

Congrès

BATTERIES AU LITHIUM

Compte rendu de la journée technique organisée par l'INRS le 22 novembre 2022

« Batteries au lithium : tous utilisateurs, tous acteurs de la prévention ».

L'INRS a organisé le 22 novembre dernier une journée technique « Batteries au lithium : tous utilisateurs, tous acteurs de la prévention », afin d'aider les entreprises et les salariés à repérer les risques associés à ces équipements et à mettre en place les mesures de prévention adaptées, tout en favorisant le partage d'expériences ou de bonnes pratiques conduites en entreprises. Cette conférence, organisée dans un format hybride, a rassemblé plus de 800 personnes à distance et environ 150 en présentiel. Afin de faciliter les échanges, un système de *chat* (avec modération) a permis de soumettre les questions des inscrits aux intervenants lors des tables rondes. Les ressources documentaires associées, ainsi que l'essentiel des interventions, peuvent être retrouvées sur le site Web de l'INRS (Cf. *Pour en savoir plus*).

LITHIUM BATTERIES – On last 22 November, INRS held a seminar “Lithium batteries: we are all users, we are all actors in prevention” in order to help companies and employees to identify the risks associated with these batteries and implement the suitable prevention measures, while promoting the sharing of experiences and good practices set up in companies. This seminar, held in hybrid format, brought together 800 people on line and roughly 150 on site. To facilitate exchanges, a “chat” system (with moderation) allowed participants’ questions to be submitted to speakers during round tables. The associated documentary resources, as well as all of the presentations can be consulted on INRS’s website.

ANTOINE
BONDÉELLE
INRS,
département
Information et
communication*

* Avec la participation de Luc Laborde et Florian Marc (INRS) et des intervenants à la journée technique : Arnaud Bordes, Séverine Brunet, Laureline Coates, Olivier Gaudeau, Michel Gentilleau, Vincent Gravois, Ogier Hanser, Axel Lazar, Mathilde Le Bihan, Amandine Lecoq, Anne Le Minor, Jérôme Lesage, Loïc Lonardoni, Stéphane Miraval, Keshav Neermul, Nicolas Paquet, Bernard Salengro, David Turmel.

Lors de son discours de présentation de la journée technique, **Bernard Salengro, président du CA de l'INRS**, a rappelé l'engagement de l'Institut pour la prévention des risques associés à l'utilisation des batteries au lithium. Ce sujet concerne l'ensemble de la société : chacun est utilisateur de ces technologies, souvent au quotidien. C'est aussi un sujet émergent, avec des questions qui se posent à chaque étape du cycle de vie des batteries. Fin 2018, on estimait à environ 350 millions le nombre de piles et accumulateurs au lithium présents sur le territoire. Des sources anglo-saxonnes imputent à ces équipements une augmentation de 25 % des incendies dans les centres de tri de déchets.

Anne Le Minor (Carsat Hauts-de-France) a ensuite proposé un panorama des technologies et des utilisations, ainsi qu'une présentation sur la sinistralité et des exemples d'accidents. Le lithium est un métal léger (alcalin), instable et très réactif, qui s'oxyde

rapidement au contact de l'eau ou de l'air. Il est extrait notamment en Amérique du Sud (50 % de la production), en Australie, en Asie ou aux États-Unis. Les batteries au lithium sont présentes dans un nombre considérable d'équipements : téléphonie et bureautique (ordinateurs, tablettes), machines portatives (visseuses, perceuses), transport et manutention (automobiles, vélos, trottinettes, chariots automoteurs), appareillages et installations industrielles variées... Deux technologies existent : les batteries au lithium ionique (soit avec un électrolyte liquide : Li-ion, soit avec un électrolyte polymère : Li-Po) et les batteries au lithium métal (LMP : lithium – métal – polymère). Les risques liés à leur utilisation se rencontrent tout au long de leur cycle de vie : fabrication, transport, stockage, utilisation, recyclage. Selon le Barpi (Bureau d'analyse des risques et pollutions industriels), 36 événements graves (accidents avec arrêts, conséquences humaines, environnementales, financières, etc.) ont été dénombrés depuis 2000, hors utilisation par des particuliers et hors secteur des déchets. Parmi



