

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 100 (2009)
Heft: 6

Artikel: Batteries au lithium-ion comme accumulateurs pour véhicules électriques
Autor: Vezzini, Andrea
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856385>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Batteries au lithium-ion comme accumulateurs pour véhicules électriques

Possibilités techniques des batteries d'aujourd'hui

Il ne s'écoule pas de jour actuellement sans que les médias n'évoquent l'introduction planifiée d'un nouveau véhicule électrique ou hybride. Même s'ils étaient encore pour la plupart des outsiders inconnus il y a 10 ans, les constructeurs automobiles renommés se bousculent aujourd'hui pour annoncer les variantes d'entraînement (partiellement) électrifiées. On remarque que pratiquement tous les constructeurs misent sur une solution d'accumulateurs basée sur la technologie au lithium-ion. Les alliances stratégiques conclues entre les constructeurs automobiles et de batteries viennent confirmer le sérieux de ces projets de développement. Simple coup de pub ou tendance réelle?

Dans le domaine des applications portables, les batteries basées sur la technologie lithium-ion représentent aujourd'hui déjà la solution d'accumulateurs la plus employée.

Andrea Vezzini

Les ordinateurs portables et les téléphones portables en particulier ne sont plus concevables aujourd'hui sans cette technologie. En l'espace d'une période étonnamment brève de moins de 10 ans, la densité éner-

gétique des batteries a plus que doublé et les durées de fonctionnement des appareils se sont prolongées malgré une consommation croissante. On aperçoit depuis quelque temps sur le secteur des outils électriques (outils à main) un développement affichant le même élan. On attend ici, en plus d'un important contenu énergétique («combien de temps est-ce que je peux utiliser mon appareil?») également une performance élevée («quelle est la puissance de mon appareil?»). Une variante de

la technologie au lithium-ion, ladite batterie au lithium-phosphate de fer, s'impose ici toujours plus.

Mais ces technologies sont-elles éche-lonnables en matière de contenu éner-gétique et de puissance? Et peut-on les utiliser comme accumulateurs d'énergie dans des véhicules hybrides et électriques? Il convient dans un premier temps de répondre pour cela à quelques questions du même type:

- Quelles sont les limites des technologies actuelles et disponibles dans un futur proche?
- Quelles sont les exigences spéciales des véhicules hybrides et électriques en matière de technologie d'accumulation?
- Quelles sont les conditions cadre économiques et écologiques pour le recours à la technologie au lithium-ion sur des applications mobiles?

La première partie de cette série d'articles divisée en deux parts est consacrée avant tout à l'explication des principes techniques de la batterie au lithium-ion, tandis que la deuxième partie est consacrée aux questions relatives à la conception correcte des systèmes de batteries sur des véhicules électriques et hybrides (à paraître dans le cahier 6/2009).

Principes de la technologie au lithium-ion

Les batteries au lithium-ion fonctionnent par principe comme des cellules galvaniques – toutefois sans survenue de réaction chimique des matériaux actifs. On dépose à la place, au niveau de l'électrode positive tout comme de l'électrode négative, des lithium-ions, lesquels sont pompés d'une électrode à l'autre durant le chargement. Ils sont pour ainsi dire échangés entre matériau d'insert positif et négatif.

Pendant le processus de chargement, les lithium-ions chargés positivement se déplacent de la cathode, traversant l'électrolyte, pour arriver entre les niveaux de graphite (nC) de l'anode, tandis que le courant électrique chargé approvisionne les électrons via le circuit électrique extérieur; les ions forment une liaison d'intercalation avec le carbone. On obtient l'équation de réaction suivante dans le cas d'une batterie avec cathode au lithium-dioxyde de cobalt:

