

La longévité des batteries «solaires»

Les causes de la durée de vie limitée des batteries solaires sont désormais élucidées.

Les piles photovoltaïques, qui transforment l'énergie solaire en électricité, équipent des sites isolés, où le raccordement au réseau électrique est difficile et la consommation faible, tels les refuges de montagne. Ces piles sont onéreuses : au prix d'achat des panneaux solaires s'ajoute le coût de remplacement des batteries, qui stockent l'électricité fournie par les panneaux, pendant la nuit et durant les jours sans soleil. Ces batteries durent 5 à 15 ans, selon les sites. Comment augmenter leur durée de vie ?

Philippe Malbranche, Florence Matterna et leurs collègues du groupement énergétique de Cadarache (CEA Cadarache-ADEME) ont étudié les phénomènes qui limitent la durée de vie des batteries pour automobiles utilisées dans des applications solaires. En analysant des dizaines de batteries usagées, ils ont identifié la cause de la mort des batteries : des dépôts de sulfate de plomb rendent les électrodes isolantes.

Ces batteries sont des accumulateurs plomb-acide : les électrodes, qui contiennent toutes deux du plomb, plongent dans une solution aqueuse d'acide sulfurique. Au cours de leur fonctionnement (lors de la décharge), du sulfate de plomb se dépose sur les deux électrodes, selon une

réaction de «double sulfatation», qui consomme de l'acide sulfurique. Pendant la phase de charge, la réaction inverse se produit : le sulfate de plomb précédemment formé se dissocie, et l'acide sulfurique est libéré.

Les électrochimistes de Cadarache ont mis de l'acide sulfurique contenant du soufre radioactif dans une batterie neuve, afin de le suivre à la trace. Ils ont découvert que, pendant la charge, l'acide sulfurique relargué s'accumule au fond du bac : la batterie ne se charge pas uniformément. La solution étant très concentrée en acide sulfurique vers le bas, une partie du sulfate de plomb accumulé sur les électrodes ne se dissocie pas, ce qui les rend isolantes. À mesure des cycles de charge et de décharge de la batterie, l'acide sulfurique s'accumule et monte dans le bac, tandis que le sulfate de plomb se dépose de plus en plus haut sur les électrodes. Finalement, il les recouvre entièrement : comme il est isolant, la batterie ne fonctionne plus.

Dans les voitures, ce phénomène n'apparaît pas, car la quantité d'acide relargué est faible (la batterie se recharge en permanence) et le mouvement du véhicule mélange l'eau et l'acide. Toutefois cette agitation est absente dans les batteries couplées aux panneaux solaires.

Ph. Malbranche et ses collègues envisagent de limiter l'accumulation d'acide sulfurique dans la partie inférieure du bac à l'aide de membranes ou de gels, qui réduiraient les sédimentations dans la solution. Quand les batteries sont en service, on pourrait les forcer à se surcharger, ce qui provoquerait la formation d'hydrogène et d'oxygène : les bulles, en s'échappant vers le haut, brasseraient la solution.

Repérage dans l'espace

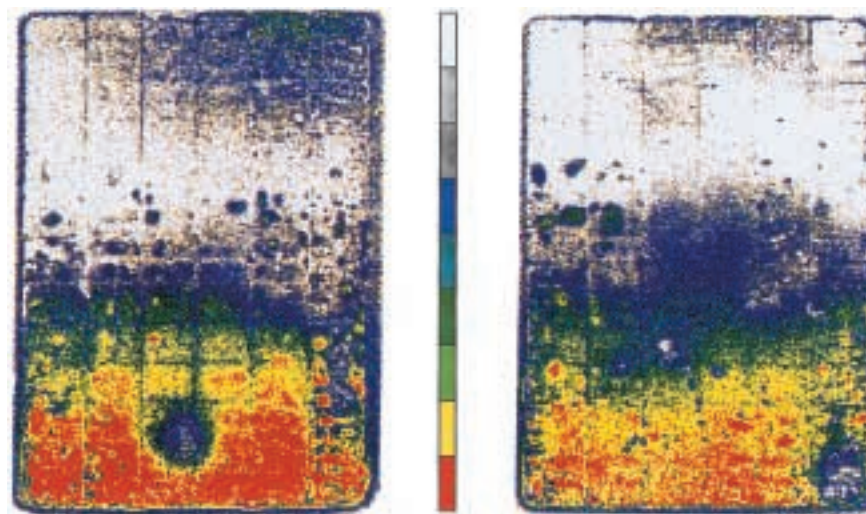
Des caméras intelligentes pour l'orientation des satellites par rapport aux étoiles.

Dans l'espace, comment distinguer le haut du bas, la droite de la gauche, bref comment s'orienter ? Si la plupart des satellites utilisent le Soleil et la Terre comme points de repère, les étoiles sont une meilleure référence. Réparties en grand nombre sur la voûte céleste, elles sont cependant difficiles à utiliser pour un satellite. L'apparition des capteurs numériques (CCD) et les progrès des calculateurs de bord ont conduit à la mise au point de systèmes d'orientation précis, autonomes et peu encombrants.

Orienter une caméra ou une antenne vers la Terre, pointer les panneaux solaires vers le Soleil ou commander la direction du jet d'une tuyère sont autant d'opérations qui nécessitent la connaissance de l'orientation du satellite, encore nommée attitude. Or, dans l'espace, les points de repère, compléments indispensables aux précieuses informations des centrales inertielles (gyroscopes), ne sont pas légions. Le Soleil et la Terre sont des repères évidents, mais pas suffisamment précis pour toutes les missions, notamment celles d'observation de la Terre.

Peut-on orienter les satellites par rapport aux étoiles, comme le font les navigateurs depuis des siècles ? Malgré les difficultés liées à leur faible luminosité des étoiles et à leur identification, des instruments spéciaux, nommés senseurs stellaires, ont été mis au point dès le début de l'ère spatiale. Toutefois, leur masse importante, leur absence d'autonomie ainsi que l'utilisation de tensions élevées limitaient leur utilisation.

Au début des années 1970, l'invention du capteur CCD, qui équipe aujourd'hui les caméscopes et les appareils photographiques numériques, change le domaine de l'imagerie : la lumière reçue par le capteur libère des électrons contenus dans une mince couche de silicium, lesquels sont ensuite capturés. Périodiquement, on compte le nombre d'électrons piégés, qui est proportionnel à l'intensité lumineuse reçue. On reconstitue ainsi une image. L'intérêt de cette technique réside dans sa capacité à accumuler les électrons, ce qui autorise la détection de signaux très faibles. De surcroît, les capteurs CCD, petits et peu gourmands en énergie, forment des images de qualité.



Les électrodes des batteries plomb-acide qui stockent l'énergie solaire se recouvrent de quantités croissantes de sulfate de plomb (du rouge au blanc selon l'échelle de couleur au centre), lors des cycles de charge et de décharge (après 10 cycles à droite et 20 à gauche), ce qui finit par les rendre isolantes et entraîne la mort des batteries.