

LE STOCKAGE ELECTROCHIMIQUE

Virginie SCHWARZ (CM93) Directrice opérationnelle déléguée Énergie, Air, Bruit – ADEME
Bernard GINDROZ Chef du département Industrie Agriculture - ADEME

L'électricité est un vecteur énergétique très pratique, mais un de ses inconvénients essentiels est sa difficulté à être stocké : sitôt produite, sitôt utilisée, ce qui implique un réseau de distribution. Or, une bonne partie des activités humaines a besoin de s'affranchir de cette contrainte. Autre besoin, celui de la sécurité d'approvisionnement ou plutôt de sa continuité, surtout pour des périodes très courtes : bon nombre d'équipements ne supportent pas de microcoupures d'alimentation. Ces différents besoins peuvent être couverts par les accumulateurs, dispositifs de stockage d'électricité.

L'expansion rapide des appareils électroniques « nomades » (ordinateurs et téléphones portables, assistants personnels, caméscopes, etc.) a été rendue possible grâce aux progrès des accumulateurs qui l'ont accompagnée. Cette profonde mutation dans le domaine du « portable grand public » ralentit aujourd'hui dans les pays développés. Mais d'autres mutations de la société sont en cours et d'autres secteurs de l'économie expriment à leur tour le besoin accru de sources d'énergie performantes, que ce soit dans le domaine des transports ou dans le domaine stationnaire. Par exemple, la réduction de consommation et d'émissions polluantes des véhicules automobiles pousse les constructeurs à électrifier certaines fonctions, d'où le besoin de davantage de puissance électrique disponible à bord. Autre exemple, la dérégulation de la fourniture d'électricité qui conduit à des modifications de prise en compte de la notion de « qualité de courant », d'où le besoin de stockage pour assurer la qualité de courant.

L'analyse des caractéristiques techniques des accumulateurs et des domaines d'utilisation montre que contrairement aux accumulateurs classiques (Plomb, Ni/Cd), les nouvelles familles d'accumulateurs (Ni/MH et Lithium) sont en mesure de répondre efficacement à ces besoins. Les familles Lithium devraient être en mesure de supplanter les accumulateurs classiques utilisés dans les applications transport et stationnaire dès lors que les coûts seront diminués et les problèmes de sécurité résolus. En effet, dans les applications transports, les accumulateurs au lithium présentent des énergies spécifiques élevées qui contribuent à augmenter l'autonomie des véhicules électriques, ainsi que des puissances massiques importantes favorables pour les véhicules hybrides. Pour les applications stationnaires, les accumulateurs au lithium présentent en outre l'avantage de satisfaire les gestionnaires de parc qui se plaignent aujourd'hui de l'impossibilité de prévoir la défaillance de la batterie, en particulier avec les batteries au plomb.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES ACCUMULATEURS

Les accumulateurs restituent, sous forme d'énergie électrique l'énergie chimique générée par des réactions électrochimiques. Un accumulateur, quelle que soit la technologie utilisée, est pour l'essentiel défini par quatre grandeurs :

- ✓ sa densité d'énergie massique (ou énergie spécifique), en Wh/kg, correspond à la quantité d'énergie stockée par unité de masse d'accumulateur
- ✓ sa densité d'énergie volumique, en Wh/l, correspond à la quantité d'énergie stockée par unité de volume d'accumulateur
- ✓ sa densité de puissance massique, en W/kg, représente la puissance que peut délivrer l'unité de masse d'accumulateur
- ✓ sa cyclabilité, exprimée en nombre de cycle (un cycle correspond à une charge et une décharge), caractérise la durée de vie de l'accumulateur, c'est-à-dire le nombre de fois où il peut restituer le même niveau d'énergie après chaque nouvelle recharge.