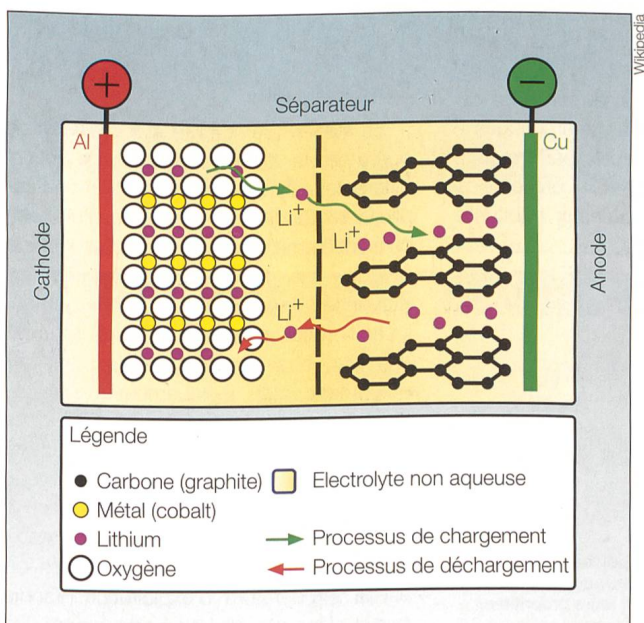


Figure 1 Structure d'un accumulateur au lithium-ion.

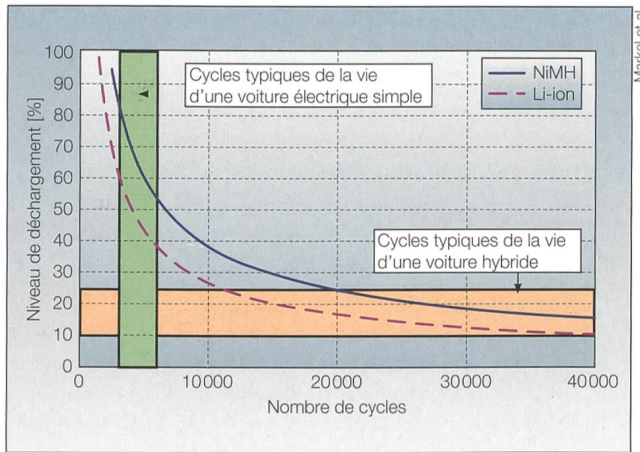


Figure 2 Rapport entre stabilité aux cycles et niveau de déchargement [1].

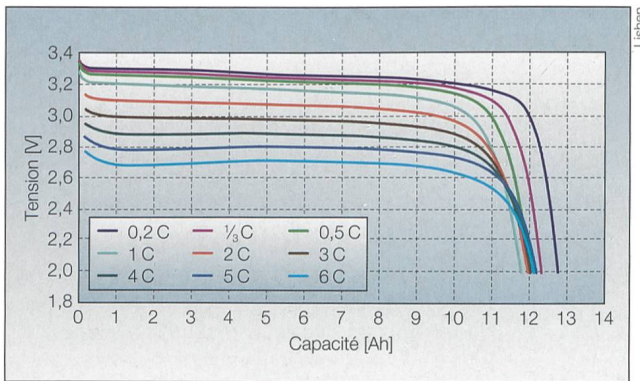
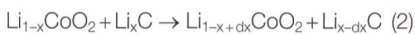


Figure 3 Courbes de déchargement avec flux de déchargement différents pour une batterie 11,5 Ah lithium-phosphate de fer [2].



Lors du déchargement, les lithium-ions retournent dans l'oxyde métallique de la cathode, les électrons circulent via le circuit électrique extérieur.



La formation d'une couche de recouvrement protectrice sur l'électrode négative est essentielle pour le fonctionnement de l'intercalation, perméable aux petits Li⁺-ions, mais imperméable aux molécules de solvants (couche SEI). Si la couche de recouvrement est insuffisamment formée, une intercalation de Li⁺-ions se produit avec les molécules de solvants, entraînant une des-

truction irréversible de l'électrode en graphite.

La structure de base d'une batterie au lithium-ion est illustrée sur la figure 1. Le matériau actif de l'électrode négative (anode) d'une batterie courante au lithium-ion est en graphite. L'électrode positive (cathode) contient la plupart du temps du lithium-oxyde métallique en structure stratifiée tel que LiCoO₂ (lithium-dioxyde de cobalt), LiNiO₂ ou le spinelle LiMn₂O₄.