les incidents domestiques, ont été très fréquemment rapportés des incendies (de téléphones portables, de cigarettes électroniques, de véhicules). La prévention des risques, notamment sur les lieux de travail, est un enjeu essentiel pour l'activité économique ; en région Hauts-de-France, quatre projets de « *gigafactories* » (usines géantes) destinées à la fabrication de véhicules électriques, sont en cours de réalisation.

Risques, prévention et protection

Lors de sa présentation sur les risques électriques, d'incendie et d'explosion, **Loïc Lonardoni (CEA, université de Grenoble)** est revenu sur leurs causes et sur les moyens de protection. Il a dans un premier temps exposé les risques présents lorsque l'on intervient sur un circuit électrique : le risque de court-circuit et le risque de choc électrique. Les conséquences du court-circuit sont généralement une élévation de température, suivie de projections de matière en fusion, pouvant évoluer en incendie. Le choc électrique, c'est-à-dire l'électrisation, voire l'électrocution, est dû au contact avec une pièce sous tension (de 40 à 1 100 V en tension nominale), soit directement, soit indirectement après un défaut. La prévention de ces deux risques repose essentiellement sur la conception du circuit électrique et de ses protections. Lorsque l'on doit travailler directement sur une batterie, il est rarement possible de la décharger complètement et cela revient à travailler sous tension. Dans ce cas, et dès lors que la tension de la batterie dépasse 60 V ou que sa capacité excède 275 Ampères-heures, des mesures particulières doivent être mises en œuvre telles que des modes opératoires spécifiques, l'utilisation d'équipements de protection et une habilitation particulière pour travaux sous tension¹.

La dernière partie de cette présentation était consacrée à l'emballage thermique des batteries, c'est-à-dire la propagation d'un échauffement à l'intérieur de la batterie. En effet, des contraintes exercées sur une batterie (mode de charge inadapté, choc mécanique, etc.) perturbent le fonctionnement des cellules, avec par exemple un déséquilibre du taux de charge des cellules, certaines pouvant aller jusqu'à la décharge et d'autres à la surcharge. Une des conséquences est une élévation de température au sein des cellules. Si cet échauffement se propage d'une cellule à l'autre, le phénomène d'emballage thermique apparaît. Lorsqu'il est détecté suffisamment tôt, il est parfois possible de stopper l'échauffement par des mesures intrinsèques à la cellule (dispositifs d'interruption du courant, de réduction de la température, par exemple), ou par des éléments de sécurité placés sur le module. Si l'emballage n'est pas stoppé, il se propage et mène à l'incendie. Un moyen de réduire les risques est de ne travailler

que sur des batteries à faible charge, d'utiliser des équipements de protection et des modes opératoires adaptés et de prévoir des dispositifs de lutte contre l'incendie à proximité.

Concernant les risques chimiques et toxicologiques, **Laureline Coates (INRS) et Arnaud Bordes (Institut national de l'environnement industriel et des risques, Ineris)** ont d'abord rappelé que celui-ci est très limité en fonctionnement « normal » ; au niveau de l'entreprise, il est limité par les mesures de protection. Les accidents peuvent générer des émissions de gaz, de vapeurs ou de particules, de fumées (avec ou sans risques d'inflammation). Les niveaux des émissions sont très variables et dépendent à la fois de la chimie de la batterie et de son environnement. En cas d'inhalation ou de contact cutané avec des produits d'émission d'une batterie au lithium défectueuse, il convient de prendre immédiatement un avis médical et de suivre les protocoles prévus en cas d'urgence (décontaminer si possible les surfaces exposées, etc.). Une surveillance prolongée après les expositions est recommandée.

