

BATTERIES LITHIUM

ANTICIPER LE RISQUE DE FEU À BORD

3 décembre 2020





AVANT-PROPOS

Les symposiums de la DSAC

Outre la réglementation et la surveillance, la promotion de la sécurité constitue l'un des trois piliers du programme de sécurité de l'État mis en œuvre par la DSAC. Pour faire vivre « la promotion de la sécurité » et diffuser une culture positive de la sécurité, la DSAC a construit au cours des quinze dernières années, une politique de communication externe active dont l'un des rendez-vous est l'organisation d'un symposium annuel sur la sécurité du transport aérien qui fédère et rassemble les parties prenantes autour d'une thématique à forts enjeux de sécurité. Chaque symposium constitue une occasion unique et privilégiée de partage d'informations et d'échanges entre les partenaires intéressés, et permet à chacun de communiquer sur sa vision du thème proposé.

Prévention des risques d'emballage thermique des batteries lithium¹

Avec 1 400 000 000 de smartphones vendus en 2019 et le développement de la mobilité électrique, l'industrie des batteries rechargeables est en plein essor et représente un marché de 100 milliards d'euros. Même si plusieurs technologies d'accumulateurs d'énergie existent, la technologie lithium-ion notamment s'est imposée en vingt ans au point de représenter 50% du marché en valeur, avec un taux de croissance de plus de 10% par an.

¹ Sauf indication contraire, le terme « batteries » inclura les piles, les batteries et les objets les contenant. Dans ce symposium, les risques liés aux batteries au lithium concernent les piles et batteries lithium-ion, à membrane polymère (Li-Po) et au lithium métal ou à alliage de lithium.

Grâce à des électrolytes composés de lithium-ion sous forme liquide, les batteries utilisant cette chimie permettent d'accumuler puis de restituer une grande quantité d'énergie électrique pour des masses, des encombrements et des coûts de production relativement faibles. La technologie lithium-ion est ainsi devenue la solution privilégiée pour alimenter les appareils nomades tels que les appareils photos, les téléphones mobiles, les tablettes, les ordinateurs portables, les consoles de jeux, les montres connectées, les e-cigarettes, les outillages portatifs, les drones, etc.

Pour la plupart, ces produits électroniques ne présentent pas de danger car ils sont développés rigoureusement et dans le respect de normes exigeantes de qualité. Toutefois, il suffit de rechercher « feu batterie lithium » sur un moteur de recherche pour trouver des articles de journaux ou des vidéos relatant quelques événements singuliers mettant en jeu des appareils électroniques alimentés par des piles ou batteries au lithium.

En général, l'emballage thermique d'un appareil électronique, quoiqu'impressionnant, n'a que peu de conséquences, mais qu'en serait-il dans un environnement aussi confiné et complexe qu'un aéronef ?

C'est pour répondre à cette problématique centrale que la DSAC a décidé de faire de la question des batteries au lithium le thème du symposium 2020 en réunissant un grand nombre d'acteurs de l'aéronautique et en les mettant à contribution dans le cadre des travaux préparatoires.