On obtient en fonction du matériau employé différentes densités énergétiques et propriétés (batterie haute performance/haute énergie). Le tableau I présente un rassemblement des matériaux habituellement employés.

| Matériau (cathode) | Tension moyenne | Densité énergétique |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|
| LiCoO ₂ | 3,7 V | 110–190 Wh/kg |
| LiMnO ₂ | 4,0 V | 110–120 Wh/kg |
| LiFePO ₄ | 3,3 V | 95–140 Wh/kg |
| Li ₂ FePO ₄ F | 3,6 V | 70–105 Wh/kg |
| LiNi _{1/3} Co _{1/3} Mn _{1/3} O ₂ | 3,7 V | 95–130 Wh/kg |
| Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ | 2,3 V | 70– 80 Wh/kg |

Tableau I Matériaux courant pour cathodes et leurs propriétés. (Source: Leclanché SA)

Pour une plus ample considération, il convient de rassembler les combinaisons de cathodes d'origine, reposant sur le cobalt, le manganèse, le nickel ou les combinaisons de ces éléments, sous la notion de lithium-ions. En raison de leur importance relative dans le processus de développement actuel d'accumulateurs au lithium-ion pour l'industrie automobile, les batteries à base de lithium-titanate (Li₄Ti₅O₁₂) et de lithium-phosphate de fer (LiFePO₄) doivent être considérées à part.

Caractéristiques de la technologie au lithium-ion

En comparaison avec les systèmes de batteries d'origine, on obtient pour tous les matériaux de cathodes une densité énergétique spécifique plus élevée et, dans la plupart des cas également, une densité de puissance spécifique plus élevée. Mais la stabilité aux cycles largement plus élevée est encore plus importante. On attend ici beaucoup de la technologie au titanate, même s'il s'agit encore de la technologie au lithium la moins aboutie de toutes.

L'unique batterie au lithium-titanate actuellement disponible dans le commerce est la Super Charge Ion Battery, en abrégé SCiB, du fabricant Toshiba. Toshiba promet que la batterie peut être chargée en l'espace de 5 min à 90% de sa capacité nominale. Les SCiB affichent toutefois une densité énergétique relativement faible d'env. 67 Wh/kg et sont par conséquent à peine supérieures aux batteries NiMH.

Les caractéristiques présentées dans le tableau II doivent être désormais examinées de façon critique quant à leur application sur véhicules hybrides et électriques. La durée de vie, les paramètres d'exploitation et les coûts se retrouvent au premier plan.

Durée de vie

En matière de stabilité aux cycles et de durée de vie calendaire surtout, on obtient différentes affirmations en fonction de l'application. Tandis que la batterie d'un véhicule entièrement électrique ou d'un hybride plug-in est fortement déchargée en moyenne (niveaux de déchargement jusqu'à 100% possibles), le jeu de batteries d'un pur entraînement hybride est plus fréquemment, mais logiquement moins déchargé (niveaux de déchargement typiques entre 5 et 20%). La figure 2 présente un tel rapport entre stabilité aux cycles et niveau de déchargement.

Un autre facteur important pour la stabilité aux cycles de batteries au lithium-ion est la température d'exploitation. Tandis que la plage d'exploitation proprement dite

| | Batterie au plomb | NiCd | NiMH | Li-ion | Titanate | Phosphate |
|-------------------------------|-------------------|-------------|-----------|---------------|--------------|--------------|
| Densité énergétique | 40 Wh/kg | 45–60 Wh/kg | 80 Wh/kg | 120–200 Wh/kg | 70–80 Wh/kg | 90–110 Wh/kg |
| Cycles | 200–300 | 1000–1500 | 300–500 | 500–1000 | 8000 | 2000 |
| Plage de température | –20–60 °C | –40–60 °C | –20–60 °C | –20–60 °C | –30–80 °C | –20–60 °C |
| Autodéchargement | 5%/mois | 20%/mois | 30%/mois | 5%/mois | 2%/mois | 5%/mois |
| Taux C (densité de puissance) | très haut | très haut | haut | bas | très haut | très haut |
| Tension nominale | 2,0 V | 1,2 V | 1,2 V | 3,6 V | 2,3 V | 3,3 V |
| Type de chargement | 2,3–2,6 V; 20 h | C/10; 11 h | C/4; 5 h | 4,2 V; 3 h | 2,8 V; 1,5 h | 4,0 V; 1,5 h |
| Tension finale | 1,7–1,8 V | 1,0 V | 1,0 V | 3,0 V | 1,8 V | 2,0 V |