Les fabricants d'accumulateurs ont étudié ces vingt dernières années de nombreux couples électrochimiques pour remplacer les accumulateurs traditionnels, plomb et nickel/cadmium (Ni/Cd). Plus récemment, deux nouvelles familles d'accumulateurs, le nickel/hydrure métallique (Ni/MH) et le lithium-ion (Li-ion) ont vu le jour. Ces deux systèmes possèdent des énergies spécifiques et des densités d'énergie très supérieures aux systèmes traditionnels, et supplantent le plomb ou le nickel/cadmium pour toutes les applications de téléphonie portable.

Les performances de ces nouveaux systèmes sont rappelés dans le tableau 1 ci-après et comparées aux accumulateurs traditionnels.

Tableau 1. Comparaison des caractéristiques techniques des accumulateurs

	Plomb	Ni/Cd	Ni/MH	ZEBRA	Li phosphate	Li ion	Li polymère
Energie spécifique (Wh/kg)*	30-50	45-80	60-110	120	120-140	150-190	150-190
Densité d'énergie (Wh/litre)*	75-120	80-150	220-330	180	190-220	220-330	220-330
Puissance en pointe (W/kg)	Jusqu'à 700		Jusqu'à 900	200	Jusqu'à 800	Jusqu'à 1500	Jusqu'à 250
Nombre de cycle (charge/décharge)	400-600(1) 1200(2)	2000	1500	800	>2000	500-1000	200-300
Autodécharge par mois	5%	20%	30%	12 % par jour	5%	10%	10%
Tension nominale d'un élément	2V	1,2V	1,2V	2,6 V	3,2V	3,6V	3,7V
Gamme de température de fonctionnement	-20°C à 60°C	-40°C à 60°C	-20°C à 60°C	- 40°C à 50°C	0°C à 45°C (charge) -20°C à 60°C (décharge)	-20°C à 60°C	0°C à 60°C
Avantages	Faible coût	Fiabilité Performances à froid	Très bonne densité d'énergie	Très bonne densité d'énergie Bonne cyclabilité	Très bonne densité d'énergie, sécurité, coût, cyclabilité	Excellente énergie et puissance	Batteries minces possibles
Inconvénients	Faible énergie Mort subite	Relativement basse énergie Toxicité	Coût des matériaux de base Comportement en température	Puissance limitée Auto-consommation	Charge à basse T°	Sécurité des gros éléments Coût	Performances à froid Coût
Coûts Indicatifs⁽³⁾ (€/kWh)	200 à 250 ⁽¹⁾ 200 ⁽²⁾	600	1500 à 2000	800 à 900	1000 à 1800	2000	1500 à 2000

* Les chiffres extrêmes des fourchettes correspondent à des tailles différentes d'éléments (les gros éléments ayant en général des énergies plus élevées) ou à des conceptions pour des applications différentes.

(1) étanche; (2) tubulaire ; (3) pour les volumes actuels de production

Les technologies utilisables pour la traction :

✓ *Plomb-Acide*

Les batteries au plomb voient leurs performances limitées par une importante modification morphologique des matières actives au cours du cyclage conduisant à un faible taux d'utilisation de ces dernières. Elles ont néanmoins l'avantage d'une production industrielle de masse sans comparaison avec les autres filières. Leur coût, nettement inférieur à celui des autres technologies reste le principal facteur d'attraction pour les constructeurs automobiles. La dernière Citroën C3 équipée d'un alerno-démarrreur utilise encore une batterie au plomb. Les premières batteries 36 V sont en tests chez certains constructeurs. L'augmentation du rendement des matières actives ayant jusqu'à ce jour été une butée, les améliorations possibles reposent surtout vers la recherche de nouvelles architectures internes (pseudo-bipolaire, bipolaire) et de nouveaux procédés de mise en œuvre (compression, mousses métalliques).