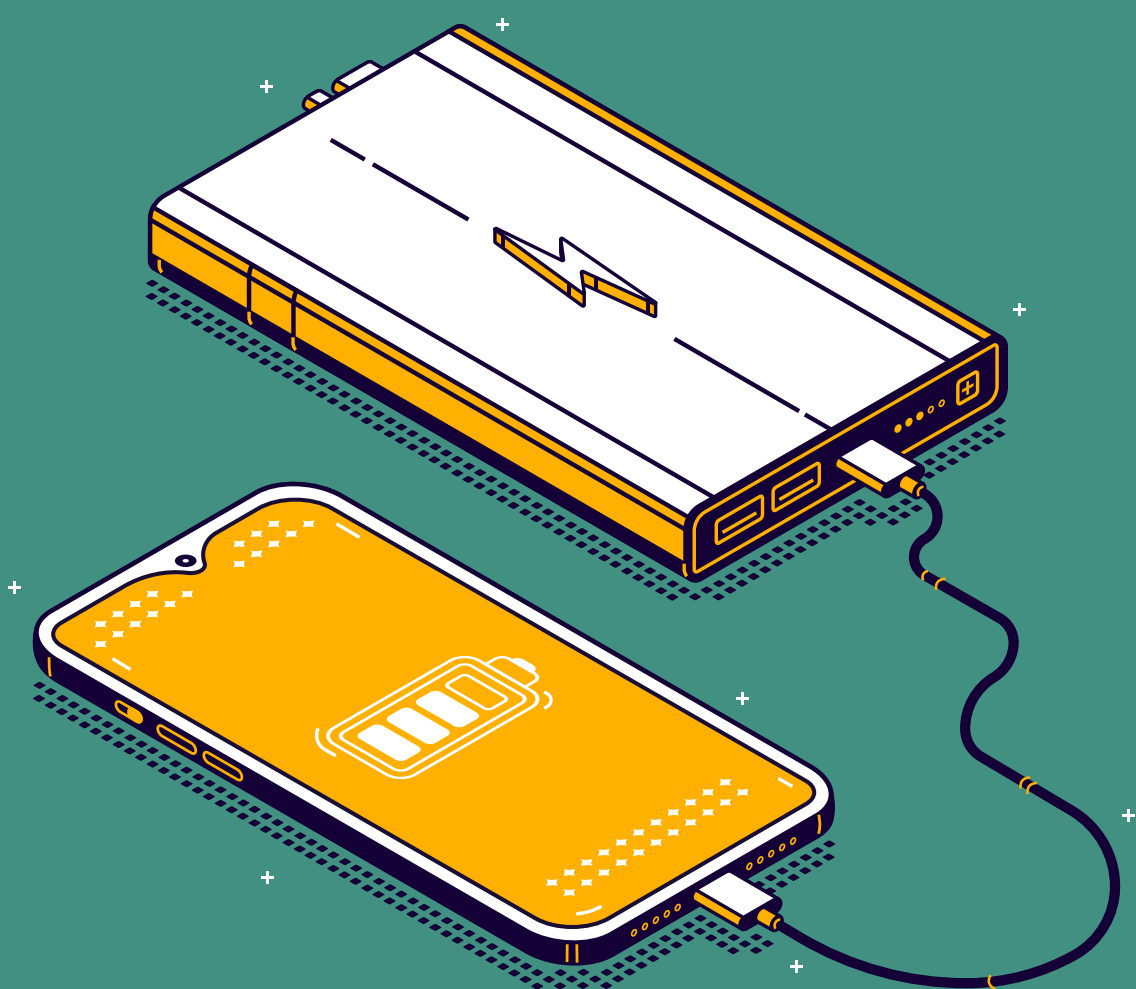
En effet, en s'invitant dans le quotidien de millions de consommateurs, ces appareils rechargeables et les batteries qui les équipent sont devenus

des compagnons de voyages et d'échanges. Les exploitants aériens voient ainsi transiter dans les soutes, les cabines et les cockpits toujours plus de produits électroniques, qu'ils soient situés dans des sacs à mains, des poches de vêtements, des sacs à dos, des bagages cabines, des valises, des colis et des conteneurs de fret aérien.

Ce document, écrit en support du Symposium 2020 de la DSAC, vise à synthétiser les différentes problématiques associées au transport des batteries au lithium dans des aéronefs. Il s'adresse à un large public, à la fois utilisateur, consommateur d'objets électroniques ou professionnel du transport aérien. Le lecteur pourra ainsi :

- ⚡ Identifier les risques de sécurité : sur la base de rapports d'enquêtes et des notifications issues de la base de données française des incidents de sécurité ECCAIRS ;
- ⚡ Comprendre les causes du phénomène d'emballage thermique et identifier les circonstances dans lesquelles il se produit en s'appuyant sur l'expertise des participants ;
- ⚡ Se préparer et prévenir ce type d'incidents en invitant chacun (usager ou professionnel) à appliquer une réglementation adaptée et en mettant en œuvre de bonnes pratiques partagées par les professionnels du secteur ;
- ⚡ Utiliser des recommandations pour anticiper, reconnaître et agir efficacement dans des situations et des environnements différents.

Enfin, ce guide propose quelques pistes d'améliorations inscrites dans le temps et visant à rendre le transport aérien toujours plus sûr.