Tableau II Matériaux courant pour cathodes et leurs propriétés. (Source: Leclanché SA)

est définie de –30 à +60 °C (dans certains cas même jusqu'à 80 °C), satisfaisant ainsi aux exigences du secteur automobile, le nombre de cycles diminue en présence de températures d'exploitation plus élevées. A quoi vient s'ajouter que la capacité diminue déjà de manière irréversible à l'entreposage, et ce d'autant plus que la température augmente (tableau III).

Il convient de mentionner comme troisième facteur de durée de vie, après la température et le niveau de déchargement, la performance de chargement et de déchargement survenant durant l'exploitation. On obtient ainsi pour un chargement et déchargement constant avec triple courant nominal (solicitation 3C) une réduction de la durée de vie en fonction de la techno-

| Température d'environnement | 40% de chargement | 100% de chargement |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0 °C | 2% de perte après un an | 6% de perte après un an |
| 25 °C | 4% de perte après un an | 20% de perte après un an |
| 40 °C | 15% de perte après un an | 35% de perte après un an |
| 60 °C | 25% de perte après un an | 40% de perte après un an |

Tableau III Perte permanente de capacité en relation avec la température d'environnement et l'état de charge [4].

logie de jusqu'à 40% par rapport à la sollicitation 1C. Cela est important dans la mesure où, sur un véhicule entièrement électrique, la simple puissance d'entraînement dépasse bien souvent la puissance nomi-

nale de la batterie du facteur 3 à 4. Sachant que ces performances de pointe surviennent plutôt rarement et que la sollicitation atteint rarement le courant nominal en circulation urbaine normale, cet effet est souvent négligeable. Il est toutefois clair également qu'il est difficilement possible de dériver un modèle de durée de vie du fait de ces dépendances relativement complexes. Ceci est cependant important pour le développement des systèmes de batteries pour l'emploi sur véhicule électrique ou hybride, puisqu'on en déduit d'importants paramètres commerciaux, tels la question des prestations de garantie. A l'exploitation, l'estimation de «l'état de santé» (SOH = State of Health) représentera une des tâches centrales de la gestion des batteries afin de recommander suffisamment tôt des révisions. Il faut supposer en outre que l'acheteur d'une voiture d'occasion souhaite des renseignements sur l'état de la batterie.

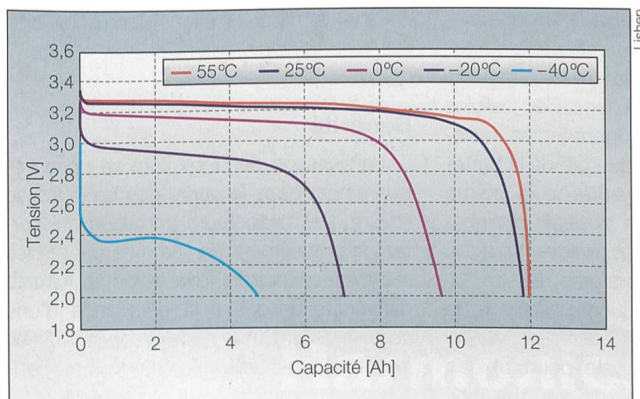


Figure 4 Courbes de décharge avec températures différentes pour une batterie 11,5 Ah lithium-phosphate de fer [2].

