

## Lithium-ion : de nouvelles batteries antiaériennes ?

Un million de dollars par jour, c'est l'estimation de la perte que subit la compagnie aérienne All Nippon Airways (ANA). En cause, l'immobilisation de sa flotte de Boeing 787 Dreamliner. Après deux incidents dans la première quinzaine de janvier sur les systèmes électriques des sources de courant – les batteries lithium-ion ayant entraîné des atterrissages d'urgence –, la Federal Aviation Administration (FAA) et le National Transportation Safety Board (NTSB) ont donné comme consigne d'interrompre temporairement l'exploitation des Dreamliner 787. Un mois après, l'enquête n'a toujours pas permis de déterminer l'origine et surtout de trouver la solution des problèmes qui affectent les batteries au lithium.



Le superbe Dreamliner de Boeing. © Kentaro Iemoto/Wikimedia, Licence CC-BY-SA-2.0.

Quelles sont ces batteries lithium-ion ? En fait, connues depuis une trentaine d'années et commercialisées surtout pour les appareils électroniques nomades, elles utilisent une cathode en oxyde métallique comportant du lithium et une anode en graphite, séparées par un électrolyte conducteur (voir figure 1). Au cours de la charge et de la décharge, les ions lithium passent à travers l'électrolyte de l'anode à la cathode et réciproquement avec échanges d'électrons par oxydation (anode) et réduction (cathode). Les matériaux cathodiques sont diversifiés ; on peut citer le cobaltite de lithium  $\text{CoLiO}_2$ , le manganate  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  de structure spinelle, le phosphate mixte  $\text{LiFePO}_4$  et d'autres oxydes mixtes de type général  $\text{Li}(\text{Ni}, \text{Mn}, \text{Co})\text{O}_2$ .

Comment ces accessoires électriques ont pu, à travers le monde, clouer au sol une cinquantaine de Boeing 787 en service dans huit compagnies depuis la mi-janvier ? Pour cet avion, qui au

demeurant est une merveille d'innovations en matière de matériaux, où les composites carbonés ont un rôle structurel primordial, Boeing a fait le choix de nombreuses commandes électriques en place de commandes hydrauliques, plus lourdes. C'est encore la chasse au poids, facteur essentiel pour la consommation de carburant et donc pour l'exploitation, qui a fait choisir des batteries pour stocker l'énergie électrique ayant le meilleur rapport d'énergie spécifique (Wh/kg). Les commandes électriques demandant une puissance installée de l'ordre du mégawatt (MW), le constructeur a donc opté pour la stocker dans des batteries légères lithium-oxyde de cobalt ( $\text{LiCoO}_2$ ), fabriquées par un excellent fournisseur japonais, GS Yuasa Corp. Ce choix privilégie l'énergie spécifique de l'ordre de 150 à 160 Wh/kg, plus élevée que celle des batteries lithium-phosphate ( $\text{LiFePO}_4$ ) – de l'ordre de 100 à 110 Wh/kg –, cependant plus sûres, et encore nettement plus élevée que la solution classique des batteries Ni-Cd qui ont une puissance spécifique de l'ordre de 50 à 60 Wh/kg. Une simple comparaison montre que pour les lithium-cobalt, le poids est de 6-7 kg/kWh et serait donc de 7 tonnes de batteries pour 1 MWh, alors que pour la

solution Ni-Cd, nous aurions un poids trois fois plus important (20 tonnes) pour la même puissance ; même les batteries lithium-phosphate demanderaient 3 tonnes de plus, soit 10 tonnes. Les batteries cobalt-ion ont de plus une recharge assez rapide (75 min), mais sont hélas sensibles aux montées en température, la limite dangereuse étant de l'ordre de 150 °C au lieu de 270 °C pour les lithium-phosphate. Dans ces conditions, les électrolytes organiques, qui peuvent être des diméthyl ou diéthyl carbonates ou à base de polyoxyéthylène dans lesquels on solubilise un sel de lithium tel que  $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiBF}_4$  ou encore  $\text{LiTFSi}$  (trifluorométhylsulfonylimidiure de lithium), peuvent s'enflammer à l'occasion d'une surtension, d'une surcharge ou d'un micro court-circuit entre électrodes provoqué par la croissance d'une dendrite de lithium.