SOMMAIRE



Avant-Propos	2
Comprendre	6
▶ En quoi les batteries au lithium-ion présentent un risque ?	6
▶ En quoi est-ce un risque en aéronautique ?	7
▶ Comment l'emballement thermique se manifeste, comment le maîtriser ?	9
Prévenir et se préparer	11
▶ Une réglementation simple et adaptée	12
▶ Les points clés de la prévention	14
Reconnaître et réagir en situation	23
▶ Les aspects Facteurs Humains	23
▶ Quelques outils pratiques d'anticipation et de gestion des situations critiques	25
▶ Gestion des actions de traitement d'un emballement thermique d'une batterie au lithium	27
▶ La parole aux acteurs aéronautiques	30
Les axes d'améliorations et les actions envisagées	37
▶ L'information du public et des passagers	37
▶ Expérimentation d'équipements disponibles sur le marché	39
▶ La détection des batteries au lithium par les équipements de sûreté dans les bagages soute et le fret aérien	40
Conclusion	42
Remerciements	44
Références	44



COMPRENDRE

► En quoi les batteries lithium-ion présentent un risque ?

Connu pour sa faible masse et son énergie massique élevée, le lithium est un métal dont les propriétés chimiques intéressent l'industrie de l'électronique portable. Par une réaction électrochimique, les batteries au lithium accumulent de l'énergie qui est restituée ensuite sous forme d'énergie électrique. Toutefois, la grande réactivité du lithium, notamment à l'eau, à l'air, à l'oxygène ou à l'azote, oblige à prendre quelques précautions.

Les constructeurs de batteries connaissent parfaitement les caractéristiques chimiques de ces matériaux et sont donc sensibilisés aux dangers spécifiques de l'usage de batteries au lithium et en particulier à leur **emballement thermique**.

Ce phénomène se produit lorsque l'électrolyte, dans lequel baignent les deux électrodes, et la couche de séparation qui les isole ne jouent plus leurs rôles. L'électrolyte devient alors instable et sa température augmente. Au-delà de 100°C, des réactions chimiques en chaîne se produisent et le phénomène s'auto-alimente sans apport d'énergie extérieure.

Plus l'énergie stockée est importante et plus les conséquences induites par l'emballement thermique (émanation de gaz et fumées, feu, explosion...) sont **dangereuses et « spectaculaires »**.

Les causes d'un emballement thermique sont de trois natures :

⚡ **Une « agression » mécanique :** perforation, torsion, poinçonnement, écrasement, chute qui aura pour conséquence d'initier un court-circuit interne ;

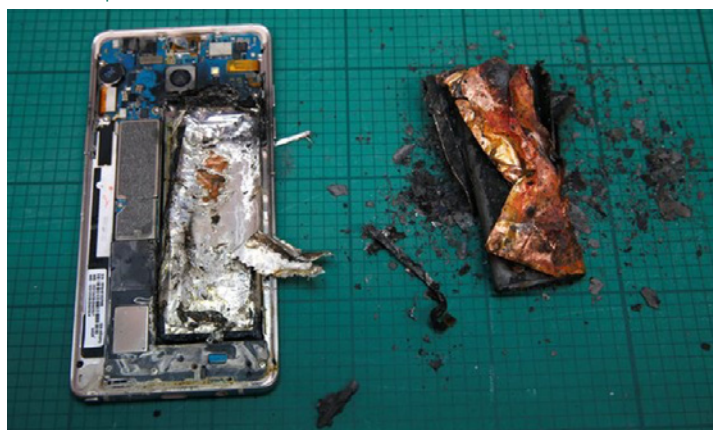
⚡ **Une exposition à une source :** externe comme une exposition au soleil (ex : smartphone posé derrière un pare-brise) ou interne (ex : utilisation pendant plusieurs heures d'une tablette). Cette augmentation de température pourra avoir pour conséquence une transformation physico-chimique de l'électrolyte de la batterie ;

⚡ **Une surcharge de la batterie,** en cas de défaut de conception ou d'absence de système électronique de gestion de la batterie. Dans ce cas, la cathode peut être détruite ou altérée et être à l'origine de l'emballement thermique.

C'est de la compréhension de ce phénomène d'emballement que les règlements de transport de ces produits ont été élaborés, c'est pourquoi il est demandé notamment :

- De limiter les quantités de batteries et leurs énergies afin de limiter les conséquences d'un emballement ;
- De protéger et/ou d'emballer convenablement les appareils électroniques pour limiter les risques d'agression mécanique des batteries ;
- De ne pas exposer des appareils électroniques à une source de chaleur ;
- De respecter des précautions lors de la charge des batteries et si nécessaire d'utiliser les systèmes de régulation de la charge de la batterie adéquats ;
- De ne pas transporter d'appareils et de batteries défectueux.

Exemple des conséquences d'un emballement thermique.