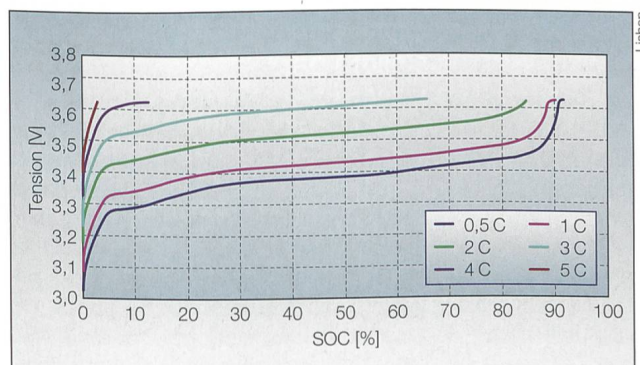


Figure 5 Courbes de charge avec flux de déchargement différents pour une batterie 11,5 Ah lithium-phosphate de fer [2].

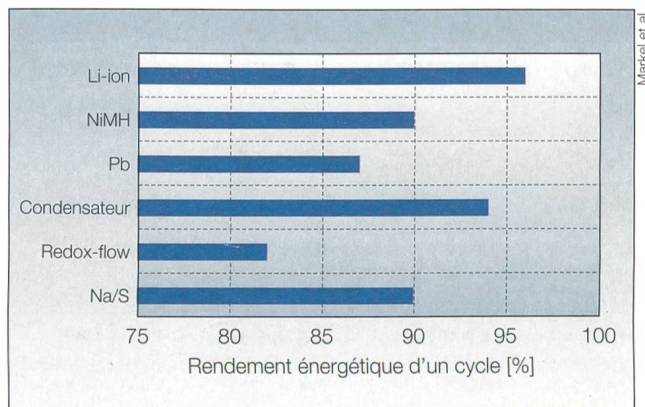


Figure 6 Degré d'efficacité du chargement/déchargement de différents systèmes de batteries [1].

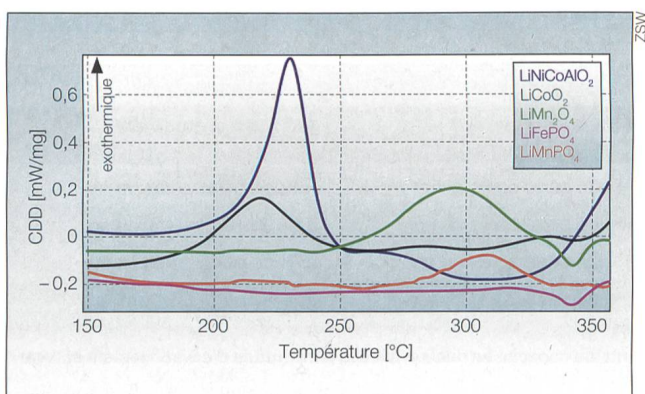


Figure 7 Calorimétrie différentielle dynamique (CDD) de quelques matériaux d'électrodes entièrement chargés [3].

cas de sollicitations plus fortes du fait des valeurs de tension plus basses.

Tandis que les batteries au lithium-ion avec cathode en cobalt affichent un rapport relativement linéaire entre la quantité de charge prélevée et l'état de tension, ce rapport disparaît entièrement pour les cellules avec lithium-phosphate de fer ou lithium-titanate. Une détermination de l'état de chargement sur la base de l'état de tension, comme il est souvent proposé, n'est par conséquent pas suffisante, et un système de gestion des batteries avec le type de construction le plus récent dispose pour cette raison d'un compteur Ah déterminant la charge prélevée via l'intégration du courant.

La figure 3 indique toutefois également que la tension affiche une très petite course entre 10 et 90% de la capacité prélevable (donc dans notre exemple entre 1,15 et 10,35 Ah), même en cas de variation du courant de déchargement jusqu'à 2C. Cela signifie que la source d'énergie présente une petite résistance intérieure et que cette dernière n'est pas fortement modifiée par l'état de chargement. Il en résulte par conséquent pour l'utilisateur une performance constante de la batterie pour l'ensemble de la plage d'état de chargement. Le «mou» connu des batteries au plomb ou d'autres batteries en fin de charge est évité

grâce à une définition adroite des limites d'exploitation.

