

RAPPORT D'ÉTUDE

30/09 /2010

DRA-10-111085-10531B

**Accidentologie relative aux systèmes de
stockage d'énergie électrochimique :
analyse du retour d'expérience**

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

**ACCIDENTOLOGIE RELATIVE AUX SYSTEMES DE STOCKAGE
D'ENERGIE ELECTROCHIMIQUE :
ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE**

INERIS

Client : MEEDDM

Liste des personnes ayant participé à l'étude (section accidentologie) :
Guy MARLAIR, Laurent DUPONT, Michel DEMISSY

PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

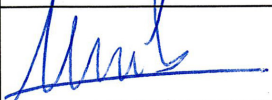


	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	G.MARLAIR	L.DUPONT	M. DEMISSY
Qualité	Référent Technique Pôle Substances et Procédés Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'Unité Procédés et Energies Propres et Sûrs Direction des Risques Accidentels	Responsable du Pôle Substances et Procédés Direction des Risques Accidentels
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	5
1.1 Contexte général	5
1.2 Méthodologie générale	6
1.3 Sources d'informations exploitées.....	6
2. PRINCIPAUX ACCIDENTS RECENSES ET LEURS ENSEIGNEMENTS	8
2.1 Les accidents survenus au transport.....	8
2.1.1 Transport aérien.....	8
2.1.2 Autres modes de transport.....	13
2.2 Accidents survenus a la fabrication et/ou au stockage	15
2.2.1 Incidents survenus en France	15
2.2.2 Incidents significatifs survenus à l'étranger.....	17
2.3 Accidents survenus lors de la mise sur le marché batteries ou de l'exploitation de VE.....	18
2.3.1 Exploitation de la base de données RAPEX.....	18
2.3.2 Information tirées de la base de données américaine CPSC.....	21
2.3.3 Incidents reliés directement à l'E-mobilité.....	22
2.4 accidents survenus lors du recyclage.....	24
2.4.1 incident survenu à Trail (Canada, 7 Novembre 2009).....	24
2.4.2 incident de Preston (UK), 2 juillet 2007	25
2.4.3 Incendie chez le recycleur britannique G&P Battery Ltd (2008).....	26
2.4.4 incendie survenu à Dieuze (Août 2010).....	27
2.5 Applications militaires	28
3. CONCLUSIONS.....	29
4. REFERENCES.....	32

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE GENERAL

L'analyse du retour d'expérience est un outil très général et fort utile à toute analyse préliminaire des risques, quelque soit le thème abordé. Cette approche a donc été proposée et validée comme étape essentielle de notre étude

Dans le cadre de l'étude confiée au partenariat INERIS-UTAC par le MEEDDM sur la sécurité du véhicule électrique, nous avons focalisé cette analyse sur les nouveaux systèmes de stockage et de gestion de l'énergie électrique (batteries au Lithium principalement, supercapacités) pour lesquels la forte densité énergétique, et le principe de fonctionnement même, engendrent un danger intrinsèque d'emballement thermique et de scénarios accidentels associés (incendies, fuites d'électrolytes, explosion) qui doit être parfaitement évalué et géré. En sus du risque chimique, le risque électrique dans toute sa dimension doit également être pris en compte. En effet, la maîtrise de ces risques dans les conditions d'exploitation à forte puissance du VE et au-delà de l'utilisation sur tout le cycle de vie de la filière est au cœur de la réflexion sécurité suscitée par le déploiement du Véhicule électrique en France.

Tout stockage d'énergie engendre un risque plus ou moins élevé de libération accidentelle de cette énergie (le réservoir de carburant du véhicule thermique n'échappe pas à la règle). Mais pour ce qui concerne les technologies lithium, chacun a en mémoire les quelques accidents peu nombreux, mais largement rapportés par les médias, qui ont affecté différents appareils portables (ordinateurs principalement), dont les batteries reconnues défectueuses ont fait l'objet de rappels multiples et extrêmement coûteux pour les fabricants dont les principaux sont récapitulés au tableau 1.

Battery Makers	OEM	Battery recall	Date	Cost
Matsushita	Nokia	46 M cells	08/07	100–200 M\$
Sanyo	Mitsubishi	1.3 M cells	12/06	35 M \$
Sony	Dell, Apple, Toshiba, Lenovo,...	10 M Packs 65 M cells	2006	430 M\$

*Tableau 1 : Principaux rappels d'ordinateurs portables munis de batteries lithium ion défectueuses (risque d'échauffement allant jusqu'à la combustion spontanée ou l'explosion)
(source : Battery Conference 2009, Cannes)*

On notera au demeurant que ces incidents bien connus sont survenus environ 15 ans après le lancement par Sony, de la commercialisation des batteries rechargeables basées sur le système électrochimique lithium-ion. Ce constat montre qu'il est important de rester attentif aux questions de sécurité tant lors de ruptures technologiques importantes que lors d'une montée en puissance d'une technologie donnée, en réponse aux attentes du marché.

Au-delà de la prise de conscience que ces systèmes de stockage d'énergie performants engendrent de manière intrinsèque une problématique sécurité à prendre en compte à sa juste mesure, il est plus qu'utile d'examiner de manière systématique l'accidentologie connue en matière de fabrication, stockage, utilisation,, transport, charge et recyclage des accumulateurs d'énergie électrochimique, en mettant bien sûr l'accent sur les technologies les plus proches de celles qui sont ou seront très prochainement utilisées dans le cadre de la montée en puissance de la filière véhicule électrique. Cette analyse est l'objet essentiel du présent rapport

1.2 METHODOLOGIE GENERALE

Pour de multiples raisons :

- impossibilités techniques de discriminer avec précision les incidents répertoriés dans certains cas (applications portables, applications e-mobilité, autres applications industrielles ...),
- enseignements applicables ou transposables aux technologies d'intérêt dans d'autres cas,
- activités décrites (fabrication) ne dissociant pas toujours les utilisations en aval des systèmes impliqués dans les incidents repérés,
- étude portant sur des technologies très jeunes, parfois encore en cours de développement et donc rareté des seuls cas correspondant explicitement à notre périmètre d'intervention,

nous n'avons pas voulu restreindre le champ de notre étude à l'analyse des seuls incidents impliquant des technologies de stockage véritablement utilisés dans les véhicules électriques. A chaque fois que l'information collectée le permet, nous signalons les incidents les plus significatifs par rapport au déploiement de la filière VE.

1.3 SOURCES D'INFORMATIONS EXPLOITEES

De manière classique, nous avons exploité différents types de bases de données informatisées. On peut citer notamment :

- La base de données accidentologiques ARIA gérées par le BARPI (accès direct sur internet et échanges spécifiques sur le sujet avec la Responsable du suivi des accidents ;
- La base de données d'accidents aériens gérés par la FAA (Federal Aviation Administration), USA ;

- Deux bases de données gérées par des Commissions européenne (en lien avec la directive « RAPEX ») et américaines (CPSC) assurant la sécurité du consommateur, et informant sur les retraits du marché de biens de consommations ayant été identifiés comme présentant un danger pour le consommateur ;
- Diverses bases de données plus spécifiques accessibles sur des sites spécialisés (tels que *Industrial Fire world*) ;
- REX des industriels interrogés dans le cadre de cette étude ;
- De plus, nous avons sollicité de nombreux experts internationaux évoluant dans les différents domaines abordés afin de bénéficier des informations dont ils disposaient dans leurs pays respectifs.

