

# Accompagnement à la maîtrise des risques accidentels associés aux applications innovantes des batteries au lithium-ion

Amandine Lecocq, Guy Marlair, Delphine Tigreat

► **To cite this version:**

Amandine Lecocq, Guy Marlair, Delphine Tigreat. Accompagnement à la maîtrise des risques accidentels associés aux applications innovantes des batteries au lithium-ion. Rapport Scientifique INERIS, 2012, 2011-2012, pp.21-23. ineris-01869414

**HAL Id: ineris-01869414**

**<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-01869414>**

Submitted on 6 Sep 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Contributeurs



Amandine Lecocq



Guy Marlair



Delphine Tigreat

## ACCOMPAGNEMENT À LA MAÎTRISE DES RISQUES ACCIDENTELS ASSOCIÉS AUX APPLICATIONS INNOVANTES DES BATTERIES AU LITHIUM-ION

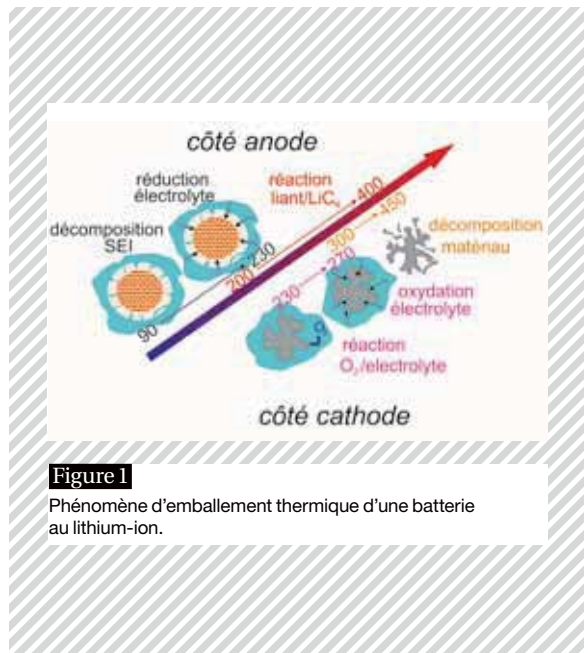


Figure 1

Phénomène d'emballement thermique d'une batterie au lithium-ion.

Dans le développement durable de nouvelles filières de stockage propres et sûres d'énergie, nécessaires à la promotion de l'électromobilité et des applications stationnaires, la prise en compte de la sécurité reste un enjeu important. En témoignent les nombreuses initiatives prises aux États-Unis, au Japon ainsi qu'en Europe, pour approfondir les connaissances permettant la maîtrise de ces risques, dans les différents contextes d'utilisation de ces batteries et sur toutes leurs chaînes de valeur. Une sécurité plus délicate à assurer est en effet la conséquence d'un potentiel de performance (densité d'énergie, puissance spécifique) notablement plus grand que celui offert par les technologies antérieures (batteries acide-plomb, cadmium-nickel...). Le phénomène dangereux atypique qu'il convient de contrôler est, dans la plupart des scénarios d'intérêt, l'emballement thermique **figure 1** potentiellement amorçable par sollicitations thermique, mécanique ou électrique abusives. Il s'agit en particulier de viser les objectifs suivants: ➡

### Références

Lecocq A., Bertana M., Truchot B., Marlair G. *Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle*. Communication au congrès FIVE 2012 (2<sup>nd</sup> International Conference on fires in vehicles), Chicago (MI), USA, 27-28 September 2012.

Marlair G., Lisbona D. *Protection issues pertaining to large storage of new and used lithium-based batteries*. High Challenge Storage Protection Workshop, NFPA/FPRF, 27 June 2012, Paris, France.

Durso Jr F., *Lithium-ion Battery hazards*. NFPA Journal, March-April 2002, pp. 44-50.

Bertana M., Tigreat D., Marlair G., Demissy M. *Nanotechnologies in batteries, a new challenge toward safety?* The young engineers scientists symposium (YESS 2012), March 22, 2012, Berkeley, USA.