La quantité d'énergie prélevable dépend aussi fortement de la température d'exploitation. Sachant qu'en cas de froid, les processus chimiques (également la détérioration de la batterie par altération) se déroulent plus lentement et que la viscosité des électrolytes employées dans des cellules au lithium augmente fortement, la résistance intérieure en cas de froid de la batterie au lithium-ion augmente de la même manière et la puissance possible diminue. Les électrolytes employées peuvent d'autre part geler à des températures de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Certains fabricants indiquent une plage de travail de $0\text{--}40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Les valeurs optimales sont de $18\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Il existe pourtant des batteries au lithium-ion pouvant être employées jusqu'à $-54\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Cet effet a pour conséquence que les systèmes de batteries sur véhicules électriques et hybrides doivent disposer d'une gestion thermique permettant d'éviter une exposition des batteries à de trop fortes oscillations de température. En cas d'appareil de chargement raccordé, on a recours par exemple à l'énergie de réseau pour maintenir la batterie au chaud dans un garage froid.

Un des avantages de la batterie au lithium-ion repose sur son processus de

chargement simple. Cela tient au fait que la phase de gazéification manque, phase qui survient par exemple avec la batterie au plomb et qui n'est que difficilement maîtrisable. C'est pourquoi les batteries au lithium-ion sont fréquemment chargées avec de simples caractéristiques IU, ce qui signifie que la batterie est chargée avec un courant constant jusqu'à atteinte d'une valeur limite de tension (cela correspond à $3,65\text{ V}$ sur la figure 5). Puis la charge restante est mise en œuvre à tension constante jusqu'à ce que le courant de chargement soit tombé par exemple à C20. Il est intéressant de constater qu'approximativement 85% de l'ensemble de la quantité de charge peuvent être utilisés même avec des flux de charge de 2C. Ce qui signifie qu'une telle batterie peut être presque complètement chargée en l'espace d'une demi-heure environ. Mitsubishi par exemple met cet état de choses à profit sur le véhicule électrique iMiEV, ce qui est possible uniquement à l'aide d'un appareil de chargement externe en raison de la performance de chargement élevée.

La possibilité de chargement rapide est également soutenue par un degré d'efficacité élevé de chargement/déchargement, représenté sur la figure 6. Les moins bonnes valeurs de la batterie au plomb s'expliquent par la phase de gazéification, tandis que le NiMH présente un moins bon degré d'efficacité en raison de la résistance intérieure quelque peu plus élevée et d'un critère d'arrêt (cône de tension) moins bien défini. Il est tout aussi important de mentionner à cet endroit que les batteries au lithium-ion n'ont ni effet mémoire ni effet lazy (effet d'inertie de la batterie).

Sécurité

La question de la sécurité se pose fréquemment dans le cadre des batteries au lithium. Les ordinateurs portables qui partent spontanément en flammes ont épuisé la confiance dans cette technologie. Il existe différentes causes à la défaillance d'une batterie au lithium-ion, et les conséquences sont tout aussi différentes. On voit malheureusement souvent aussi la confusion entre lithium-métal et lithium-ion: tandis que le premier réagit violemment avec l'eau et est volontiers montré en cours de chimie, les lithium-ions non métalliques sont plus sûrs, à condition de prendre certaines mesures de précaution.

On compte parmi elles l'évitement aussi bien du surchargement que d'un déchargement trop important, puisque dans les deux cas, on peut voir apparaître des dépôts sur les surfaces des électrodes (formation de dendrites). La croissance des dendrites via le séparateur peut provoquer

un court-circuit et l'inflammation du lithium. Un système de gestion des batteries approprié surveillera soigneusement ces limites et séparera le cas échéant le circuit de charge.

