



électromagnétique doivent être bien ajustées pour que les pertes soient minimales. Peut-on appliquer le couplage inductif aux voitures électriques pour des recharges rapides? La question est à l'étude, mais cela implique de résoudre des problèmes de dimensionnement ainsi que d'échauffement des batteries.

VERS PLUS DE COMPATIBILITÉ ÉCOLOGIQUE

Outre l'autonomie et la vitesse de charge des batteries, leur compatibilité avec les préoccupations écologiques actuelles est une question capitale. Leur empreinte environnementale dépend de l'abondance des éléments chimiques dont elles sont constituées, du coût énergétique de leur fabrication, mais aussi des possibilités de les recycler. Les analyses de cycle de vie les plus récentes montrent que pour fabriquer ou pour recycler une batterie Li-ion stockant 1 kWh par cycle, une énergie de 400 kWh, associée à l'émission de 75 kilogrammes de CO₂, est nécessaire.

Ce constat incite à innover au niveau des matériaux et de leurs procédés d'élaboration. Il a aussi incité à revisiter certaines technologies telles que le Li-air, le Li-S (lithium-soufre), le Na-ion (sodium-ion)... De toutes ces options, la dernière, qui s'inspire fortement du Li-ion, est la plus avancée. Des batteries Na-ion seront bientôt commercialisées par plusieurs compagnies comme Faradion (Royaume-Uni), Tiamat (France) ou Hina (Chine), qui a démarré une production de masse (60 000 cellules par mois).

En termes de densité d'énergie, la technologie Na-ion (140 Wh/kg) ne pourra pas concurrencer le Li-ion (240 Wh/kg). Elle présente en revanche des puissances intéressantes, pouvant dépasser 40 kilowatts par kilogramme, contre 1,5 kW/kg pour les batteries Li-ion. Elle bénéficie aussi de possibilités de charge rapide. Qui plus est, on peut transporter et stocker les batteries Na-ion même lorsqu'elles sont complètement déchargées (contrairement aux

batteries Li-ion, pour des raisons liées aux réactions avec le métal utilisé à l'interface anode-circuit électrique externe), ce qui facilite les manipulations. Et l'élément clé de ces accumulateurs, à savoir le sodium, est mille fois plus abondant que le lithium, donc moins cher, tout en étant uniformément réparti sur le globe terrestre, alors que le lithium est très localisé. Les batteries Na-ion pourraient donc bien remplacer avantageusement, dans un avenir proche, les batteries Li-ion pour nombre d'applications ne nécessitant pas une très grande autonomie, comme les vélos à assistance électrique, les trottinettes, les scooters, les véhicules hybrides ou les appareils de bricolage, sans oublier bien sûr les applications liées aux réseaux de distribution d'électricité pour lesquelles une faible densité volumique d'énergie n'est pas un handicap.

Pour en revenir à l'empreinte écologique des batteries Li-ion, une voie possible pour la diminuer est d'augmenter la durée de vie de ces dispositifs. Les batteries Li-ion actuelles sont déjà fortement optimisées: elles fonctionnent pendant des mois, voire des années, et certaines devraient fonctionner pendant des décennies.

Ainsi, Jeff Dahn et son équipe ont récemment conduit des tests accélérés sur une période de trois ans sur des cellules Li-ion dont la cathode est en NMC 532 et l'anode en graphite. Ces tests ont montré qu'une batterie Li-ion pourrait alimenter un véhicule électrique sur 3 millions de kilomètres parcourus à 20 °C, soit une durée de vie d'environ 25 ans en supposant une décharge de 100% par jour. Cependant, la durée de vie de ces accumulateurs se réduit à 10 ans quand la température d'opération est de 40 °C.

METTRE AU POINT DES BATTERIES « INTELLIGENTES »

Peut-on étendre la durée de vie des batteries tout en recueillant des informations fiables sur leur état de fonctionnement et d'usure? Tel est le défi que l'on tente de relever avec les batteries dites « intelligentes ». L'idée est de mettre au point des outils de diagnostic dont serait équipée la batterie et qui détecteraient ce qui se passe en son sein, afin de gérer de façon optimale son fonctionnement et les cycles de charge quelles que soient les applications visées.

Au cours du cycle de charge-décharge, les électrodes, en se rétractant ou en se dilatant, peuvent être le siège de craquelures et émettre ainsi des ultrasons. Depuis plusieurs années, on considère la détection de ces émissions acoustiques comme la méthode idéale pour suivre *in situ* les évolutions de la batterie. Cependant, cette méthode reste pour l'instant une curiosité de laboratoire en raison de la lourdeur de son utilisation. ➤

En termes de densité d'énergie, la technologie sodium-ion ne pourra pas concurrencer celle du lithium-ion