2. PRINCIPAUX ACCIDENTS RECENSES ET LEURS ENSEIGNEMENTS

2.1 LES ACCIDENTS SURVENUS AU TRANSPORT

2.1.1 Transport aérien

2.1.1.1 Les accidents de référence

2.1.1.1.1 Aéroport de Los Angeles, Avril 1999

Le 28 avril 1999, un incendie prend naissance spontanément sur une cargaison, lors des opérations de déchargement à l'aéroport international de Los Angeles, du vol 0026 opéré par Northwest Airlines en provenance d'Osaka. L'appareil est un Boeing 747 qui transportait de nombreux passagers. La cargaison impliquée dans l'incendie concernait deux palettes de piles au lithium.

Cet incident, sans conséquences humaines du fait du début d'incendie après le débarquement, a enclenché une réflexion de fond sur les mesures de prévention / protection à mettre en place pour les vols passagers et fret transportant des cargaisons de piles et accumulateurs au lithium dans les soutes. Des études ont notamment été diligentées sur la pertinence des moyens de protection disponibles dans les avions / en fonction des emballages de ce type de marchandises. Les rapports de ces études sont téléchargeables sur le site de la FAA. De premières recommandations ont été émises par les autorités concernées (Safety Recommendations A-99-80 and -85).

2.1.1.1.2 Accident à Hualien (Taiwan-1999) vol domestique en provenance de Taipeiⁱ

Il s'agit du seul accident d'avion connu ayant impliqué une batterie (pour scooter électrique) et ayant provoqué 1 décès, et 27 blessés, dont 13 grièvement. Une explosion, suivie d'un incendie s'est produit peu après l'atterrissage du vol opéré par Uni-Air n° 873, le 24 Août 1999, alors que l'avion était en roulage sur le tarmac. A la lecture du rapport émis par les autorités locales, il ressort que le feu a pris peu après l'atterrissage dans un compartiment à bagages en cabine passager, consécutivement à l'explosion d'une Atmosphère Explosive (ATEX).



Figure 1 : Photos prises durant le déroulement de l'accident et après les opérations d'extinction

Les aliments au feu initial et à l'origine de la formation d'une ATEX, dans le compartiment à bagages de la cabine passager, sont deux bouteilles plastiques contenant de l'essence (sic !). L'inflammation des vapeurs est attribuée à un court-circuit sur **une batterie 12V de scooter électrique** située dans le même compartiment. Un schéma accidentel de nos jours clairement proscrit si la réglementation en vigueur est correctement appliquée. Ni l'avion, ni le pilotage, ni les conditions météo ne sont donc mises en cause dans cet accident. Ce sont les procédures locales de contrôle des flux de matières dangereuses qui en sont à l'origine. Aucune responsabilité locale en la matière n'était apparemment désignée par les autorités lorsque cet incident est survenu.

Il est clair que la réglementation aérienne (OACI-IATA) proscrit le transport en cabine passager des flacons d'essence comme des batteries, considérées comme des matières dangereuses non transportables dans les bagages cabines (pas plus qu'en bagages enregistrés). En conclusion, il s'agit d'un schéma accidentel peu vraisemblable de nos jours, puisque clairement proscrit, sous réserve que la réglementation en vigueur soit correctement appliquée. Aucune précision n'est donnée sur la technologie impliquée, mais il ne s'agit vraisemblablement pas d'une technologie lithium.



Figure 2 : Vue de la batterie de Vae impliquée dans le scénario accidentel (à gauche) et d'une batterie similaire intacte

2.1.1.1.3 Incident au FedEx Express hub de Memphis, 7 Août 2004

Vers 3 heures, heure locale, un feu a détruit une cargaison comprenant des batteries au lithium. La cargaison se trouvait sur un conteneur de transfert (Unit Load Device) dans le hub de Memphis Tennessee. Ce conteneur avait été pris en charge par le système de chargement de la cargaison et avait déjà parcouru la moitié du chemin l'acheminant vers la soute d'un avion (Boeing MD-11 – vol 0004) qui était à destination de Paris CDG. L'incident a été détecté par le personnel à cause d'odeurs de fumées de combustion. Lors de l'intervention, le service d'incendie a constaté qu'un feu se développait à l'intérieur du conditionnement. L'examen du container incendié laisse à penser que l'emballage qui contenait deux modules de batteries au lithium-ion est à l'origine du foyer d'incendie : l'un des modules a été détruit par le feu, l'autre a été peu endommagé.

Un transport terrestre, la veille, sur une distance de 45 miles, a précédé l'opération de chargement dans la soute de l'avion. Les modules en cause étaient des modules de batteries prototypes, produits en petites séries et destinés à l'électrification de véhicule automobile, pour lequel l'autorité compétente (DOT) avait fourni une autorisation spéciale car les batteries n'avaient pas été testées selon les règles habituelles prévues dans le manuel d'épreuves et de critères des Nations-Unies.

L'autorisation des autorités américaines portait sur 20 exemplaires de ces modules. Les investigations après incident ont montré que les conditions de transport (emballages, précautions particulières proposées par l'expéditeur pour obtenir l'autorisation spéciales du DOT) n'ont pas été respectées. Selon les investigations menées et divers essais réalisés sur des modules intacts, la cause la plus probable est un court-circuit externe provoqué lors des opérations de manutentionⁱⁱ.

2.1.1.1.4 Vol UPS 1307 (aéroport de Philadelphie)ⁱⁱⁱ

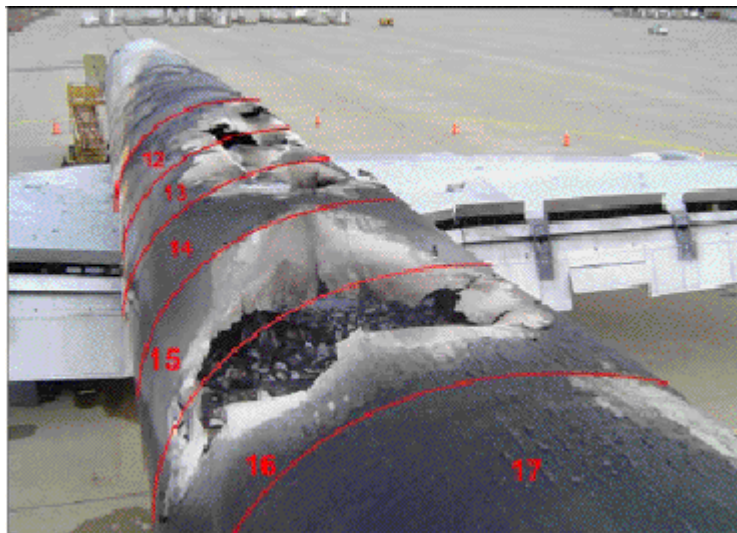


Figure 3 : Vue des dégâts occasionnés par l'incendie ayant affecté l'appareil (MD-11) du vol UPS n° 1307

Une fumée est détectée à bord de l'appareil alors que son pilote amorce sa descente vers l'aéroport de Philadelphie. Cette fumée est en relation avec un départ de feu dans la cargaison de cet avion ne transportant que du fret. Un retour d'information sous la forme d'un symposium ouvert au public est organisé par la National Transportation Safety Board (NTSB). L'origine de l'incendie n'est pas attribuée de manière formelle à la présence de batteries au lithium dans la cargaison (installées dans des ordinateurs portables).

Néanmoins, une partie des matériels transportés a été consumée par l'incendie, et d'autres caisses contenant des équipements électroniques étaient dans un état de dégradation tel qu'il n'est pas possible de diagnostiquer que les batteries qu'ils contenaient aient pu être à l'origine du départ de feu. L'administration américaine s'est notamment appuyée sur cet accident pour conforter une interdiction des batteries rechargeables (au lithium) en soute dans les vols avec passagers et une limite portée à 8/25 g équivalent Li pour les équipements emportés en bagages à main.