Lecocq A., Bertana M., Truchot B., Marlair G. *Fire tests on vehicles with electric and combustion engines*. International Association for Fire Safety Science Newsletter, 32, April 2012.

Ribière P., Grugeon S., Morcrette M., Boyanov S., Laruelle S., Marlair G. *Investigation on the fire-induced hazards of Li-ion battery cells by fire calorimetry*. Energy Environ Sci, 2012, 5, pp. 5271-5280.

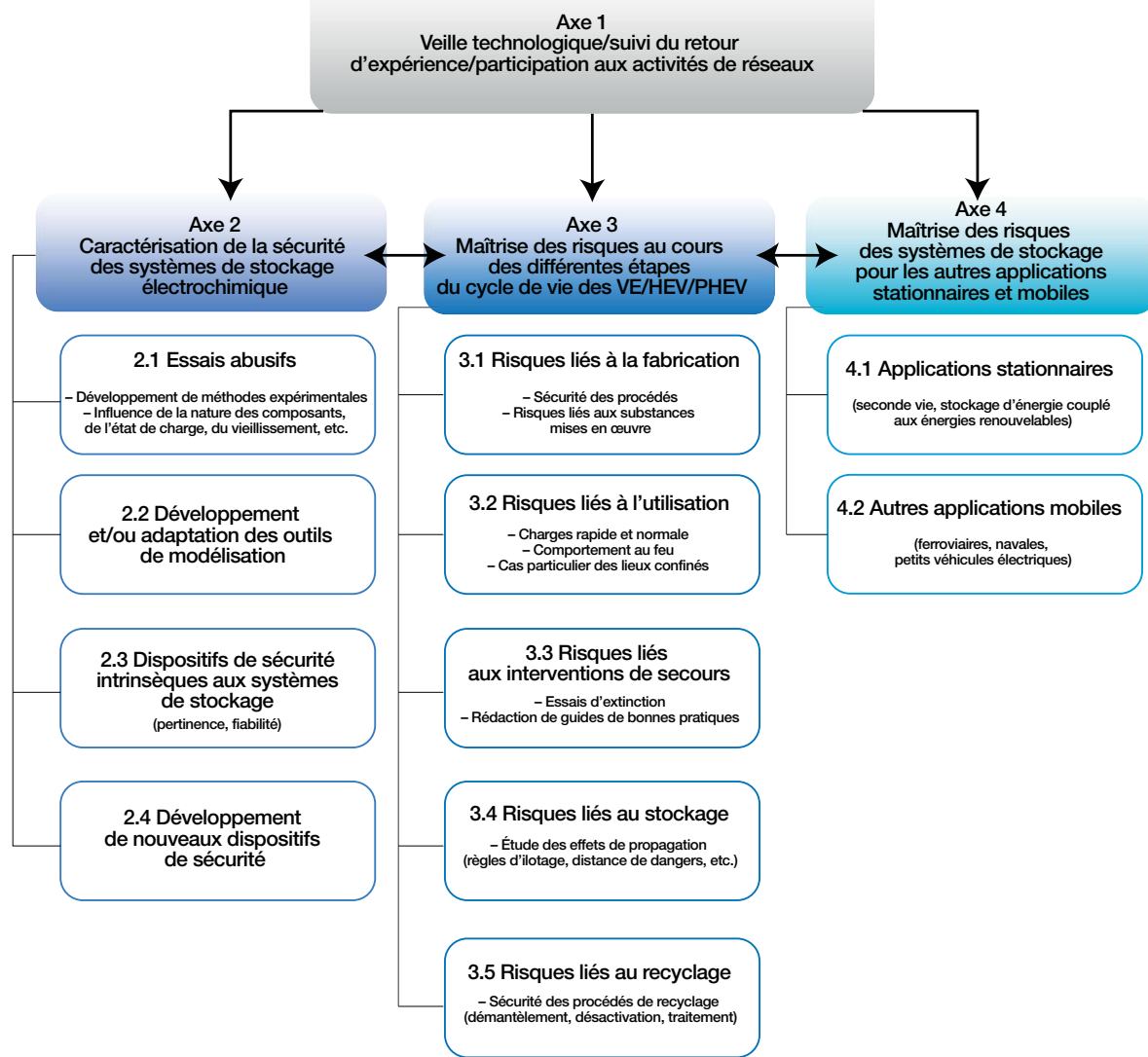
Marlair G., Demissy M. *Safety issues pertaining to rechargeable Li-based batteries: Current knowledge from literature review and abuse testing and perceived remaining topics*. Communication invitée au colloque « La sécurité des batteries à ions lithium : possibilité de risque zéro ? », Collège de France, réseau RS2E, 7 novembre 2011.