Dans le cas des ordinateurs portables qui partaient en flammes, des courts-circuits internes se sont produits en raison d'encrassements métalliques dans la production. Il en résultait des températures élevées déclenchant un emballement thermique, ce qui signifie que la cellule a produit toujours plus d'énergie se libérant. Les flammes sont toutefois la conséquence des électrolytes facilement inflammables (lithium-hexafluorure de phosphate). À l'aide de la calorimétrie différentielle dynamique (CDD, angl. Differential Scanning Calorimetry: DSC), un procédé de mesure de la quantité d'eau remise/accueillie, on peut estimer le potentiel de danger des différentes technologies au lithium-ion (figure 7).

La plupart des matériaux de cathodes se décomposent à des températures supé-

rieures à 200 °C. Le NCA (nickel-cobalt-aluminium) réagit le plus violemment, suivi de l'oxyde de cobalt et du manganèse. Les solutions de phosphate montrent quant à elles la plus grande stabilité. L'anode dégage également de la chaleur et participe à la perte thermique. Cela tient à la part de graphite dans l'anode et ne peut être négligé sur des cellules particulièrement grandes. Les solutions de titanate ont ici un avantage.

La sécurité des batteries au lithium-ion dépend de critères de design et de la qualité de la production. Des mesures externes (systèmes de gestion des batteries) ne peuvent rendre une mauvaise batterie plus sûre, mais empêchent qu'une batterie de bonne qualité ne soit endommagée par l'utilisateur.

Résumé

Les batteries au lithium-ion, en particulier les cellules avec des cathodes en phos-

phate de fer ou des anodes au lithium-titanate, fournissent de bonnes propriétés permettant de satisfaire aux exigences de durée de vie et de performance de systèmes de batteries pour véhicules électriques et hybrides. La condition est le dimensionnement correct du pack batterie tout en tenant compte des conditions cadre de niveau de déchargement, de performance maximum de déchargement et de températures d'exploitation. Le système de batterie qui en résulte ne contient en outre pas uniquement les cellules comme accumulateurs d'énergie à proprement parler, mais dispose également d'une gestion thermique et électrique. La batterie doit ainsi être aussi bien refroidie que chauffée, dans certaines circonstances sur réseau durant le processus de chargement. Le relevé des paramètres d'exploitation tension, courant et température, et le calcul qui en résulte concernant l'état – par exemple état de chargement, portée restante et santé de la batterie – représentent actuellement le plus grand défi technique pour la commercialisation réussie de tels systèmes.

Références

- [1] T. Markel, A. Simpson: Plug-in Hybrid Electric Vehicle Energy Storage System Design; 2006.
- [2] Lishen Power Battery Introduction; 2009.
- [3] ZSW: Lithium mobile power 2007.
- [4] Isidor Buchmann: batteryuniversity.com.

Renseignements sur l'auteur

Andrea Vezzini, D^r sc. techn., enseigne l'électronique industrielle à la Haute école spécialisée bernoise, technique et informatique. Il mène depuis plus de 10 ans des recherches dans le domaine de l'intégration de batteries au lithium-ion dans des applications mobiles.

Haute école spécialisée bernoise, 2501 Bienne, andrea.vezzini@bfh.ch

Zusammenfassung

Lithiumionen-Batterien als Speicher für Elektrofahrzeuge

Technische Möglichkeiten heutiger Batterien. Im Moment vergeht kein Tag, an dem die Medien nicht von der geplanten Einführung eines weiteren Elektro- oder Hybridfahrzeugs berichten. Waren es vor 10 Jahren meist unbekannte Aussenseiter, überschlagen sich heute die renommierten Automobilhersteller bei der Ankündigung der (teil-)elektrifizierten Antriebsvarianten. Dabei fällt auf, dass praktisch alle Hersteller auf eine Speicherlösung mit Lithiumionen-Technologie setzen. Die Ernsthaftigkeit dieser Entwicklungsprojekte wird durch die strategischen Allianzen zwischen Automobil- und Batteriehersteller unterstrichen. Alles nur Werbung oder ein echter Trend?

(Dieser Artikel wurde im Bulletin Nr. 3/2009 in Deutsch publiziert und kann als PDF online heruntergeladen werden: www.bulletin-sev-vse.ch).