2.1.1.1.5 Crash du d'un avion cargo UPS 747-400 à proximité de l'aéroport de Dubaï (Septembre 2010)

Cet accident a fait deux victimes (le pilote et copilote) qui ont juste eu le temps de rapporter qu'il y avait un incendie à bord. La mise en cause de batteries au lithium dans la soute d'où le feu serait parti fait partie des hypothèses de travail des équipes d'investigation de cet accident. Le rapport du NTSB n'est pas encore disponible.

2.1.1.1.6 Autre crash ayant potentiellement impliqué des cargaisons de batteries au lithium

En 1987 (donc avant le démarrage de la commercialisation des batteries rechargeables) un crash s'est produit sur un vol de South African Airways (Boeing 747 combi) : l'avion s'est abîmé en mer à proximité de l'île Maurice. Il est fortement soupçonné que l'incident déclencheur soit un départ de feu dans la soute impliquant des piles au lithium primaire^{iv}

2.1.1.1.7 Exploitation de la base de données FAA

Cette base de donnée est régulièrement mise à jour et rendue accessible au public. On trouvera la version la plus récente du rapport à l'adresse internet suivante : http://www.computerworld.com/s/article/9155898/Interactive_chart_FAA_reports_of_battery_incidents. Par ailleurs, un rapport illustré et interactif permet une exploitation statistique en ligne selon divers critères (géographiques, technologiques, temporels...).

Il ressort que les incidents ayant impliqué des batteries en transport aérien mettent en cause des technologies basées sur le lithium (batteries rechargeables et non rechargeables) dans un tiers des cas en Amérique du Nord (USA essentiellement), dans la moitié des cas en Amérique du Sud et en Europe, et dans trois quarts des cas en Asie. Un unique accident contribue à l'essentiel des dommages corporels induits par ces incidents, le vol Uni Air 873 - appareil MD90-30 - (cf. p. 8) survenu le 24 Août 1999 en provenance de Taipei (Taiwan) et à destination d'Honolulu (Hawaï, USA), qui a été à l'origine de 1 décès et de 27 blessés. Ce vol a impliqué une batterie logée dans un compartiment à bagages dans la cabine passagers qui aurait mis le feu à deux bouteilles contenant un liquide inflammable (essence).

Une analyse statistique de la base de données FAA (qui est régulièrement mise à jour), arrêtée en 2008, fait état des constats suivants :

- 27% des incidents répertoriés dans la base impliquent des technologies au lithium contre 68% d'autres technologies.

Parmi les incidents répertoriés ayant impliqué des batteries au lithium, les causes des incidents, selon l'analyse du DOT^v sont les suivantes (environ 100 incidents pris en compte dans l'analyse) :

- 73% ont pour origine un court-circuit (externe la plupart du temps, ou interne, ou les deux en combinaison),
- 12% sont survenus pendant des opérations de charge ou décharge,

- dans 6% des cas, c'est une mise en service accidentelle de l'objet alimenté par la batterie qui est en cause,
- enfin 9% sont dus à des causes diverses (mauvais fonctionnement, mauvaise manipulation d'appareils, etc...).

Les origines des incidents ayant impliqués d'autres technologies que le lithium sont très similaires en termes de distribution statistique.

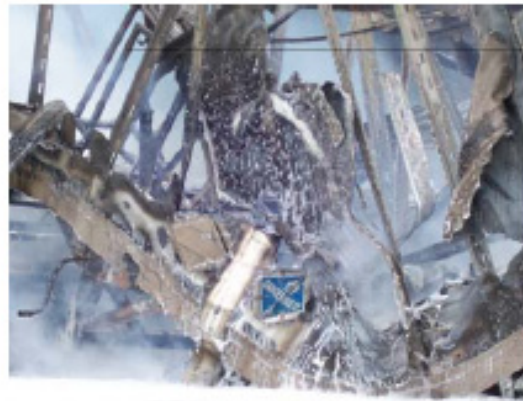
Des informations complémentaires comportant des vidéos de certains incidents survenus au transport sont consultables dans la référence^{vi}

2.1.2 Autres modes de transport

Bien que moins problématique que dans le cas d'un transport aérien, des incidents sont déjà survenus lors du transport terrestre (routier) de batteries usagées, transport régi par l'ADR en Europe. Nous rapportons notamment un incendie ayant détruit un transport routier de piles et accumulateurs (sans doute de plusieurs types différents) survenu dans l'état du Michigan en juillet 2008 (Figure 4). Cet incendie, bien qu'assez spectaculaire, n'a pas donné lieu à des difficultés particulières lors de l'intervention. G&P, recycleur britannique connu, a récemment rapporté que sur les années 2008/2009, 4 incidents significatifs au transport de piles et batteries en mélange sont intervenus, attribués à des modalités de transport et d'emballage inappropriées.

En France, quelques incidents de transport routier ayant impliqués des accumulateurs électriques de différentes technologies (batteries Ni/Cd, batteries au plomb, ...) sont recensés dans la base du Barpi. Ils n'ont pas donné lieu à de conséquences importantes.

A notre connaissance, il n'y a pas eu d'incident avec conséquences dramatiques lors du transport terrestre de batteries, neuves ou usagées.



(July 2008 truck fire in Jackson, MI)

Figure 4 Vue d'un incendie ayant impliqué un transport de piles et batteries aux USA

En matière de transport maritime, nous n'avons pas identifié d'incident majeur. Toutefois, on signalera le récent « Loss Prevention bulletin » émis par UK P&I Club^{vii} (un assureur mutualiste). Cet organisme évoque des incidents assez récents et répétés au transport maritime de piles et batteries au NiMH, dont la technologie reste encore largement privilégiée pour les véhicules hybrides non rechargeables. L'un de ces incidents, dont les circonstances ne sont pas précisées, concernerait un transport de batteries rechargeables NiMH destinées au marché automobile. L'assureur P&I spécialisé dans le transport maritime, prône des mesures de précaution (actuellement non officiellement entérinées dans le code IMDG, telle que le stockage des conteneurs ISO à l'abri de températures excessives (60°C) et une localisation des conteneurs sur le pont et non dans la soute).

Un ancien bulletin LP (Loss prevention) de 2007 avait auparavant aussi mis en garde les transporteurs maritimes contre les risques présentés par les technologies au lithium, faisant valoir les incidents rapportés au transport aérien par la FAA.

2.2 ACCIDENTS SURVENUS A LA FABRICATION ET/OU AU STOCKAGE

2.2.1 Incidents survenus en France

2.2.1.1 Site de production de piles et batteries, Poitiers (mai 2008)

Deux incidents se produisent à 10 jours d'intervalle sur le même site de production de piles et batteries au lithium. Le premier implique un stock de 40 batteries au lithium (ion ou métal ?) : un départ de feu spontané provoque des réactions en chaîne au sein du lot (à caractère explosif) avec dégagement de fumées. L'incendie est éteint avec une lance « canon », pas de pollution de l'air et de l'eau. Les eaux d'incendie peuvent même être évacuées dans le réseau d'eaux pluviales après contrôle du pH.

Le deuxième incident est un départ de feu sur un lot de 100 piles au lithium chargées sur un chariot. Une évacuation du personnel du site est décidée. Le local est équipé d'un système d'extinction automatique qui se déclenche, alors que les pompiers sont alertés. Le feu est éteint, l'intervention nécessite 4 heures en tout. Il n'y a pas de blessé. Le feu ne s'est pas propagé au-delà du chariot et de son chargement. Les eaux d'incendie sont confinées sur le site.