Ribière P., Grugeon S., Gachot G., Mathiron D., Morcrette M., Boyanov S., Laruelle S., Marlair G. *Safety and aging investigation toward an understanding of electrolyte degradation processes*. ABAA-4 Congress, Beijing (China), September 21-23, 2011.

Mikolajczak C., et al. *Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment*. Exponent, prepared for the Fire Protection Research Foundation, July 2011.

Dupont L., Marlair G. *Approche de la maîtrise des risques spécifiques de la filière véhicules électriques. Analyse préliminaire des risques*. Rapport d'étude INERIS, juin 2011.

Ribière P., Grugeon S., Laruelle S., Morcrette M., Tarascon J.-M., Marlair G., Bertrand J.-P., Paillart A. *Lithium-ion battery: safety tests*. Proceedings of AABS Congress, Mainz (Germany), Feb. 2-5, 2010.



**Figure 2**

Logigramme de feuille de route recherche « sécurité des batteries », mise en place dans le cadre de la structuration de la recherche à l'INERIS.

- ➔ • **mieux connaître la phénoménologie** et les conséquences d'une défaillance induite au niveau d'une cellule élémentaire de batterie au Li-ion dans son environnement;
- **développer des outils** permettant de mieux qualifier ou prédire le développement des désordres internes à un module de batterie lorsqu'une cellule devient défaillante;
- **d'une manière plus globale, progresser dans la définition des mesures de prévention et de protection** à mettre en place sur toute la chaîne de valeurs de ces technologies et mieux orienter les progrès technologiques envisageables.

Acteur de cette recherche depuis quelques années déjà à l'échelle internationale (programme HELIOS, cf. [site www.helios-eu.org](http://www.helios-eu.org)), et en partenariat avec des membres du réseau RS2E<sup>1</sup>, l'INERIS vient de structurer davantage cet effort de recherche en mettant en place un axe stratégique de recherche

spécifique sur la sécurité des nouveaux systèmes de stockage d'énergie électrique où les technologies lithium constituent la majorité des systèmes en devenir **figure 2**.

Par ailleurs, depuis qu'elle est rendue opérationnelle, la plateforme STEEVE Sécurité **figure 3**, qui rassemble tout un arsenal de moyens expérimentaux dédiés à l'évaluation des risques de ces systèmes au service des acteurs du marché, renforce en même temps les moyens techniques plus polyvalents (chambre de 80 m<sup>3</sup>, calorimètre de Tewarson, galerie incendie) jusqu'ici sollicités pour ces travaux de recherche. Le calorimètre de Tewarson (ISO 12136: 2011) a en particulier été mis en œuvre en partenariat avec l'UPJV<sup>2</sup> (LRCS<sup>3</sup>) pour étudier de manière globale le comportement au feu de cellules Li-ion élémentaires de type cylindrique (18650) et de type *coffee-bag* et d'en dresser les premiers profils de risques thermique et

**Notes**

1. Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie.
2. Université de Picardie Jules-Verne.
3. Laboratoire de réactivité et de chimie des solides.