Est ainsi posée de façon spectaculaire la sécurité dans l'utilisation des batteries lithium-ion qui pourtant, dans le cas des Dreamliner, étaient pourvues d'un système de sécurité complexe avec un contrôle électrique (BMS : « battery management system ») et un contrôle thermique (BTM : « battery thermal management ») comportant de nombreux capteurs et régulateurs de tension, d'intensité, de température, qui en surveillaient et en régulaient très attentivement le bon fonctionnement. Il faut aussi noter que ce système représente près de 20 % du poids et aussi du prix des batteries !

Plusieurs laboratoires de chimie et industries en France travaillent à améliorer

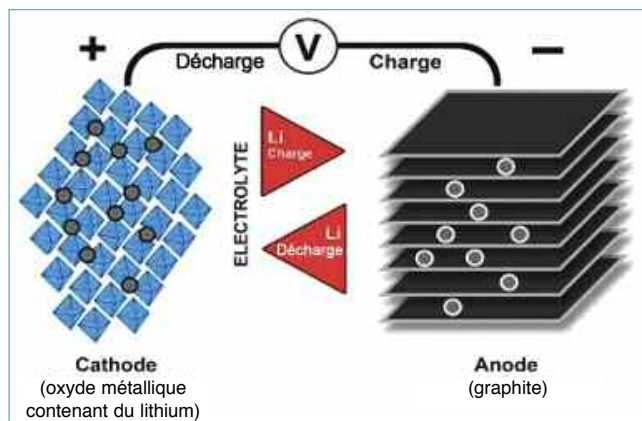


Figure 1 - Fonctionnement d'une batterie ion-lithium (Battery University).

la fiabilité en rendant les batteries lithium plus sûres, à Amiens, Nantes, Bordeaux, Montpellier, Orléans et au CEA (Grenoble et Saclay). Deux réseaux regroupent la plupart des équipes et industriels ; l'un est européen, ALISTORE, qui fait coopérer quatorze laboratoires européens, et l'autre est français (RS2E : Réseau de stockage électrochimique de l'énergie), sous l'égide du CNRS et du CEA.

Les pistes concernent :

- la recherche de matériaux d'électrodes performants et plus stables, comme le sulfate mixte  $\text{LiFeSO}_4\text{F}$  et d'autres oxydes nanoencapsulés ;
- l'obtention d'une batterie « tout solide » (lithium-polymère), en recherchant un polymère suffisamment conducteur à température ambiante ;
- l'utilisation de liquides ioniques comportant l'ion imidazolium, qui fonctionnent comme des sels fondus, avec une

bonne stabilité chimique entre - 90 °C et 400 °C ;

- l'emprisonnement de l'électrolyte de type liquide ionique dans un solide poreux nanométrique, fonctionnant comme une éponge mais laissant le liquide circuler.

Ces diverses voies tendent vers une batterie quasi solide, où l'électrolyte serait confiné sous forme liquide ou de gel, avec une moindre volatilité limitant les risques d'incendie, dans une meilleure technologie sûre et fiable. Une plate-forme de tests de sécurité permettant de soumettre les batteries à des charges et décharges extrêmes assortis d'analyses en ligne des vapeurs dégagées fait partie de RS2E : c'est la plateforme STEEVE, implantée à l'INERIS.

Pour les Airbus A350, EADS n'a pas privilégié le « tout électrique » et il y a donc un moindre besoin en puissance



Une batterie incriminée (GS Yuasa Corp.).

électrique. C'est la technologie du groupe français Saft qui avait été retenue, plus sûre d'après EADS, qui a cependant annoncé mi-février changer de technologie pour des batteries plus classiques, sans attendre les conclusions de l'enquête en cours menée sur les Dreamliner afin de ne pas retarder les premiers vols de l'A350 prévus cet été.

Jean-Claude Bernier,  
le 22 février 2013

*Nous sommes membres de  
la Société Chimique de France,  
et vous ?*

**Rejoignez  
le réseau  
des chimistes :  
votre association !**

**[www.societechimiquedefrance.fr](http://www.societechimiquedefrance.fr)**

crédits photos : Renaud Hauray - © www.magdesign.info

Société Chimique de France