2.2.1.2 Site de production de piles et batteries, Bourges (septembre 2008)

Un incendie se déclenche sur une batterie au lithium dans une usine de fabrication de piles et accumulateurs électriques, le 12 septembre 2008 vers 8h30. Les 70 employés sont évacués. L'incendie est éteint par les sapeurs-pompiers avec des extincteurs à poudre ; ils parachèvent leur intervention en immergeant la batterie en cause dans l'eau. Un employé est légèrement intoxiqué par les fumées et hospitalisé.

2.2.1.3 Incendie dans une usine de production à Bordeaux en janvier 2000

Chez un fabricant de batteries électriques rechargeables, un feu se déclare dans une cellule d'essai de charge et de décharge de batterie (cyclage). Un dégagement important de fumées noires se produit. Les services d'intervention interviennent avec des moyens importants, mais l'usine est à même de circonscrire le sinistre avec ses moyens internes. L'origine du départ de feu est attribuée à un court-circuit électrique dans une batterie en essai (batterie au lithium). Le local était équipé de détection incendie (sondes de température et détection gaz). Des dégâts matériels significatifs sont occasionnés au local. Avec ce retour d'expérience, le local est réhabilité avec notamment la mise en place d'un système automatique d'extinction.

2.2.1.4 Incendie de l'atelier de la SECMA à Aniche (59), en avril 2009

Dans la nuit du mardi au mercredi (27 avril), un incendie ravage l'atelier hangar de fabrication de quadricycles et autres petites automobiles situé à Aniche. L'incendie est d'origine accidentelle et attribué à une charge de batterie au lithium-ion équipant un véhicule. L'état de certains débris permet d'affirmer que la température a dépassé localement 1200°C.

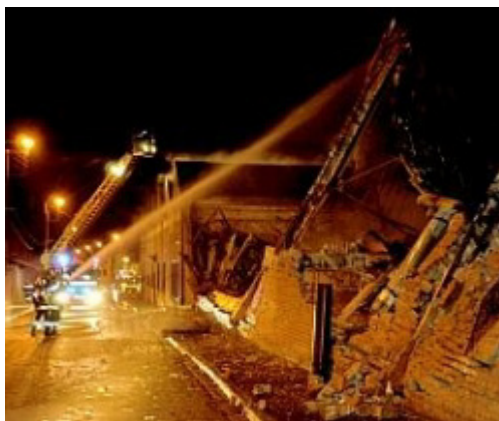


Figure 5 : vue du sinistre, illustrée dans la Voix-du-Nord

Le sinistre se serait rapidement aggravé par propagation du véhicule prototype en cours de charge à d'autres véhicules, puis par rupture d'une conduite de gaz. Il convient de rappeler que la plupart de ces petits véhicules sont carrossés par thermoformage de matières plastiques, constituant un bon aliment au feu. Un autre constructeur de véhicule sans permis, interviewé par ailleurs dans le cadre de notre étude a également connu un sinistre total d'un atelier de fabrication, à cause de la propagation aisée d'incendies entre véhicules de ce type.

L'atelier de thermoformage et la partie administrative de l'établissement sont sauvegardés. L'entreprise connaît une rupture d'activité de l'ordre de 5 mois mais repart avec la présentation d'un véhicule de course prototype (F16) tout électrique aux 24h du Mans.

2.2.1.5 Incident à l'usine Batscap d'Ergué Gabéric, 26 février 2010

Un incendie se déclare dans cette usine récente (inaugurée en septembre 2009) du groupe Bolloré dédiée à la fabrication de batteries au lithium métal polymère. Il s'agit de l'usine produisant les batteries pour la « Blue Car ». Selon les propos du directeur de l'établissement rapportés par les médias, le sinistre s'est produit hors période de production, vers 11h, alors que 5 ou 6 employés travaillaient dans un local protégé au conditionnement de batteries « au rebut » (après essais abusifs ?) en vue de leur acheminement vers un centre de traitement.

L'opération consiste à mettre les modules en court-circuit externe pour décharger complètement les éléments. Les quatre ouvriers légèrement incommodés par les fumées ont été placés en observation à l'hôpital de Quimper. Les points de vue divergent manifestement sur l'ampleur de l'incident (départ de feu localisé à la batterie ou propagation partielle de l'incendie au-delà du local initial...). Nous n'avons pas pu recueillir le point de vue de la société concernée. L'intervention aurait compris une évacuation complète du site.

2.2.2 Incidents significatifs survenus à l'étranger

2.2.2.1 Karlstein à Main (Allemagne), 20 Août 2008

Cet incident est survenu brutalement dans une halle d'assemblage de batteries (dont des batteries au lithium ion) d'une PME florissante allemande dénommée BMZ GmbH (pour Batterie-Montage-Zentrum). L'incendie est survenu dans la nuit, provoquant une intervention difficile ayant mobilisé de nombreux sapeurs-pompiers. Une halle de montage de batterie et la halle de stockage adjacente sont détruites, provoquant des dégâts matériels se chiffrant en dizaines de millions d'Euros.

L'incident a fait l'objet d'un article dans la revue Brandschutz relatant des projections (effets missiles) de débris jusqu'à 300 m des locaux sinistrés. Des vidéos sont également diffusées sur le web. Les conséquences en termes d'exploitation restent limitées, malgré la perte temporaire des bâtiments d'exploitation cités. Cette année encore, l'entreprise obtient un prix d'excellence (en rapport avec le dynamisme et la rentabilité de l'affaire) pour la 5^{ème} année consécutive, malgré cet incident.

2.2.2.2 Stonington (Connecticut, USA), 2008

Le 23 septembre 2008, un incendie se déclenche dans les bâtiments d'exploitation de la société Yardney Technical Products, spécialisées dans la fabrication de batteries à haute performance (dont applications spatiales). Une fuite d'électrolyte de l'une de ces batteries serait à l'origine du départ de feu. Ce n'est pas la première fois qu'un incendie se déroule dans l'usine, mais aux dires de son responsable, il s'agit cette fois d'un événement de grande ampleur. Le feu, bien que combattu par le système de sprinkleurs existant sur le site, a émis d'épaisses fumées et notamment de l'acide fluorhydrique. Le tout accompagné d'une forte odeur acide. Cette dernière menace pour les populations environnantes a conduit les autorités à faire évacuer les habitants du proche périmètre (4 rues) ainsi que les effectifs de trois établissements scolaires (soit environ 700 personnes) par mesure de précaution.

2.2.2.3 Incidents répétés chez Electrochem à Raynham (USA) (2007-2009)

La société est spécialisée dans la fabrication de batteries au lithium pour des marchés de niche (applications industrielles, applications militaires...)

Le dernier incident, en date du 13 Août 2009 implique l'explosion d'une batterie au lithium en cours d'assemblage par deux employés dans un local confiné. Cet incident a conduit 6 ouvriers à l'hôpital. Il est rapporté qu'il s'agit de la deuxième situation ayant requis l'intervention des services d'urgence en 3 jours.

Il semble que la société ait connu des incidents répétés (au moins 6 !) depuis son lancement en 2007, sur un autre site (à Canton) d'abord, avant transfert de ses activités en Août 2008, ensuite à Raynham :

- En Mars 2007, une batterie explose, blessant un ouvrier ;
- En décembre 2007, deux batteries « détonent » provoquant 10000 US\$ de dégâts matériels ;

- Avec 6 interventions des sapeurs pompiers et de la police en tout sur le nouveau site d'exploitation.