✓ *Nickel-Cadmium*

Longtemps restées du domaine des hautes technologies (aéronautique, télécommunications), les batteries Ni/Cd sont passées au domaine grand public avec l'outillage électroportatif. Elles ont connu en France un important développement avec les véhicules électriques du groupe PSA puis de RENAULT. Réputées performantes et fiables, les batteries Ni/Cd souffrent selon le mode d'utilisation, d'un "effet mémoire" réduisant la capacité utilisable. L'effet est cependant réversible et un cyclage approprié permet de retrouver la capacité initiale. En raison de son coût et d'une moins bonne résistance aux utilisations abusives, la technologie étanche est très peu répandue dans le domaine de la traction. Les réglementations européennes sur les métaux lourds menacent aujourd'hui cette technologie qui emploie de grandes quantités de cadmium.

✓ *Nickel-Hydrure*

La mauvaise image environnementale du Cadmium a conduit au développement de ce couple pour la traction. L'utilisation d'un hydrure métallique pour la négative entraîne un surcoût mais apporte aussi une meilleure capacité. Les batteries Ni/MH sont exclusivement étanches. De ce fait, elles tolèrent moins bien les surcharges et les températures élevées que les batteries Ni/Cd. En raison de leurs caractéristiques élevées en puissance et cyclabilité, ces batteries sont de bonnes candidates pour les applications hybrides à forts régimes et faible amplitude de cyclage. Le constructeur PANASONIC a successivement développé pour TOYOTA deux générations d'accumulateurs Ni/MH de puissance. La seconde génération d'éléments prismatiques qui équipe le véhicule hybride PRIUS II fait référence en termes de performances et de fiabilité. La garantie offerte par le constructeur sur ce composant est de 8 ans. D'autres constructeurs comme GP Batteries proposent des produits aux performances un peu moins élevés mais à un coût nettement inférieur. En France, la SAFT propose pour un coût encore trop élevé, une gamme Ni/MH basée sur les développements de SAFT USA.

✓ *Lithium-Ion*

Des accumulateurs lithium-ion, de type "rocking-chair" doté d'une négative en carbone ont été développés spécifiquement pour les applications automobiles. En France, aux Etats Unis comme au Japon, des véhicules électriques équipés de telles batteries ont déjà démontré des performances jusqu'alors jamais atteintes. Contrairement aux couples précédents, les batteries au lithium utilisent un électrolyte non aqueux. Ceci constitue un avantage en éliminant la réaction parasite de décomposition de l'eau. Cependant, la formulation d'un électrolyte est rendue délicate par un compromis difficile à réaliser. Outre une conductivité élevée dans la gamme des températures ambiantes, l'électrolyte constitué d'un sel de lithium en solution dans un solvant organique doit présenter une bonne stabilité chimique et thermique vis à vis des autres composants de la cellule. En France, cette technologie est développée par la SAFT, à Poitiers pour les éléments de faible capacité, à Bordeaux pour les éléments de traction. Principalement pour des raisons de coût, ces accumulateurs sont aujourd'hui encore fort peu répandus. Parallèlement, on observe en Asie (Chine et Japon) un développement assez rapide de cette technologie porté par les marchés du portable et des véhicules légers (deux roues et voiturettes).

✓ *Lithium Polymère*

L'utilisation d'une négative constituée de lithium métallique permet théoriquement des capacités nettement supérieures à celles obtenues avec les graphites lithiés. Ici, la passivation de l'électrode de lithium par réaction avec les électrolytes liquides a poussé au développement des électrolytes polymères. Ces derniers nécessitent cependant une température de fonctionnement proche de 80 °C pour assurer une conductivité suffisante. Outre l'avantage d'un système entièrement solide, les électrolytes polymères offrent la possibilité d'un procédé de mise

en œuvre continu par co-laminage des différents matériaux constituant la cellule. L'inconvénient majeur lié à l'électrode de lithium métallique est l'apparition, au cours du cyclage, de dendrites responsables de courts-circuits internes. En France, BOLLORE TECHNOLOGIES et EDF sont associés dans le difficile développement de cette technologie. Au Canada, la société AVESTOR, filiale d'Hydro-Quebec est la première à commercialiser des modules de forte capacité.