Anzeige

Harmonics & Flicker

The largest range of impulse test equipment up to 100kV and 100kA

- IEC 61000-3-2 Harmonic emissions
- IEC 61000-3-3 Flicker
- IEC 61000-4-7 Harmonics measurement
- IEC 61000-4-13 Harmonics immunity
- IEC 61000-4-14 Voltage fluctuation
- IEC 61000-4-15 Flickermeter
- IEC 61000-4-17 Ripple on d.c.



EMC PARTNER AG
+ A Swiss Company

sales@emc-partner.ch
www.emc-partner.com

Tel: 061 775 20 30
Fax: 061 775 20 59



Many electrical products in Europe are not safe – **we have the solution...**

ENEC is **the** high quality European mark for electrical products that demonstrates compliance with European safety standards.

Electrosuisse
Luppenstrasse 1, CH-8320 Fehraltorf
Phone +41 44 956 13 14
testing@electrosuisse.ch
www.electrosuisse.ch

electrosuisse >>



Europe Safe
www.enec.com



Ihre Sicherheit – unsere Kernkompetenz: **LANZ Stromschienen 25 A – 6000 A**

- **LANZ EAE – metallgekapselt 25 A – 4000 A IP 55** für die änder- und erweiterbare Stromversorgung von Beleuchtungen, Anlagen und Maschinen in Labors, Werkstätten, Fabriken, etc. Abgangskästen steckbar.
- **LANZ HE – giessharzvergossen 400 A – 6000 A IP 68** Die **weltbeste Stromschiene**. 100% korrosionsfest. EN / IEC typengeprüft. Abschirmung für höchste EMV-Ansprüche. Auch mit 200% Neutralleiter. Anschlusselemente standard oder nach Kundenspezifikationen. Auch mit IP 68-Abgangskästen. Abrutschsicher verzahnte Befestigung (intl. pat.)

Speziell empfohlen zur Verbindung Trafo-Hauptverteilung, zur Stockwerk-Erschliessung in Verwaltungsgebäuden, Rechenzentren und Spitälern, zum Einsatz in Sportstadien, Kraftwerken, Kehrlichtverbrennungs-, Abwasserreinigungs- und allen Aussenanlagen. Beratung, Offerte, rasche preisgünstige Lieferung weltweit von lanz oensingen ag 4702 Oensingen Tel. 062 388 21 21

- Mich interessieren Stromschienen. Senden Sie Unterlagen.
- Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

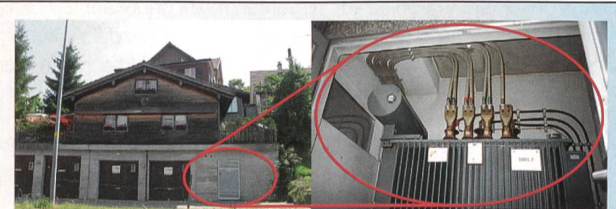
Name / Adresse / Tel. _____



lanz oensingen ag

CH-4702 Oensingen Südringstrasse 2
Telefon 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24
www.lanz-oens.com info@lanz-oens.com

S2



Gut, dass wir auf **Magnetfelder** spezialisiert sind.

- **Messung**
- **Berechnung**
- **Planung / Ausführung von Abschirmungen**

Egal, ob Sie gesetzliche Grenzwerte, oder – im Sinne der Vorsorge – tiefstmögliche Werte für niederfrequente Magnetfelder einhalten müssen, bei uns erhalten Sie Lösungen aus einer Hand.

Wir bieten neben Beratung und Planung von Massnahmen auch die fachgerechte Montage von Abschirmungen.

Zudem führen wir normenkonforme Messungen und Berechnungen von Anlagen durch.



Messung



Berechnung



Flächenabschirmung



Kompaktabschirmung

Ihr kompetenter Partner rund um Magnetfelder.



Systron EMV GmbH
Bubikerstr. 45a · 8635 Dürnten
Tel. 055 250 53 20 · Fax 055 250 53 21
www.systron.ch