2.2.2.4 Incendie chez Matsushita Battery Industrial's, Osaka (Japon), fin septembre 2007

La compagnie est un producteur majeur de batteries rechargeables au lithium ion pour le marché des applications portables.

Au moment même des grands rappels de batteries au lithium défectueuses (pour ordinateurs portables), l'usine de production de MBI subit un grave incendie. Le site est réputé fournir à l'époque 14% du marché mondial de batteries pour ordinateurs portables. Le risque de rupture de chaîne d'approvisionnement est jugé réel. Les dommages matériels au niveau de l'usine sont chiffrés à 18 millions de dollars.

La production redémarre in fine en Novembre 2007

2.2.2.5 Incendie chez LG Chem (Corée du Sud) (mars 2008)

C'est le second plus grand producteur de batteries au lithium ion du pays (poids 10% du marché à l'époque).

Un sinistre similaire à celui de Matsushita en termes de conséquences économiques s'est également produit en Corée, chez LG Chem, dans son usine d'Ochang produisant des batteries au lithium ion. Le sinistre dont on connaît peu de détails techniques aurait provoqué un arrêt total de production de 2 à 3 mois.

2.3 ACCIDENTS SURVENUS LORS DE LA MISE SUR LE MARCHÉ BATTERIES OU DE L'EXPLOITATION DE VE

2.3.1 Exploitation de la base de données RAPEX

La base de données RAPEX recense les produits de consommation de tous types qui, après mise sur le marché, se sont révélés présenter un défaut mettant en jeu la sécurité du consommateur. Ces incidents sont obligatoirement rapportés et archivés dans une base de données (obligation résultant de l'application de la directive européenne 2001/95/EC).

Batteries-related Notifications by Member States

Year	week	nr	country	object	origin	risks	action
2004	43	16	Hungary	Battery for Apple Powerbook G4 model HQ404 to HQ408	USA	burns/fire	voluntary recall
2005	18	0216/05	France	toy mini motorbike	unknown	cut (protective grids of battery	voluntary withdrawal
2005	23	0292/05	Ireland	Apple Li-Ion battery	China Taiwan South Korea	injury / fire	voluntary recall
2005	26	0335/05 0348/05	Greece/ Germany	Laptop battery Fujitsu Siemens	unknown	overheat/ fire	voluntary recall
2005		40595/05	Greece	Rechargeable battery Nikon EN-EL3 ion-lithium for camera		fire	voluntary recall
2006	18	0267/06	U.K.	HP notebook Li-Ion battery	South Korea	burns, cut contusion fire	voluntary recall
2006	36	0586/06	U.K.	Sony battery for Apple	Japan	fire/burns	recall & info
2006	42	0675/06	Portugal	Sony Li-Ion battery in Lenovo & IBM notebooks	China	fire	voluntary corrective actions
2007	12	0283/07	Luxembourg	Lenovo Li-ion batteries	U.K.	fire	voluntary recall
2007	28	0693/07	Germany	Battery for drills screwdrivers CMI	China	cuts & injuries packs may burst	voluntary recall by importer & press release
2007	40	1017/07	Hungary	radio-controlled toy car with remote control	China	electric shock, burns & fire	withdrawal & recall ordered by the authority
2007	43	1132/07	U.K.	Toy mobile phone	China	battery corroded & leaked	withdrawal ordered by the authority
2007	45	1167/07	Finland	Battery charger for mobile phone	China	electric shock	withdrawal & recall ordered by the authority + press release

Figure 6 : incidents ayant impliqué des batteries et enregistrés dans la base RAPEX sur la période 2004 à 2007

Nous reprenons ci-après des éléments de l'analyse de cette base de données, éléments présentés par l'association Recharge au récent congrès BATTERY 2009 qui s'est tenu à Cannes fin septembre 2009.

Year	week	nr	country	article	origin	risks	action
2009	2	0053/09	Hungary	rechargeable flashlight solar power	China	electric shock	withdrawal from market & recall ordered by authorities
2009	6	0208/09	Greece	portable DVD player	Hong Kong	fire	voluntary recall from consumers & distributor by importer
2009	7	0276/09	Finland	multi charger for handheld game consoles	China	electric shock	withdrawal from market & recall ordered by authorities
2009	9	0338/09	UK	Mobile Phone Power Supply	China	electric shock	withdrawal by Importer
2009	11	0382/09	France	DVD Player	China	Burns & Fire = Battery combustion	Withdrawal by Carrefour - Recall from consumer ordered by authorities
2009	14	0027/09	Dk	DVD Player	China	Burns & Fire = Batteries melt during charging	Withdrawal by manufacturer
2009	17	0595/09	Hungary	Battery Powered LED lamp	China	Non compliant plug No compliance with low voltage directive	Recall from consumer ordered by authorities

2009	18 0596/09	Hungary	Battery Powered LED lamp	China		Non compliant plug No compliance with low voltage directive	Recall from consumer ordred by authorities
2009	20 0709/09	UK	HP notebook Li-Ion battery	China	●	Batteries overheating	Withdrawal by manufacturer
2009	23 0797/09	Hungary	Battery Charger	China		Electrical shocks	Withdrawal by Importer - Recall from consumer ordered by authorities
2009	26 0929/09	Utaly	Battery powered Car	China		Chemical risk Lead-based 15'400 mg/kg and chromium 3'480 mg/kg	Withdrawal by Importer - Recall from consumer ordered by authorities
2009	26 1026/09	Hungary	Toy Mobile Phone	China		Product does not comply with Toys Directive Risk of Choking	Sales Ban - Recall from consumer ordered by authorities
2009	32 1109/09	UK	Toy Torch Alien type	China	●	Handle heats up to 93°C	Voluntary Recall from consumer ordered by authorities
2009	35 1235/09	Slovakia	Super Quick Charger	Unknown		Burn, Fire, Injuries	Sales Ban - Recall from consumer ordered by authorities

Figure 7 : Incidents ayant impliqué des batteries et enregistré dans la base RAPEX répertoriés en 2009

NB : les incidents répertoriés en rouge impliquent des technologies lithium ou lithium-ion.

Pour se faire une idée sur le nombre d'incidents de tous types répertoriés dans RAPEX, en 2008, environ 1600 cas ont été enregistrés, ce qui montre que les rappels d'équipements comportant des batteries au lithium-ion sont relativement rares (de l'ordre de 1% des retraits en ordre de grandeur). Néanmoins l'impact médiatique de ces rappels reste potentiellement important. Par ailleurs, une certaine recrudescence des rappels d'équipements est apparue en 2009 avec déjà 15 rappels de produits répertoriés dans la base de janvier à septembre 2009, alors qu'au total on en comptait 23 sur la période 2004-2007 (cf. Figure 8).

Products Recall	Occurrence	Battery or Electrical Eqt.
Notebooks 2004 - early 2007	7	Bat.
Mobile Phones	1	Electrical Eqt.
Camera	1	Bat.
Power Tool	1	Electrical Eqt.
Toys	9	Electrical Eqt.
Torch	1	Electrical Eqt.
Radio	2	Electrical Eqt.
Sound Station	1	Electrical Eqt.
TOTAL	23	
Switzerland	2007	1
		Battery Mob. Phone

Figure 8 : bilan des rappels de produits contenant des batteries au Lithium ion, période 2004 à 2007 inclus, par type d'équipements

On voit par ailleurs que ces rappels touchent tous types d'équipements. Il est également important de signaler que la plupart du temps, c'est la sécurité électrique de l'équipement qui est la cause du retrait du marché, et non pas le danger posé par la batterie elle-même. Autre élément important, un cas recensé relève d'un cas de contrefaçon.