✓ *Lithium-Phosphate*

Le matériau classique de l'électrode positive d'une batterie lithium-ion à base d'oxyde de cobalt est ici remplacé par un phosphate de métal, généralement du phosphate de fer. En plus des performances élevées et de la bonne tenue en cyclage des batteries lithium-ion, cette technologie à l'avantage d'une meilleure sécurité intrinsèque et d'un coût réduit du matériau. Outre leur grande disponibilité, les phosphates présentent une excellente stabilité lors des sollicitations électriques abusives et lors des élévations de température (stable jusqu'à 350 °C). Dû à une tension élémentaire plus faible, l'énergie spécifique de ce couple (120 à 140 Wh/kg) est un peu inférieure à celle du lithium-ion à base de cobalt. La cyclabilité est quant à elle très élevée (2000 cycles à 80 % PDD).

A l'étranger, la société VALENCE TECHNOLOGY basée au Texas commercialise déjà ce type d'accumulateur. Des essais effectués par la Direction des Etudes et Recherches d'EDF confirment les performances annoncées. En France, le CEA a pris des brevets concernant les matériaux à base de phosphates.

✓ *Sodium - Chlorure de Nickel*

Le principe de base de la famille de batteries de type « chlorure de sodium-métal » dont fait partie la batterie ZEBRA a été brevetée en 1975 par J.Werth. Depuis, cette technologie a subi une longue série d'améliorations pour atteindre aujourd'hui une performance, en termes de densité d'énergie, deux fois supérieures aux batteries Nickel-Cadmium. L'élément déterminant pour les performances et la fiabilité est l'électrolyte en céramique. Cette technologie a été spécifiquement mise au point pour les applications véhicules électriques, transport lourd et transport public. La température interne de fonctionnement est comprise entre 270°C et 350°C. Les éléments sont enfermés dans un caisson isolé dont les parois externes ont une température de l'ordre de 30°C. Les principaux avantages de la technologie ZEBRA sont une densité d'énergie élevée (120 Wh/kg) et un bon rendement énergétique. La puissance est par contre pénalisée par la conductivité réduite de la céramique électrolyte.

Plus de 200 batteries ZEBRA équipent en Italie des autobus Autodromo électriques et hybrides, dont certains sont en service depuis 1998. Irisbus a choisi les batteries ZEBRA pour la version tout électrique de son midibus Europolis, dont cinq exemplaires seront mis en service dans le centre ville de Lyon à partir de septembre 2004. Dans le domaine des utilitaires et des véhicules légers, les batteries ZEBRA équipent des utilitaires Daimler Chrysler et MicroVett. Think Nordic a choisi la ZEBRA pour son nouveau modèle de voiture électrique qui devrait sortir en 2005.

Compte tenu de l'énergie spécifique demandée, afin d'améliorer toujours davantage l'autonomie, les couples au lithium ou les technologies de type ZEBRA (Na-NiCl₂) devraient progressivement prendre le dessus sur les accumulateurs alcalins (Ni/Cd, Ni/MH), au fur et à mesure que les problèmes techniques et économiques (durée de vie, sécurité, coût, etc.) sont en passe d'être résolus.

DOMAINES D'APPLICATION

Les utilisateurs ont des demandes générales d'augmentation du service rendu par les accumulateurs qui se traduisent par :

- ✓ une augmentation de l'autonomie en diminuant la masse et le volume des accumulateurs (augmentation de l'énergie)
- ✓ une réduction du coût du service : augmentation de la durée de vie (plus de cycles) et/ou réduction des coûts (matière première et fabrication)

On distingue trois types d'applications : le portable (téléphonie, ordinateurs, outillage sans fil ...), les transports (démarrage, traction, ...) et le stationnaire (secours, télécom, stockage d'énergie en association avec les énergies renouvelables, ...). Les besoins dans ces applications sont clairs : accroître l'autonomie, réduire les coûts de service et augmenter la durée de vie.

Le portable

Les principaux marchés des accumulateurs Ni/MH et Li-ion se situent dans les équipements électroniques portables : téléphones, ordinateurs, caméscopes. Après un boom ces dernières années, ces marchés retrouvent un rythme de croissance plus proche de l'économie traditionnelle.

