les réparations de modules et de cellules feront partie du quotidien des collaborateurs des ateliers. La formation initiale et continue occupe le devant de la scène dans ce domaine. Photo: Audi

dissement constituent la forme la plus efficace de gestion thermique. Le circuit du fluide frigorigène est inversé à l'aide de vannes de commutation. Au lieu de prélever de l'énergie dans l'environnement pour le refroidissement, la chaleur lui est cédée via un refroidisseur comme dans un système de refroidissement. La batterie et les composants électriques sont souvent refroidis à l'air ou à l'aide d'un système de refroidissement basse température.

La charge pose elle aussi problème. S'il y a assez de temps, la batterie ne chauffe pas excessivement du fait de la faible puissance de charge, si bien que la conversion d'énergie s'effectue en douceur. Lors de la charge et de la décharge, la chaleur provient de la résistance interne de la batterie. Plus le courant de charge ou de décharge est élevé pendant les accélérations, plus la cellule, le module et donc la batterie haute tension s'échauffent.

Dans le cas d'une charge normale lente, il faut des heures jusqu'à ce que le SOC atteigne 80 %. C'est pourquoi les clients exigent des modalités de recharge rapide qui sollicitent fortement la batterie sur le plan thermique, mais qui occasionnent d'importantes pertes de charge. L'ADAC estime qu'environ un quart de la puissance de charge est dissipée en rejets de chaleur lorsque la Tesla Model 3 subit une recharge rapide. Sur une voiture essence, cela correspondrait à arroser le sol de 2,5 litres d'essence pour un plein de 10 litres, cette énergie n'étant donc pas disponible pour la propulsion.

Les avantages de l'électromobilité sont toutefois évidents: l'excellent rendement du moteur à courant alternatif lors de la propulsion et de la récupération. En cas de conduite habile, cette dernière permet d'augmenter significativement l'autonomie en stockant l'énergie cinétique avant de la réutiliser, du moins en partie. Les pertes que subit la batterie sont rapidement compensées par l'excellent rendement du moteur électrique. C'est là-dessus que les chercheurs mettent l'accent. Ils étudient de nouveaux matériaux de cellules à cause de la densité énergétique encore trop faible. L'électrolyte du futur devrait être solide plutôt que liquide. Le remplacement du lithium, qui est essentiellement récupéré dans les lacs salés d'Amérique du Sud, processus affectant l'environnement, devrait permettre de minimiser la dépendance. Le cobalt ou les terres rares, utilisés respectivement dans les batteries et les moteurs électriques, des machines synchrones à ex-

citation continue, représentent des enjeux géopolitiques.

Le recyclage du véhicule en fin de vie reste délicat. Par chance, rares sont les cas connus dans la branche pour lesquels il a fallu remplacer précocement une batterie. Grâce à la surveillance et à la compensation des cellules lors de la charge, l'uniformité de la capacité peut être maintenue jusqu'au niveau cellulaire, si bien que les batteries durent plus longtemps que prévu. Si un défaut se manifeste (court-circuit cellulaire, dégâts dus à un accident), la batterie doit être réparée (remplacement d'un module, voire de la batterie) ou éliminée, opération onéreuse. Le recyclage constitue donc un obstacle de taille. Une batterie haute tension transportée sur un camion est considérée comme une matière dangereuse. Le transport de batterie de Suisse jusqu'à un centre de recyclage coûte au moins 10 000 francs. Les constructeurs automobiles cherchent par conséquent à donner une seconde vie aux batteries sous forme d'accumulateur photovoltaïque ou d'accumulateur décentralisé.

Il y aura aussi des changements dans les ateliers. En principe, il devrait être facile de réparer des batteries chères, pourvu que les collaborateurs travaillent en toute sécurité et que les pièces de rechange soient disponibles. Les moteurs électriques, les onduleurs et l'électronique de puissance peuvent aussi être entretenus. À l'heure actuelle, ce sont surtout les constructeurs ou les importateurs qui réparent les batteries. Des ateliers spécialisés s'acquitteront de cette tâche à l'avenir, au prix toutefois d'efforts consentis dans la formation initiale et continue.

L'UPSA met l'accent sur cette activité. Elle a, par exemple, défini de nouveaux contenus pédagogiques dans l'actuelle formation de diagnosticien d'automobiles qui seront mises en œuvre dès l'été 2021 dans trois classes pilotes. Diverses formations portant sur les propulsions alternatives et de nombreux cours spécialisés complètent l'offre. Dans un futur proche, la branche devra cependant évoluer davantage pour proposer des formations initiales et continues ciblées dans la vente, le service à la clientèle, la maintenance et la réparation. Les propulsions alternatives mettent en effet toute la branche à rude épreuve. <