Les batteries fonctionnent correctement (sans exposer leurs utilisateurs ou fabricants à des risques multiples) dans leur « zone de stabilité », qui dépend de nombreux facteurs internes et externes : température, état de charge, vibrations ou chocs provenant de l'environnement, etc. **Jérôme Lesage** a présenté les essais réalisés par **l'Ineris**, des tests « abusifs », afin de mieux cerner les limites de fonctionnement et de résistance des batteries vis-à-vis de facteurs externes. L'Ineris a mis au point deux plateformes de test et mené des essais complets. Ceux-ci devraient permettre d'aider à la sélection des moyens de limitation des risques ; de valider le comportement de la batterie face aux situations dangereuses ; d'estimer les distances d'effets sur les personnes et les biens ; d'évaluer les systèmes d'extinction ; et enfin, de préparer les interventions éventuelles en cas d'accident.

Stéphane Miraval (INRS) a présenté les mesures générales de prévention des risques liés aux batteries au lithium, en insistant sur les bonnes pratiques de prévention lors de leur manipulation, utilisation et stockage. Pour les batteries endommagées, il a souligné l'intérêt des signes visuels à observer et des indicateurs techniques, comme la non-teneur de la charge ou une température anormalement élevée. Les batteries au lithium doivent être considérées en tout temps comme des équipements potentiellement dangereux. Quels que soient leur état et leur capacité, leur manipulation nécessite des mesures de prévention. Des aides à la manutention devront être mises en œuvre avec les équipements lourds et

les intervenants doivent être équipés de protections individuelles adaptées (vêtements, gants, écran facial voire appareil de protection respiratoire) et formés à leur utilisation. Pour les interventions, il convient d'ajouter la vérification de l'habilitation électrique correspondant à l'équipement, une organisation correcte de l'espace de travail et la possibilité de consigner les batteries si besoin.

Le stockage de batteries nécessite des mesures adaptées : respect des préconisations des fournisseurs, mise en place de zones dédiées (armoires, conteneurs ou locaux) et démarches spécifiques pour les batteries endommagées.

Michel Gentilleau (Fédération nationale des sapeurs-pompiers de France) a présenté les mesures à mettre en œuvre pour l'extinction d'un feu de batterie. L'intervenant a insisté sur le phénomène d'emballement thermique : celui-ci s'apparente à une fuite de gaz enflammé, avec d'importants dégagements de fumées toxiques, et des « effets missiles » possibles (jusqu'à 15 mètres de distance) ou des projections d'aluminium en fusion (dans le cas d'un boîtier de batterie contenant ce métal). Face à ce risque, l'eau se révèle être un bon agent extincteur (à l'exception des batteries lithium – métal – polymère), mais pose plusieurs problèmes : difficulté à lui faire atteindre l'intérieur du boîtier de la batterie ; risques de ré-ignition. Les solutions techniques actuelles restent peu convaincantes ou opérationnelles : lances perforantes (eau sous très forte pression, en vue de perforer le boîtier) ; containers d'immersion ; couverture d'extinction (pouvant mettre en danger les personnes autour, utile cependant pour limiter les « effets domino » comme dans un parking, avec d'autres véhicules à proximité) ; lances de refroidissement et agents extincteurs (tests non concluants à ce jour). Une tactique efficace d'intervention doit notamment viser à empêcher l'emballement thermique en refroidissant la source d'énergie, en privilégiant la diffusion de l'eau dans le boîtier. Si cela est indispensable et possible, une immersion complète de la batterie devra être réalisée. Dans le cas contraire, il est préférable de « laisser brûler ». L'intervenant a enfin proposé plusieurs perspectives, dont une meilleure collaboration des équipes de secours avec les constructeurs dès la conception (avertissements, consignes d'intervention...).