Les marchés comme l'outillage portatif ou la téléphonie sans fil (DECT) sont également demandeurs d'une augmentation d'énergie et de puissance spécifiques des accumulateurs. Toutefois, le nickel/cadmium reste dominant sur ces applications en raison de sa robustesse. Les conditions d'exploitation des accumulateurs dans l'outillage portable – en particulier professionnel – exigent :

- ✓ une capacité élevée même à froid et à fort régime
- ✓ une bonne aptitude à la charge rapide
- ✓ une durée de vie élevée pour des accumulateurs étanches (500 cycles demandés)
- ✓ un faible vieillissement même à chaud
- ✓ un faible coût ...

Le domaine médical voit également l'émergence d'une demande en accumulateurs très fiables et de haute capacité que le lithium-ion peut satisfaire.

Le domaine des transports

Le constat de l'impact environnemental du secteur des transports a conduit au durcissement des normes d'émissions en vigueur. A la fin des années 80, la tentative de relance du véhicule électrique a engendré d'importants développements dans le domaine du stockage électrochimique. Compte tenu des problèmes d'autonomie, les recherches se sont orientées dans un premier temps vers l'augmentation de l'énergie spécifique. Dans ce domaine, la filière plomb a rapidement montré ses limites pour des applications tous usages, d'autres couples (Ni/Cd, Ni/MH, Li-ion, etc...) ont été développés pour les applications de traction. Pour répondre aux objectifs de réduction des émissions, les constructeurs s'orientent aujourd'hui vers l'hybridation des véhicules. La fonction de base de l'accumulateur a donc évolué d'une réserve d'énergie vers une réserve de puissance pour l'assistance des moteurs thermiques ou des piles à combustibles.

Par ailleurs, la demande croissante d'électricité à bord des véhicules conduit les constructeurs à envisager l'adoption d'une tension de 42 volts pour le réseau de bord. Ce choix permet non seulement de supporter les équipements de confort et des organes de commande (direction électrique, suspensions actives, assistance au freinage et à la tenue de cap...) mais aussi les hybridations légères comme l'alternateur-démarrage ou l'assistance à l'accélération.

La traction lourde (transports en commun, camions, ferroviaire) est aussi concernée par l'électrification. La motorisation électrique apporte un couple important, les moteurs roues permettent la réalisation d'architectures nouvelles (planché bas, articulé...) par suppression de l'arbre de transmission. En autorisant la récupération d'énergie, l'utilisation des batteries améliore le rendement global des chaînes de traction et permet de s'affranchir des lignes aériennes d'alimentation dans les zones sensibles.

Face à ces besoins, les options sont nombreuses : véhicules à traction électrique, véhicules hybrides, piles à combustible ou véhicules à moteur thermique alimentés en 42V avec électrification de certaines fonctions (« mild hybrid »). Pour assurer ces fonctions, les batteries ont une taille plus ou moins grosse selon les options techniques retenues, mais, dans tous les cas, plus importante que celle des batteries de démarrage d'aujourd'hui.

Les objectifs long terme du programme américain de recherche sur les batteries (USABC) pour le véhicule électrique sont les suivants:

- ✓ une énergie spécifique de 200 Wh/kg
- ✓ une densité d'énergie de 300 Wh/l
- ✓ une puissance spécifique de 400 W/kg
- ✓ une durée de vie de 10 ans

Ces objectifs ambitieux, offriraient aux véhicules électriques un important potentiel de pénétration dans le parc de véhicules conventionnels. Néanmoins, bien qu'elles ne présentent pas des performances aussi idéales, les technologies actuellement disponibles permettent de concevoir des véhicules adaptés de façon satisfaisante à une mission donnée (bus urbain, utilitaires légers, bennes à ordures...).