Notre analyse de cette même base nous a permis d'identifier un cas de VAE (cf. Figure 1 retiré du marché en 2005 en République Tchèque, matériel provenant de Chine, réf. 70295/01 dans la base de données RAPEX). Le matériel n'était pas en conformité avec la directive basse tension et ne permettait pas une connexion directe sur le secteur 230 V.



Figure 9 : VAE modèle chinois retiré du marché européen en 2005

2.3.2 Information tirées de la base de données américaine CPSC

Suivant un fonctionnement similaire à la base de données européenne du système RAPEX, la CSPC (Consumer Product Safety Commission) a la même vocation de servir la sécurité du consommateur en gérant une base de données rassemblant les retraits de matériels du marché opérés sur le territoire américain.

Nous reprenons ci-après une analyse des retraits du marché concernant des batteries au lithium présentée par cette analyse lors d'un workshop en 2007 :

Sur la base des données 2003 à 2007, les équipements défectueux comportant des batteries au lithium ont concerné :

- des téléphones cellulaires (22 incidents avec dommages matériels et blessures, représentant 2 types de batteries),
- des torches électriques (7 incidents relatifs à deux technologies, occurrence de blessures),
- des ordinateurs portables (29 incidents pour 4 équipements différents, sans occurrence de blessures),
- des appareils photos numériques (4 incidents sur un matériel),
- des lecteurs DVD portables (8 incidents sur un matériel),
- système de navigation GPS (15 incidents, pas de blessé),
- **un scooter de mer (5 incidents : explosion de la batterie, 2 blessés).**

On voit donc une tendance similaire avec les enseignements que l'on a pu tirer de la base européenne, en termes de diversité d'équipements pouvant être affectés par un problème de sécurité impliquant une alimentation par batterie au lithium.

Après consultation par nos soins de cette même base, nous avons par ailleurs relevé quelques autres cas nous intéressant plus particulièrement dans le cadre de notre étude :

- 17 septembre 2002 : le fabricant EV motors et la CPSC annoncent **le retrait de 2000 batteries au lithium équipant des mini-vélos électriques**, à cause d'un risque de surchauffe des batteries susceptible de provoquer un incendie,
- 2 septembre 2004 : notification de retrait du marché de 74811 scooters électriques (fabriqués en Chine) : c'est la sécurité électrique générale qui est mise en cause (câblage inapproprié qui est mis en cause, induisant un danger d'incendie, et non la batterie par elle-même),
- 18 novembre 2008 : rappel de 1700 batteries au lithium-ion alimentant le système d'éclairage de vélos (marque Dinotte Lighting).

2.3.3 Incidents reliés directement à l'E-mobilité

2.3.3.1 Généralités

Il s'agit essentiellement ici d'incidents relevés lors de l'utilisation de véhicules électriques de première génération (Cd/Ni, Plomb...) et répertoriés grâce aux sessions d'interviews. Mais quelques incidents impliquant des technologies plus récentes (NIMH, Lithium ion...) méritent d'être signalés également.

2.3.3.2 Incendie d'une Prius hybride modifiée en véhicule hybride rechargeable

Cet incident est bien connu par la photo du véhicule qui a largement circulé sur internet (figure 10).



Figure 10 : vue de la Prius modifiée ayant subi un incendie le 7 juin 2008

Le rapport officiel de cet incident, unique en son genre à notre connaissance, est disponible sur la toile : http://www.evworld.com/library/prius_fire_forensics.pdf.

L'incendie est attribué à un défaut de montage du kit de transformation de la Prius (au départ un véhicule hybride non rechargeable) en véhicule hybride rechargeable.

Le kit est un pack comprenant un assemblage série/parallèle de 600 cellules élémentaires « A123 ». Plus précisément, Le véhicule appartenait à la société Central Electric Power Cooperative Inc. Acheté neuf, le véhicule a été converti par une société spécialisée de Boulder (CO) dénommée « Hybrid Plus », convertissant le véhicule en un PHEV-15 soit un véhicule hybride rechargeable ayant une autonomie de roulage en mode tout électrique de 15 miles.

L'incendie s'est produit environ 4 mois après l'achat du véhicule, a priori converti en PHEV dans la foulée de l'achat initial. En pratique, la conversion a consisté à remplacer le pack initial NIMH par un pack Lithium-ion de conception A123. L'origine du feu est attribuée à un mauvais montage du pack, en particulier au niveau du serrage de joints sur des connecteurs électriques. D'autres causes potentielles sont aussi répertoriées au niveau de l'assemblage du pack, qui n'aurait pas respecté le cahier des charges du producteur de cellules élémentaires A123.

2.3.3.3 Retour des services techniques d'un gestionnaire de flottes territorial

Ce gestionnaire a acquis une expérience utile sur des véhicules munis de batteries Cd/Ni. Lors d'une visite que nous avons effectuée en préliminaire au cycle d'interviews officiels, le retour d'expérience qui nous a été rapporté en matière d'incidents est le suivant :

- pas d'incendie ayant impliqué un VE (flotte d'environ 200 véhicules) sur les 10 ans d'exploitation : pour mémoire, ces véhicules fonctionnent avec des packs batteries Ni/Cd à présent en fin de vie, contenant un électrolyte aqueux,
- au moins une cinquantaine d' « explosions » internes de modules de batteries, (à compter de 2005) repérables par des ruptures de fixation (clips) d'enveloppes externes de packs batteries et légères fuites d'électrolytes, mais sans conséquences notables pour la sécurité des utilisateurs et des intervenants,
- au moins un incident survenu chez une société impliquée dans la réparation et le recyclage des modules de batteries.

2.3.3.4 Retour du service technique de gestion d'un gestionnaire de flotte national

Trois incidents nous ont été signalés par le gestionnaire en question, dont deux au moins ont induit en pratique de nouvelles règles de prudence au sein de l'entreprise.

L'un est survenu pendant la charge d'un véhicule en test qui a conduit à une fusion partielle de la connexion entre borne de charge et véhicule : cet incident est attribué à une connexion au niveau véhicule (mâle/femelle) mal enclenchée mais qui a néanmoins permis la charge. Désormais, la liaison avec l'infrastructure de charge des véhicules en test, même lorsqu'il s'agit de prototypes, est une question examinée avec toute l'attention requise, sur le plan de la sécurité.

L'autre incident concerne un incendie ayant démarré au niveau d'un VAE en cours de charge, alors que cette charge s'effectuait dans un lieu confiné servant de stationnement à un parc de vélo à l'intérieur d'un bâtiment d'exploitation. Le bâtiment en question a subi un sinistre total. Cet incident est à intégrer dans l'analyse de la problématique sécurité plus globale des infrastructures de charge localisées en milieu confiné : la gestion du risque incendie en milieu confiné est souvent plus délicate qu'en milieu ouvert (découverte potentiellement plus tardive, propagation souvent plus aisée, impacts thermique et chimique potentiellement plus intenses...). Ce gestionnaire privilégie les charges en extérieur ou tout au moins évite les bornes de charge en milieu « sensible ».

Par ailleurs, un incident de la circulation ayant impliqué un VE et un piéton sur une longue période d'exploitation met potentiellement en cause le niveau de bruit (moindre à basse vitesse qu'un véhicule thermique) du VE. Cet incident est isolé et n'a pas eu de conséquences importantes en l'occurrence.