Retours d'expériences sur la gestion des batteries au lithium

Vincent Gravois (société SBE) a présenté un retour d'expériences sur les batteries équipant la téléphonie mobile et les petits appareils chez SBE-France (site de Boulogne-sur-Mer, 395 employés). L'une des solutions mise en œuvre pour la prévention est son intégration directe dans les process : formation



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2016

du personnel dans les laboratoires de réparation ; utilisation d'équipements recommandés pour le démontage ; mise en place de matériels adaptés pour limiter toute extension d'un feu (boîte à sable métallique, gants anti-feu, lunettes anti-projections, extincteurs spécifiques, etc.) ; gestion spécifique des déchets. Les difficultés rencontrées ont été : l'augmentation de la puissance des batteries manipulées ; l'évaluation des temps d'évacuation et de ventilation des locaux en cas de combustion ; et les modalités d'une meilleure intégration des personnels non formés. L'entreprise considère que des concurrents qui n'auraient pas les mêmes exigences qu'elle (en matière de sécurité) pourraient la fragiliser.

Intervention sur une batterie lithium-ion équipant des véhicules électriques.

L'intervention de **Keshav Neermul (société Dott)** portait sur les batteries équipant la « micro-mobilité » (embarquées sur vélos et trottinettes à disposition du public?). Dott a mis en place les mesures de prévention suivantes : évaluation permanente des risques et moyens de protection ; système de management centralisé de la santé et sécurité au travail (standardisation des pratiques, logiciel de remontée des incidents ou accidents...) ; documents normatifs pour limiter les risques (prévention des incendies dans les entrepôts, prévention



du risque routier, charge physique de travail : postures, etc.) ; inspections internes régulières. Les batteries déchargées sont remplacées lors des tournées quotidiennes et rechargées en entrepôt. Elles sont amovibles, tracées et suivies sur l'ensemble des processus, conçues et testées pour une utilisation intensive. Pour prévenir les risques liés à leur utilisation, elles sont stockées et rechargées dans des armoires spécifiques. Pour le risque incendie, les équipes sont formées régulièrement ; des exercices et simulations sont organisés avec les services de secours. Des systèmes de détection performants complètent le dispositif.

Pour les activités concernant la fin de vie des véhicules électriques endommagés (broyage, traitement et post-broyage), **Olivier Gaudeau (Federec) et Nicolas Paquet (Indra-Sas)**³ ont tout d'abord insisté sur le fait qu'il n'existe pas de mode opératoire pré-établi. Pourtant, les enjeux sont considérables : il s'agit de concevoir un « écosystème » (économie circulaire) du véhicule hors d'usage. En raison d'un nombre suffisant de véhicules électriques endommagés et de valorisation des retours d'expérience, un processus a été mis en place, comprenant des étapes de diagnostic et de sécurisation des opérations (transport du véhicule et des composants, ouverture de la batterie...), réalisées par des personnels formés et compétents (titulaires des habilitations électriques nécessaires). De nombreuses solutions techniques ont été ou sont en cours de déploiement, face aux risques d'électrisation/électrocution (isolement des câblages endommagés), d'emballage thermique et de court-circuit, et liés aux maintenances. Elles nécessitent cependant des investissements importants.

Retours d'expériences sur la gestion des batteries usagées

David Turmel a tout d'abord rappelé l'activité de **Corepile**. Cet éco-organisme, agréé par l'État depuis 2010, gère deux filières : l'une, « Portables sous agrément », rassemble près de 32 000 points de collecte (adhérents principaux : grande distribution, déchetteries, entreprises, administrations...) et permet de rassembler plus de 10 000 tonnes de matériaux par an, avec un taux de recyclage d'environ 80 %. Ce secteur a connu une progression de 20 % en six ans. La seconde filière, « Volontaires mobilité », permet une collecte, sur plus de 2 000 points (revendeurs de vélos, etc.), de près de 125 tonnes de matériaux par an, avec un taux de recyclage d'environ 65 %. Ce secteur a vu ses chiffres multipliés par trois (en nombre d'objets collectés) et par dix (en tonnage) en six ans. Face aux enjeux considérables représentés par ces développements, il a été nécessaire de mettre au point rapidement de nouveaux pro-

cédes de traitement des batteries. Cela a été réalisé notamment par la mise à disposition de matériels de collecte adaptés auprès des commerces et points de vente (contenants, bacs plastiques ou fûts métal). Les consignes pour la collecte des batteries endommagées ont été formalisées (mise à disposition de sachets de vermiculite et diffusion de procédures de remplissage et de sécurisation dans un fût métallique), tout en conservant la vigilance sur la collecte de piles et de batteries intègres.