► En quoi est-ce un risque en aéronautique ?

Comme mentionné en introduction, ces batteries au lithium faisant désormais partie de notre quotidien, transitent sous différentes formes et via différents vecteurs dans les aéronefs. Afin de mieux comprendre les risques associés à ces batteries en aéronautique, il est essentiel de s'intéresser aux rapports d'enquêtes ainsi qu'aux incidents notifiés concernant cette problématique.

Les rapports des organismes d'enquête ne sont pas très nombreux. Les rapports d'accidents concernent majoritairement des feux en soute d'avions cargo. Dans ce domaine, deux rapports peuvent être cités :

• **Accident du Boeing 747 N571UP d'UPS le 3 septembre 2010 aux abords de l'aéroport de Dubai :** le Boeing 747 cargo opéré par UPS se crashe après le décollage avec une incapacité du CDB.

• **Accident du Boeing 747 HL7604 d'Asiana Airlines le 28 juillet 2011 aux abords de la Corée du Sud :** le Boeing 747 cargo se crashe dans l'océan Pacifique après que certaines parties du fuselage se sont détachées de l'avion en vol.

Dans ces deux accidents, un feu s'est déclaré dans des palettes présentes sur le pont principal des avions. Les causes des départs de feux n'ont pas pu être identifiées mais la présence de palettes contenant des batteries au lithium a probablement été un facteur aggravant vis-à-vis de l'intensité des feux. Ces derniers

ont causé des dommages sur les commandes de vol rendant difficile le contrôle des aéronefs. Dans le premier accident, la fumée a même rendu très difficile la lecture et l'utilisation des instruments de bord.

Ce qui ressort de ces enquêtes est la rapidité de la propagation du feu conduisant ainsi à la perte ou la défaillance de systèmes et d'équipements nécessaires à la conduite du vol.

Les organismes internationaux ont également enquêté sur des incidents se déroulant en cabine. Le BEA a notamment enquêté sur un feu en cabine en croisière dû à l'écrasement d'une batterie au lithium tombée dans un mécanisme de siège. L'ATSB (organisme d'enquête australien) a également publié deux rapports d'enquête sur des écrasements de PED (*Portable Electronic Devices*, Appareils Électroniques Portatifs en français) conduisant une fois à un feu en cabine et une autre fois à un événement de fumée en cabine. Ces différents événements soulignent le risque d'emballlement thermique des batteries endommagées par écrasement notamment.

En plus d'être transportées dans les avions de transport de passagers ou cargo, les batteries au lithium sont désormais installées « par design » dans l'avion. Le 12 juillet 2013 un feu d'ELT d'un Boeing 787 d'Ethiopian Airlines se déclare au parking à London-Heathrow. Ce feu sera maîtrisé par les pompiers de

l'aéroport 25 minutes après être rentrés dans la cabine de l'avion. L'origine du feu est un court-circuit de la batterie de l'ELT (*Emergency Locator Transmitter*) provoquant une décharge rapide et incontrôlable de l'énergie de cette batterie. Cette défaillance dans une des cellules de la batterie s'est propagée aux autres cellules conduisant à un emballement thermique et donc au départ de feu. Le feu a été alimenté par les éléments aux abords de l'ELT et notamment la résine présente dans le composite du fuselage. Cet aspect concerne la certification des aéronefs et ne sera pas traité dans le cadre de ce symposium.

Pour avoir une gestion des risques proactive, il est également primordial de s'intéresser aux événements n'ayant pas déclenché d'enquêtes d'un organisme international. Depuis 2006, la FAA tient une liste non exhaustive des incidents impliquant des batteries au lithium transportées dans des bagages ou en fret : « *EVENTS WITH SMOKE, FIRE, EXTREME HEAT OR EXPLOSION INVOLVING LITHIUM BATTERIES* ». Cette liste ne contient que les incidents à travers le monde dont la FAA a connaissance. Au 2 août 2020, cette liste contenait 290 incidents. Pour chaque incident, la FAA propose un résumé de l'incident bref et objectif.



COMPRENDRE

► En quoi est-ce un risque en aéronautique ?

Cette liste permet de se faire une meilleure idée des risques liés aux batteries au lithium et d'avoir une gestion proactive.