2.4 ACCIDENTS SURVENUS LORS DU RECYCLAGE

2.4.1 Incident survenu à Trail (Canada, 7 Novembre 2009)



Figure 11 : vue du site de Trail, peu après l'incendie

L'incident survenu au Canada à Trail (Etat de Colombie Britannique, Canada) a été largement médiatisé à cause d'une vidéo amateur diffusé sur le web. Cette vidéo montre qu'un incendie impliquant un stockage de masse de batteries contenant des batteries au lithium (sans doute en mélange avec bien d'autres technologies de batteries) peut conduire à des effets thermiques et mécaniques (projections) significatifs. En l'occurrence, la vidéo diffusée atteste d'un véritable feu d'artifices, du fait de multiples projections d'éléments de batteries en l'air pendant le déroulement de l'incendie. A ce jour, aucun rapport technique n'est disponible à notre connaissance, aussi les informations rapportées ici le sont à partir d'extraits de presse et de communication officielle provenant de l'entreprise sinistrée.

La société propriétaire (Toxco, Ltd. : www.toxco.com) et exploitant du site de recyclage s'affiche comme l'un des leaders dans le domaine du recyclage des batteries au lithium. Le groupe avait du reste reçu une subvention de 9,5 millions de dollars du DOE américain pour consolider la filière de recyclage aux USA.

Selon un extrait de presse des services locaux d'intervention (Kootenay Boundary Regional Fire Rescue), d'autres incendies s'étaient déroulés par le passé sur le même site, qui avaient conduit Toxco à améliorer les installations de stockage en termes de compartimentage et d'ilotage des lots à traiter. Sur le site de Toxco, le feu malgré son ampleur serait resté cantonné au local de départ du feu, bien que ce dernier soit totalement sinistré. Mais le feu s'est malgré tout propagé à une installation de traitement de déchets (ménagers ?) du district, à cause des projections de matériaux incandescents. Le feu a été particulièrement intense et a émis énormément de chaleur dans la zone de départ de feu, empêchant toute détermination précise des causes du sinistre. Une forte suspicion porte sur un emballage thermique d'une première et unique batterie avec propagation aux produits stockés à proximité.

L'intervention lors du sinistre (52 pompiers) a surtout consisté à laisser brûler le stock de batteries en attente de recyclage sous contrôle, par crainte de la réaction de l'eau sur le lithium métal^{viii}

2.4.2 incident de Preston (UK), 2 juillet 2007

Cet incident nous a été rapporté par un inspecteur du HSE (*Health and Safety Executive*, administration britannique en charge des questions de sécurité industrielle) comme ayant induit une réflexion de fond sur la problématique du recyclage des batteries au lithium. Il s'agit d'un site exploité par Veolia ES Cleanaway Ltd. filiale britannique du groupe international bien connu dans le domaine du traitement de déchets.

Un incendie majeur (avec projections de fûts en l'air, importante production de fumées toxiques...) est survenu sur le site de Preston. L'incendie a impliqué plus de 132 000 litres de produits chimiques inflammables. La lutte contre cet incendie a mobilisé 66 pompiers pendant plusieurs heures et a surtout conduit à suspendre le trafic sur deux sections des autoroutes M6 et M55 pendant plusieurs heures. Le démarrage du feu est attribué à des inflammations spontanées de batteries (ou piles ?) au lithium.

Ces batteries étaient stockées dans des containers accueillant normalement des déchets cliniques, non étanches à l'eau et inappropriées au stockage de batteries lithium usagées. Le stockage des batteries était réalisé à proximité de diverses matières incompatibles et sans application de règles de ségrégation appropriées (liquides inflammables, produits toxiques, produits corrosifs).

Le tribunal compétent a infligé une amende pénale de 240 000 livres sterling (300 000 € environ) pour non respect de diverses réglementations couvrant le risque chimique. Les autres manquements relevés par les autorités aux règles de sécurité sont l'absence d'un plan approprié de gestion de la sécurité pour le stockage de batteries au lithium, et un manque évident de formation du personnel (sensibilisation aux risques).

2.4.3 Incendie chez le recycleur britannique G&P Battery Ltd (2008)

Cet incident s'est produit le 25 mars 2008, chez un acteur reconnu de la filière recyclage de batteries anglais dénommé G&P Battery Ltd. L'incident est relaté notamment dans deux newsletters éditées par la société elle-même, que l'on peut télécharger sur le web^{ix} x. Dans cet incident, le démarrage du feu a eu lieu dans un stock de batteries Acide-Plomb, situé vers l'arrière d'un des entrepôts principaux, alors que la dernière personne de service présente sur le site venait de quitter le site quelque 30 minutes auparavant. Aucun témoin n'a donc pu détecter ce « petit » départ de feu. Lorsque les premiers intervenants arrivent sur le site, l'incendie fait rage et des lots de batteries explosent un peu partout. Les dégâts sont considérables (bâtiment administratif et un entrepôt complètement sinistrés, non réparables). Seul le parc de véhicules de collecte est épargné.



Figure 12 : vue de l'incendie chez G&P impliquant un stockage de batteries au lithium-ion



Figure 13 vue du même incendie, montrant l'importance des projections (texte légendé par la société concernée par l'incident)

2.4.4 Incendie survenu à Dieuze (Août 2010)

Un violent incendie est survenu le 26 Août 2010 dans un hall de stockage de batteries et piles usagées (d'électrochimies variées) en attente de traitement dans usine spécialisée à Dieuze (57). La société concernée est Euro Dieuze Industrie, société partenaire de certaines sociétés françaises impliquées dans le déploiement du véhicule électrique. Le hangar de stockage, d'une capacité de 1500 m³ a été détruit. Une étude d'impact sanitaire à l'environnement (eau, sols...) a été diligentée.

Un incident similaire survenu sur le même site est enregistré dans la base de données du Barpi. Dans ce précédent sinistre, survenu en juin 2001, un feu avait pris spontanément dans un lot de 6 t de piles non triées (piles alcalines, salines, au lithium...), stockés à l'extérieur dans 5 containers de 1 t et deux big-bags. Les eaux d'extinction avaient été contenues dans une lagune à demi-remplie par des eaux pluviales. Des analyses de sols ont été effectuées dans un rayon de 100 m pour détecter une pollution éventuelle par les métaux lourds (mercure, manganèse...).

2.5 APPLICATIONS MILITAIRES

l'US Navy est utilisateur de piles et batteries au lithium depuis 1970. Les questions de sécurité ont amené cette administration militaire à lancer le programme « Navy's Lithium Battery Safety Program », toujours en cours. L'US Navy rapporte à ce jour 6 blessés et un décès dus à l'utilisation de ces systèmes de stockage d'énergie, toutes applications confonduesxi.

3. CONCLUSIONS

De notre analyse de l'accidentologie existante en rapport avec le déploiement de l'e-mobilité, on retiendra les principaux constats suivants :

Une accidentologie significative existe sur tout le cycle de vie des nouveaux systèmes de stockage rechargeables d'énergie électrique, au cœur du déploiement de la filière électrique. Toutefois, le recul que nous pouvons avoir sur les dispositifs propres aux véhicules électriques reste encore faible en raison de leur diffusion limitée.

Les accidents répertoriés se sont produits tant en Europe, qu'en Amérique du Nord ou en Asie.

Les accidents ont parfois occasionné d'importants dégâts matériels, rarement des blessés et encore plus exceptionnellement des blessés graves ou des décès (un seul cas confirmé à notre connaissance dans un accident de transport aérien à Taiwan).

Les accidents répertoriés au transport, à la fabrication ou à l'utilisation des batteries rechargeables au lithium mettent principalement en cause des équipements relevant du marché des applications portables, principal marché actuel des technologies rechargeables au lithium-ion (ordinateurs, téléphones, DVDs, outillage électroportatif, autres appareillages portatifs alimentés sur batteries rechargeables). Néanmoins quelques accidents mentionnés concernent des applications de puissance. Ces cas mettent en cause des batteries pour applications industrielles ou dans le domaine du transport. Ils montrent qu'avec la montée en puissance des performances des nouveaux systèmes de stockage d'énergie, des accidents peuvent arriver à plusieurs phases du cycle de vie.