Le véhicule hybride – quel que soit son type – a des besoins partiellement différents de ceux du véhicule électrique. Il est en particulier caractérisé par :

- ✓ le besoin d'un ratio puissance/énergie plus élevé
- ✓ des énergies embarquées plus basses (1-10 kWh¹ pour l'hybride contre 10-100 kWh¹ pour l'électrique)
- ✓ une durée de vie de 15 ans

La batterie au plomb traditionnelle ne peut satisfaire les exigences du 42V dès lors qu'un cyclage un peu important est demandé (par exemple être capable de sortir la voiture d'un parking en mode électrique pur, ou récupérer l'énergie de freinage pour réduire la consommation). Compte tenu de ces contraintes, le choix reste très ouvert entre lithium-ion et nickel-hydrure métallique pour l'hybride et le 42V. Un examen de l'application doit être fait au cas par cas compte tenu des cahiers des charges des constructeurs, et du type ou du niveau d'hybridation. Pour des raisons de coût, les supercondensateurs en prenant en charge les demandes ponctuelles d'énergie et de puissance, pourraient également jouer un rôle en association avec des batteries traditionnelles au plomb.

Pour les applications transports, les accumulateurs lithium présentent de nombreux intérêts :

- ✓ Possibilité de proposer une gamme allant de la très haute énergie / moyenne puissance à la très forte puissance, y compris en charge récupérative, nécessaire pour les voitures hybrides.
- ✓ Parmi tous les accumulateurs, le lithium-ion est :
 - n°1 pour l'énergie massique (n°2 ZEBRA)
 - n°1 ex æquo pour l'énergie volumique avec Ni/MH
 - n°1 pour la puissance massique pour les véhicules hybrides

Le domaine stationnaire

Les batteries traditionnellement utilisées pour secourir les installations électriques sont à plus de 90 % des batteries au plomb. Le nickel/cadmium, plus coûteux, est utilisé lorsqu'une grande fiabilité est demandée.

Deux faits importants modifient ou sont susceptibles de modifier la demande dans les prochaines années :

- ✓ l'extension des réseaux de téléphonie mobile, qui nécessite l'installation de stations de base dans des environnements contraignants (sites isolés, façades ou toits d'immeubles)
- ✓ la dérégulation du marché de l'électricité et la demande de très grande fiabilité du réseau de la part de certaines industries.

La batterie au plomb se prête mal à ces nouveaux marchés :

- ✓ les conditions climatiques en site isolé sont parfois difficiles. La durée de vie du plomb est trop faible à chaud.
- ✓ la « mort subite » de batteries au plomb en fin de vie est difficilement compatible avec les exigences d'alimentation fiable en site isolé.

Le nickel/cadmium est aujourd'hui proposé avec succès pour ces marchés. Il conjugue pour ces conditions le meilleur rapport qualité/prix. Le lithium-ion, qui conjugue fiabilité et faible masse devrait, à terme, occuper les segments de marché où la légèreté est un atout majeur.

Un autre marché où le plomb ne satisfait pas pleinement le cahier des charges est celui du stockage d'énergie en association avec les énergies renouvelables (stockage tampon de l'électricité par voie solaire ou éolienne). Le courant généralement modeste que l'on peut tirer d'ensembles photovoltaïques par exemple ne permet généralement pas une fourniture directe de l'énergie électrique produite au consommateur, particulièrement lorsque la demande en puissance est élevée. Le stockage dans des batteries-tampons est alors un moyen de stocker au moins temporairement l'électricité produite à un moment différent de la consommation d'une part, et de restituer cette énergie à un niveau de puissance éventuellement mieux adapté que ce qu'il serait possible d'avoir par une utilisation directe de l'énergie renouvelable d'autre part.