Axel Lazar (Ecosystem) est intervenu sur la filière des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), impactée par les risques liés aux batteries lithium. Avec des départs de feu quotidiens, un incendie (pas nécessairement dû à une batterie au lithium) nécessitant l'intervention d'un service départemental d'incendie et de secours (SDIS) une à deux fois par mois, une installation de traitement détruite tous les deux ans..., la filière est sujette à une forte sinistralité. Pour la réception, le tri et l'entreposage des DEEE, les principes suivants ont été adoptés par Ecosystem : pas de transport en vrac, utilisation de caisses adaptées ; contrôle de la qualité des flux et identification des équipements dangereux et des éventuels points chauds ; compartimentation des alvéoles d'entreposage (alternance des matières combustibles et non combustibles) ; préservation de l'intégrité des batteries lors de la dépollution ; détournement des appareils contenant des piles et batteries au lithium avant la phase de broyage ; anticipation de l'augmentation du nombre d'équipements avec piles/batteries lithium non détachables (écouteurs sans fil, brosses à dents électriques, cigarettes électroniques...) ; stockage spécifique et surveillance des piles et batteries au lithium ; bonnes pratiques pour l'entreposage, pour la gestion des départs de feu (fiches réflexes) et pour l'analyse des causes et conséquences ; investissements importants, portant sur les systèmes de détection et d'extinction ; vérification des équipements et installations ; et formation du personnel.

Ogier Hanser (INRS) a présenté une étude de l'Institut sur l'exposition aux métaux lors du recyclage des piles et batteries (collecte, tri et stockage, démontage, broyage et traitement par pyrométallurgie ou hydrométallurgie), réalisée en 2020 sur 13 sites en France. L'étude a porté notamment sur l'évaluation des expositions professionnelles aux métaux (hors plomb) dans trois entreprises volontaires, auprès de 86 salariés participants répartis en six groupes d'exposition similaires. Les prélèvements atmosphériques de cadmium et cobalt donnent, dans 20 % des cas, des mesures dépassant les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) dans les groupes « traitement », « maintenance », « démontage », « polyvalent » (malgré le port d'appareils de protection

respiratoire) ; et pas de dépassement des VLEP pour les autres métaux. Pour les recueils urinaires, le cadmium a été mesuré à des concentrations élevées dans presque tous les groupes d'exposition (au-dessus de la valeur limite biologique proposée par l'Anses, VLB) ; le manganèse urinaire présentait des résultats ponctuellement élevés (pas de VLB pour ce métal). En conclusion de l'étude, des propositions d'amélioration de la prévention ont été présentées.

Perspectives et conclusion de la journée

Mathilde Le Bihan (société RDC Environnement)

a présenté une étude portant sur la seconde vie des batteries, dans le cadre du projet Record (réseau coopératif de recherche sur les déchets et l'environnement), comprenant un focus sur les batteries de mobilité légère et lourde, et le réemploi ou la préparation à la réutilisation des batteries usagées (nouvel usage identique ou différent de l'usage initial). Les objectifs de l'étude étaient d'évaluer le gisement des batteries usagées utilisables en seconde vie, de réaliser un état de l'art technico-économique des diverses solutions possibles de seconde vie (avec retours d'expérience) et d'identifier les barrières à lever. En particulier, il existe un flou réglementaire sur la définition de la « seconde vie » et sur les responsabilités ; un futur règlement européen pourrait clarifier certains points (obligations, garanties concernant la sécurité, information obligatoire pour les batteries neuves : marquage, passeport batteries...). L'étude associée au projet prend fin en avril 2023 ; une mise à disposition de la synthèse publique est prévue⁴.