Des incidents récents et impressionnants par les effets visuels (les films correspondants diffusés sur le web ont été archivés par les auteurs de cette étude) ont en particulier montré que les incendies de stockages de masse (Karlstein am Main (Allemagne), Trail (Canada), et Preston (R-U)) sont des situations pouvant avoir des impacts significatifs. Sauf intervention appropriée et immédiate, ils engendrent systématiquement des difficultés réelles à l'intervention. La gestion de l'urbanisation autour de tels sites est à examiner de près (cf incendie anglais ayant bloqué le trafic autoroutier pendant plusieurs heures ...). L'émission d'acide fluorhydrique (NF) au cours de l'incendie de Stonington (USA) a provoqué l'évacuation de 700 personnes autour du site.

L'intérêt d'avoir une détection et un système d'extinction automatique dans les ateliers de fabrication et salles d'activités à risque est également clairement démontré par l'accidentologie en France.

Les projections de matériaux incandescents engendrent un risque de propagation d'incendie, par saut de feu (comme dans le cas de certains feux de forêts). **La toxicité des fumées**, spécifique, est à prendre en compte (risque HF notamment pour les batteries au lithium-ion, profil de risque toxique variable sur des incendies impliquant des lots de batteries à recycler).

Le profil particulier du risque batterie (risque électrique, risque thermique d'emballement, inflammabilité/corrosivité des électrolytes, risque chimique (émissions de HF), risque de projection, est clairement démontré par l'accidentologie).

Bien entendu, il convient de pondérer l'analyse sur le risque « batterie », pour le déploiement de l'e-mobilité, en intégrant dans la réflexion les aspects suivants :

- a) toutes les technologies de batteries rechargeables ont par le passé démontré des défaillances au cours de leur cycle de vie et ont été impliquées dans des incidents divers, de la fabrication jusqu'au recyclage ; les batteries au plomb, aujourd'hui recyclées à 99% n'échappent pas à la règle ; même les batteries au NIMH ont connu une certaine accidentologie au transport maritime qui a eu pour conséquence la mise en place d'une réglementation spécifique (UN3496) par l'IMO. Ceci n'empêche pas une utilisation en toute sécurité de ces batteries dans la grande majorité des cas : on notera ainsi que les défaillances de batteries neuves au lithium-ion pour les applications portables ont été cotées d'une probabilité d'occurrence de 1 cas pour 10 000 000 d'unités mises sur le marché. Elles étaient tombées à 1 pour 200 000 lors des grands rappels de batteries pour ordinateurs.
- b) Enfin, un réservoir d'essence est lui aussi un réservoir d'énergie, potentiellement plus énergétique qu'une batterie, et même si le mode de libération de cette énergie en situation accidentelle diffère, ce scénario accidentel est lui aussi problématique et survient assez fréquemment.

Les problématiques d'extinction et d'intervention (stockages de masse), à la lecture des informations sur les incidents recueillis, et des études qui ont été déclenchées par les accidents aériens qui ont fait référence (accident de la FEDEX à Memphis en 2004 par exemple) méritent un examen attentif.

Les seules véritables études d'optimisation des moyens d'intervention sont le fait d'organismes aéronautiques (FAA notamment), elles ont permis de régler la question de la gestion des sinistres incendies dans les transports aériens lorsque le transport de batteries est autorisé (et aussi de conclure à bannir certaines pratiques, telles que le transport de batteries et piles au lithium primaire dans les soutes d'avions de ligne transportant des passagers).

Le risque conventionnel, en matière de construction automobile, est aussi à prendre en compte : le caractère très combustible des carrosseries plastiques a très certainement contribué à la propagation du sinistre dans le cas de l'incendie de la SECMA à Aniche. De même, un constructeur a connu récemment un sinistre total dans son usine de construction de véhicules sans permis du fait de la propagation rapide du feu entre véhicules à forte charge plastiques et dans un atelier non protégé par sprinkleur. On notera au passage que certains constructeurs de petits véhicules utilitaires commercialisent encore de nombreux véhicules avec des batteries au plomb, le prix restant un argument de vente majeur sur ce segment de marché.

Le déploiement du VAE devra lui aussi faire l'objet d'une certaine attention, notamment en termes de sécurisation de la charge (on notera que les fournisseurs potentiels de systèmes d'assistance électriques pour vélos sont nombreux et souvent proviennent de l'importation). Ces batteries ne sont pas plus exemptes du risque d'emballement thermique que les batteries plus grosses et plus puissantes nécessaires aux véhicules électriques (un incident significatif au moins au transport aérien en témoigne. Là aussi, la sécurité doit être pensée « systémique » (batterie + chargeur + BMS).

Enfin, nous n'avons pas relevé d'accidentologie sur les supercapacités de puissance, qui sont notamment utilisées pour les composants d'hybridation électrique légère telles que le *start-and-stop* (qui équipent notamment de série tous les véhicules Volkswagen depuis 2010). Ces objets présentent un profil de danger moindre que les batteries toutes proportions gardées, toutefois ils contiennent également des électrolytes, inflammables ou combustibles, et vraisemblablement également corrosifs. Il n'y a pas à ce jour de stockage de masse, car le marché est encore étroit. Au demeurant, l'identification d'éventuels incidents de transport devrait bientôt être plus facile, avec l'harmonisation en cours du classement TMD, sous une désignation spécifique des principales technologies relevant des super-capacités. Une meilleure prévention des risques sera également obtenue a priori puisque des tests de résistance mécaniques sont prévus.

Nous terminons cette section de l'étude en émettant bien évidemment la recommandation triviale de poursuivre la surveillance de l'accidentologie, au cours du déploiement de la filière du VE, pour poursuivre l'acquisition de connaissances sur les scénarios accidentels à considérer et pour faciliter l'intégration du REX autant que nécessaire.

4. REFERENCES

- ⁱ Rapport officiel de l'accident : <http://www.asc.gov.tw/download/B7873eng.pdf>
- ⁱⁱ NTSB, Haz mat accident Brief, -05/01
- ⁱⁱⁱ NTSB, Inflight cargo fire United Parcel Service Company flight 1307 – DC8-71F, N748UP, Accident report NTSB/AAR-07/
- ^{iv} The recent Airliner Crash History of the African Continent (http://iasa.com.au/forlders/Safety_Issues/RiskManagement/Africa-crashes.html)
- ^v DOT Lithium battery implementation plan
- ^{vi} Bill Wilkenning, "Battery Fires in Air Transportation, FAA, paper presented at the International Cabin Safety Conference, October 2007 (cf.
- ^{vii} UK L&I club – LP Bulletin Bulletin 667 - 12/09 - Nickel Metal Hydride Batteries – Worldwide, 4/12/2009 (cf. [http://www.ukpandi.com/UKPandi/resource.nsf/Files/en667/\\$FILE/en667.pdf](http://www.ukpandi.com/UKPandi/resource.nsf/Files/en667/$FILE/en667.pdf)).
- ^{viii} Trevor Kehoe, Trail Rossland News, 9 November 2009
- ^{ix} The Accumulator, News from G&P Battery Ltd, April 2008
- ^x The Accumulator, News from G&P Battery Ltd, July 2008
- ^{xi} W. Rosenkrans, « Thermal – New guidances for extinguishing lithium battery fires is on the way, Flight safety foundation, Aerosafety word, March 2008.