La base de données française des incidents de sécurité ECCAIRS permet également d'identifier des problématiques de sécurité liées aux batteries au lithium, à savoir :

- Les écrasements de PED dans les sièges.
- La présence de batteries dans les bagages cabine placés en soute lors du transfert des bagages par manque de place en cabine par exemple. L'origine peut être une information imparfaite des passagers, mais également l'absence de questionnement systématique des passagers que doit réaliser l'exploitant aérien par exemple.
- Les questionnements et remarques des personnels de cabine sur l'utilisation des PED kits ou autres moyens de confinement et les procédures associées mais aussi sur ce qui est autorisé/interdit de transporter en cabine/soute.
- Les questionnements de pilotes sur le transport de batteries au lithium en soute d'avions de transport de passagers notamment lors de vol ETOPS.

Ces batteries par leur fort pouvoir énergétique notamment présentent ainsi des risques pour lesquels des barrières de prévention et de récupération sont nécessaires afin d'éviter d'atteindre l'événement ultime et l'accident.

Ces barrières sont nécessaires, d'autant plus que la multiplication du nombre de batteries au lithium dans la vie quotidienne est extrêmement importante.



RAPPORT D'ÉVÉNEMENT N°1 *Cabin Safety Report*

« Une passagère déclare avoir perdu son téléphone dans le siège. Elle libère la place et en effet celui-ci est coincé entre l'accoudoir et l'assise. Il est encore branché. Nous le débranchons. Après avoir libéré sa place, nous réveillons le passager à côté. En effet le téléphone est sous pression et il n'est plus question de bouger son siège d'un centimètre. Pour éviter un appui intempestif de quiconque sur les commandes du siège un cache est confectionné. Toutes les assises sont retirées pour garder l'endroit accessible et limiter les matières combustibles. Les passagers du siège et des sièges voisins sont déplacés sur des sièges libres. Une feuille avec « siège inop » est posée sur les sièges. Les PNT sont prévenus ainsi que le reste de l'équipage. Un mécanicien est demandé à l'arrivée pour extraire le portable. Un BCF, une cagoule et les gants sont positionnés à proximité prêts à être utilisés en urgence. Le PED kit est indiqué à l'équipage de garde. »

► Comment l'emballement thermique se manifeste, comment le maîtriser ?

L'emballement thermique d'une batterie au lithium se manifeste par les trois effets suivants :

⚡ **L'effet thermique** : avec l'augmentation de la température interne de la batterie, la chaleur produite par la réaction électrochimique va se diffuser au travers de l'appareil électronique. Un utilisateur de smartphone ou de tablette ressentira cette montée en température et sera dans certains cas dans l'incapacité de tenir son appareil dans les mains. **Cette augmentation de température peut être révélatrice d'un emballement thermique.**

⚡ **Le dégagement gazeux** : lors d'un emballement thermique, l'électrolyte liquide va progressivement se vaporiser et produire des gaz et des fumées toxiques. La batterie va alors gonfler jusqu'à la rupture de son enveloppe externe. L'électrolyte, très corrosif, inflammable et toxique, va ainsi se propager sous forme liquide et gazeuse. De l'hydrogène, **hautement inflammable et explosif**, est libéré ainsi que des **vapeurs toxiques et corrosives** contenant du phosphore, du fluor et du lithium provenant des sels de l'électrolyte.

⚡ **Le feu et une possible explosion** : les gaz générés par l'emballement thermique sont hautement inflammables. Une simple étincelle produite par un court-circuit suffit à initier leur combustion. Dans le cas où le dégazage serait trop lent, la surpression à l'intérieur de la batterie peut conduire à une explosion avec projections de matières enflammées.

Pour limiter les effets d'un emballement thermique et maîtriser ses conséquences, il est important de savoir réagir et de retenir quelques règles simples :

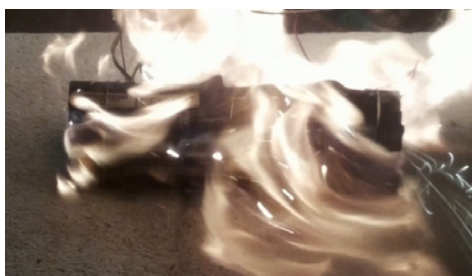
- Être attentif aux signes précurseurs d'un emballement : température anormalement élevée et/ou dégagement de fumée ;
- Éteindre les flammes avec un extincteur ou un dispositif adapté, en conservant à l'esprit que **les extincteurs traditionnels à poudre ou au halon ne pourront éteindre que ponctuellement les flammes mais ne permettront pas de stopper l'emballement thermique.** Celui-ci va continuer à générer les conditions de ré-inflammation de l'appareil **tant que la température du cœur de la batterie ne sera pas inférieure à 100°C ;**

- Refroidir la batterie en versant de l'eau puis en immergeant la batterie ou l'appareil électronique dans une grande quantité d'eau ou de liquide non inflammable.