Amandine Lecocq (Ineris) a évoqué les « batteries du futur ». Les batteries lithium-ion constituent la technologie de choix pour la prochaine décennie (en poursuivant l'amélioration des performances et de la sécurité), mais un saut technologique ou de substitution de certains métaux (pour augmenter notamment la densité énergétique) est nécessaire. Les enjeux sont, à court terme, de diminuer la teneur en cobalt et d'augmenter celle en nickel ; de faire évoluer les matériaux utilisés pour la cathode ; d'utiliser des matériaux plus sûrs dans l'électrolyte (solvants moins inflammables qu'actuellement) ; de mettre au point des batteries « tout solide » (remplacer l'électrolyte liquide par un électrolyte solide, pour limiter les risques d'emballement thermique). L'émergence des batteries sodium (Na)-ion permet de répondre à certaines questions : le sodium (composant notamment du sel gemme) est un élément très abondant ; les mêmes lignes de production pourraient être utilisées pour des batteries Na-ion. Des questions importantes demeurent néanmoins : les batteries au sodium présentent une densité énergétique plus faible que pour le lithium (mais

qui devrait s'améliorer avec l'avancée des travaux) ; les premiers résultats en matière de risques pour la sécurité (à approfondir) montrent les mêmes risques d'emballement thermique qu'avec le lithium, mais avec des émissions moins toxiques.

À plus long terme, deux technologies pourraient aussi être développées : les batteries lithium-soufre (élément également très abondant, mais présentant une toxicité élevée) ; et les batteries métal-air. L'intervenante a également pointé les risques de formation de dendrites de lithium au cours d'un fonctionnement normal (avec des recherches à mener sur les choix de matériaux pour le séparateur ou pour l'électrolyte, afin de limiter le risque de formation de ces dendrites et leurs conséquences possiblement néfastes : courts-circuits, etc.).

Lors de son allocution de clôture, **Séverine Brunet (INRS)** a souligné la richesse et la diversité des sujets évoqués. Trois sujets s'inscrivent tout particulièrement dans les missions de l'INRS :

- la nécessité d'évaluer les risques professionnels, notamment pour les risques émergents dans ces technologies et filières ;
- le développement des connaissances pour améliorer la sécurité de ces équipements, notamment pour professionnaliser les petites entreprises (TPE-PME : garagistes, etc.), avec la nécessité de réorganiser les espaces ou les procédures de travail ;
- la présence de nombreux outils disponibles sur le site de l'INRS : brochures, fiches solutions, dossiers Web...

Enfin, de nombreux acteurs sont également là pour accompagner les entreprises vis-à-vis de ces risques : Carsat/Cramif/CGSS/INRS, Ineris, organisations professionnelles, services de prévention et de santé au travail (SPST), services départementaux d'incendie et de secours (SDIS), etc. ●

1. Voir : <https://www.inrs.fr/risques/electriques/habilitation-electrique.html>

2. *Dott met à disposition 50 000 vélos et trottinettes dans 40 villes européennes, et gère un stock d'environ 70 000 batteries lithium-ion*

3. *Federec traite plus de 1 600 000 véhicules par an (260 modèles différents) ; Indra-Sas traite près de 600 000 véhicules dans 380 centres, et réalise aussi des recherches sur les process de dépollution et recyclage, ainsi que du conseil aux entreprises.*

4. *Rapport en cours de finalisation lors de la rédaction. Dès sa publication, il sera accessible sur le lien : <https://record-net.org/catalogue#>*

POUR EN SAVOIR +

- Les interventions de la journée technique sont accessibles sur : <https://www.inrs.fr/footer/actes-evenements/journee-technique-batteries-lithium.html>
- Le dossier Web de l'INRS est accessible sur : <https://www.inrs.fr/metiers/energie/utilisation-batteries-lithium.html>