Figure 3

La plateforme d'innovation technologique STEEVE Sécurité.

chimique, dans le cadre d'une thèse intégrée au programme BatteryNanoSafe, à présent terminé. Grâce à ce programme, un axe de progrès technologique a pu être identifié, qui tient à la présence de l'élément fluor dans deux des principaux constituants de ce type de batterie, à savoir le liant de type PVDF qui assure la cohésion du matériau d'électrode positive sur le collecteur de courant en aluminium, ainsi que le sel (quasi exclusivement LiPF<sub>6</sub> aujourd'hui dans les systèmes Li-ion). En effet, comme c'est bien souvent le cas pour d'autres applications de matériaux halogénés (Cl, F), le potentiel de conversion de cet élément en toxiques halogénés associé (ici HF essentiellement) est très significatif au point de pouvoir conditionner, dans certains cas à lui tout seul, la toxicité de l'environnement. Nous avons démontré que ce potentiel pouvait avoisiner les 100 % à l'échelle de l'électrolyte à partir du bilan matière sur le fluor. Ce constat est néanmoins à pondérer pour deux raisons. Sur un plan métrologique, la mesure des composés fluorés produits en condition d'incendie reste une opération délicate et notre expérience opérationnelle nous a conduits à consolider la calibration du système de mesure utilisé (spectromètre à transformée de Fourier) pour progresser dans cette voie et fiabiliser la mesure à 100 %.

Sur le plan pratique, l'exposition aux fumées d'incendie se situe potentiellement en aval du lieu d'émission des fumées dans la zone de combustion. La dilution du composé toxique HF, formé majoritairement à partir du fluor, est considérablement aidée par la capacité de ce composé à s'absorber en chemin sur la quasi-totalité des supports physiques (métaux, verre, matériaux polymères,

particules de suie). De plus, la cinétique d'émission est potentiellement fortement conditionnée par le taux de charge de la batterie. En tout état de cause, et pour certaines applications grand public, le développement de systèmes d'électrodes et d'électrolytes, à moindre teneur en fluor, semble un axe de progrès technologique intéressant à explorer en matière de sécurité d'usage de tels systèmes.

Enfin, dans le cadre de notre participation au comité de suivi scientifique et technique des travaux lancés aux États-Unis pour le compte de la fondation de recherche de la National Fire Protection Association (NFPA), nous avons pu constater que la revue bibliographique, visant à consolider l'état de l'art sur les dangers des batteries au lithium-ion, publiée en juillet 2011, est très conforme aux conclusions de notre propre étude sur le sujet, mise en ligne sur le site Internet du ministère chargé de l'Écologie. Ce programme de travail, confié sur appel d'offres à la société américaine Exponent, fait à présent l'objet d'une seconde phase de travaux, dont le pilotage est assuré par FM Global, disposant d'installations expérimentales sans équivalent dans le domaine de l'évaluation du risque incendie et des moyens de protection. Dans ce contexte, des experts de l'INERIS iront prochainement assister aux premiers travaux expérimentaux visant à examiner la faisabilité d'une protection automatique dans le cas d'un entreposage en masse de batteries au lithium. En effet, à l'occasion du congrès portant sur les nouveaux enjeux en matière de protection dans les stockages, qui s'est récemment tenu sous l'égide de la NFPA à Paris en juin 2012, et à l'organisation duquel l'INERIS a été associé, les assureurs ont clairement reconnu à la table ronde finale que la profession manquait de données pour dimensionner les installations de protection incendie pour les batteries au lithium. Notre contribution à ces efforts de recherche se poursuit dans la logique des travaux antérieurs, notamment dans le cadre du programme régional dénommé DEGAS – financé par le conseil régional de Picardie et le Fonds européen de développement régional (FEDER) –, où nous examinons de manière plus pointue le comportement au feu des batteries à l'échelle des divers constituants (essais de combustion des solvants, seuls et en mélange constitutif des principaux électrolytes de batteries). Au niveau international, d'autres opportunités de recherches collaboratives ont d'ores et déjà été concrétisées dans le cadre de récents appels d'offres européens portant sur la thématique. ●

### Remerciements

Les projets BatteryNanoSafe et DEGAS ont bénéficié ou bénéficient de financements du conseil régional de Picardie et du FEDER.

### Abstract

Sustainable development of innovative electric energy storage systems are needed for both mobile and stationary applications. With increased energy and power densities obtained with lithium metal and ion systems, that trigger some atypical hybrid hazard in case of abuse

conditions of use, handling or storage, safety focused has been recently promoted at a world-wide level. We briefly update here how far INERIS contributes at national as well as at international level to this research effort, focusing on how this effort has been recently restructured and outlining some important results. Perspectives are also shortly given.