L'utilisation de batteries dans les applications photovoltaïques par exemple conduit à considérer la contrainte principale qui est la variabilité de l'ensoleillement suivant les sites sur lesquels ces systèmes sont installés. Cette

¹ Les chiffres correspondent à des tailles différentes de véhicule (exemple : chiffre de gauche pour petits véhicules, chiffre de droite pour gros véhicules)

contrainte a de multiples répercussions sur le fonctionnement de la batterie, qui peut ainsi se trouver à cycler sur une importante profondeur de décharge, avec un niveau moyen de charge qui peut, dans certaines conditions, devenir très bas. Le problème en stationnaire isolé est la connaissance de l'état de charge qui n'est pas bien établie pour les technologies aqueuses. Si l'on ne prend pas soin d'appliquer des protocoles de compensation, les réactions parasites donnent lieu à des états de charge différents sur la positive et la négative au cours du cyclage.

Le caractère éminemment aléatoire et variable dans le temps des énergies renouvelables rend indispensable le couplage des générateurs électriques avec des moyens de stockage électrochimique de l'énergie électrique.

- ✓ Les batteries au plomb constituent l'investissement le plus économique au moment de la livraison du système. Ces batteries sont malheureusement sensibles aux usages abusifs et leur durée de vie est souvent bien inférieure à celui du dispositif générateur. En effet, les batteries au plomb dans leur technologie actuelle acceptent assez mal les décharges profondes. La profondeur de décharge est en effet responsable de la dégradation de ces batteries, conduisant à une réduction notable de leur durée de vie lorsqu'elles sont utilisées dans ces conditions.
- ✓ Les batteries alcalines (Ni/Cd et Ni/MH) sont beaucoup plus robustes mais coûteuses. Elles sont mieux adaptées aux températures basses.
- ✓ Techniquement les batteries au lithium présentent les meilleures performances. L'autodécharge des accumulateurs Li-ion est en effet faible alors que leur énergie massique stockée est bien supérieure. Ils permettent par ailleurs un cyclage à grande profondeur de décharge avec un impact moindre sur les performances comparativement à l'accumulateur au plomb surtout, mais aussi au nickel-cadmium. Les récentes améliorations de la technologie Li-ion ainsi que les résultats du réseau d'excellence INVESTIRE (5^{ème} PCRD) ont confirmé l'intérêt de la technologie Li-ion compte tenu de ses caractéristiques spécifiques : fort rendement énergétique, durée de vie élevée, absence de maintenance, fiabilité, prédictibilité du comportement. En outre, le coût de ces accumulateurs, principal facteur limitant, est en forte décroissance actuellement (gain d'un facteur trois au cours des deux dernières années). Ainsi, ces considérations indiquent que la technologie Li-ion peut être le moyen d'atteindre les durées de vie de 20 ans escomptées, c'est-à-dire égales à celles des modules photovoltaïques.

Pour les applications stationnaires, le Li-ion présente donc de nombreux avantages :

- ✓ Excellent rendement énergétique, très faible auto-décharge (particulièrement important dans l'association avec les énergies renouvelables)
- ✓ Excellente énergie volumique des éléments et accumulateurs. La notion de volume prend de plus en plus d'importance dans les applications stationnaires, notamment pour l'alimentation des réseaux de téléphonie mobile.
- ✓ Possibilité de satisfaire les gestionnaires de parc qui se plaignent aujourd'hui de l'impossibilité de connaître la capacité ou la durée de vie restant dans une batterie, en particulier avec les batteries au plomb

CONCLUSION

Pour répondre aux besoins de plus en plus accrus de sources d'énergie performantes dans le domaine des transports et du stationnaire, le défi majeur est d'arriver à réduire suffisamment les prix des nouvelles familles d'accumulateurs (Ni/MH et Lithium) pour leur permettre de s'imposer. Les utilisateurs sont également de plus en plus exigeants sur l'autonomie et la sécurité.

Compte tenu des attentes des utilisateurs et des marges de progression technique encore importantes, les travaux de recherche sur les familles Lithium doivent être privilégiés en considérant notamment les axes de recherche sur l'amélioration de la sécurité, l'augmentation des performances énergétiques et la réduction des coûts.

L'ADEME :

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), établissement public, participe à la mise en oeuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public et les aides à financer des projets dans cinq domaines (la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit) et à progresser dans leurs démarches de développement durable.

www.ademe.fr