Des kits de confinement pour appareil électronique portable à batterie au lithium, destinés aux opérateurs aéronautiques, ont fait récemment leur apparition sur le marché. Leur utilisation est supposée contenir les flammes et pour certains juguler en partie les fumées toxiques émises. Certains de ces équipements permettent d'y adjoindre un liquide non inflammable pour maîtriser la température.

Le symposium a été l'occasion de tester certains de ces dispositifs. Leur performance à la tenue au feu a fait l'objet d'une première évaluation. Ces dispositifs ont également été testés dans des conditions similaires à des conditions opérationnelles par des équipages et des formateurs. Ce point est développé dans la suite du document.

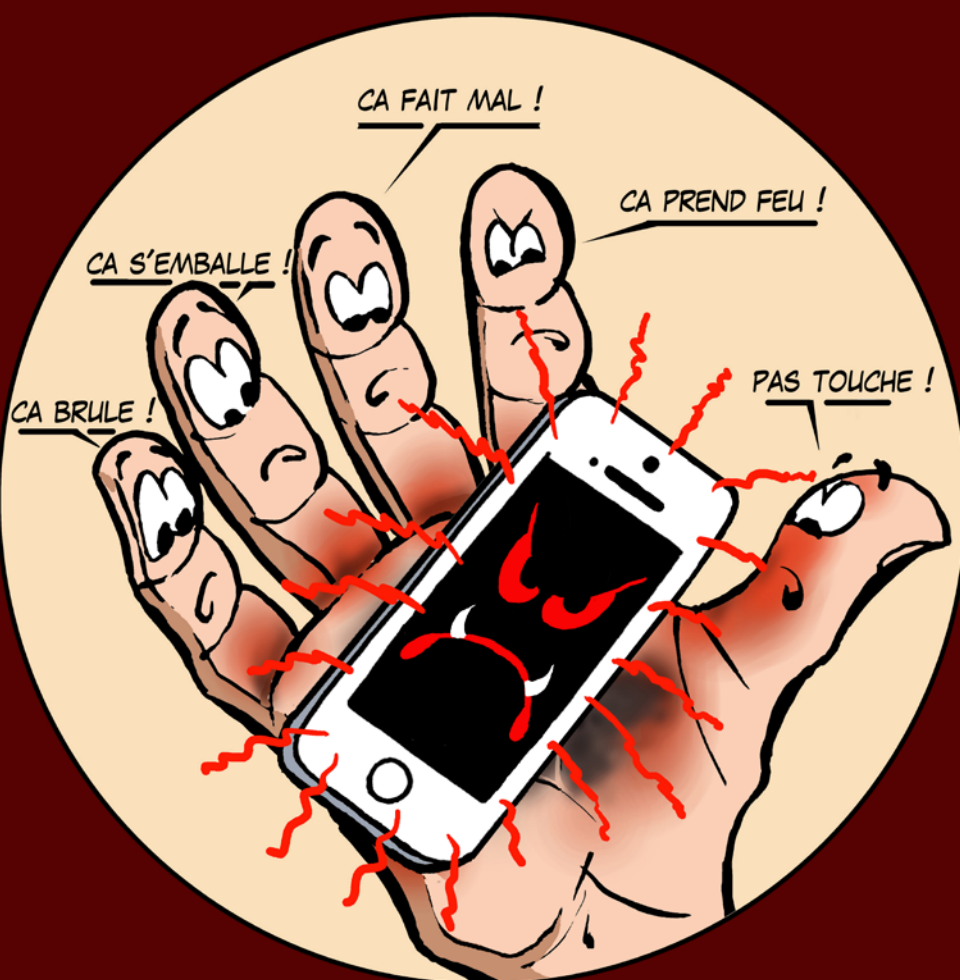
À l'heure actuelle, il n'existe aucun protocole de tests ni aucune approbation/certification pour ces kits de confinement.



Exemple d'emballement thermique provoqué par une surcharge.



BATTERIES LITHIUM : ANTICIPER LE RISQUE DE FEU À BORD



**Surchauffe d'un appareil :
prévenez l'équipage**



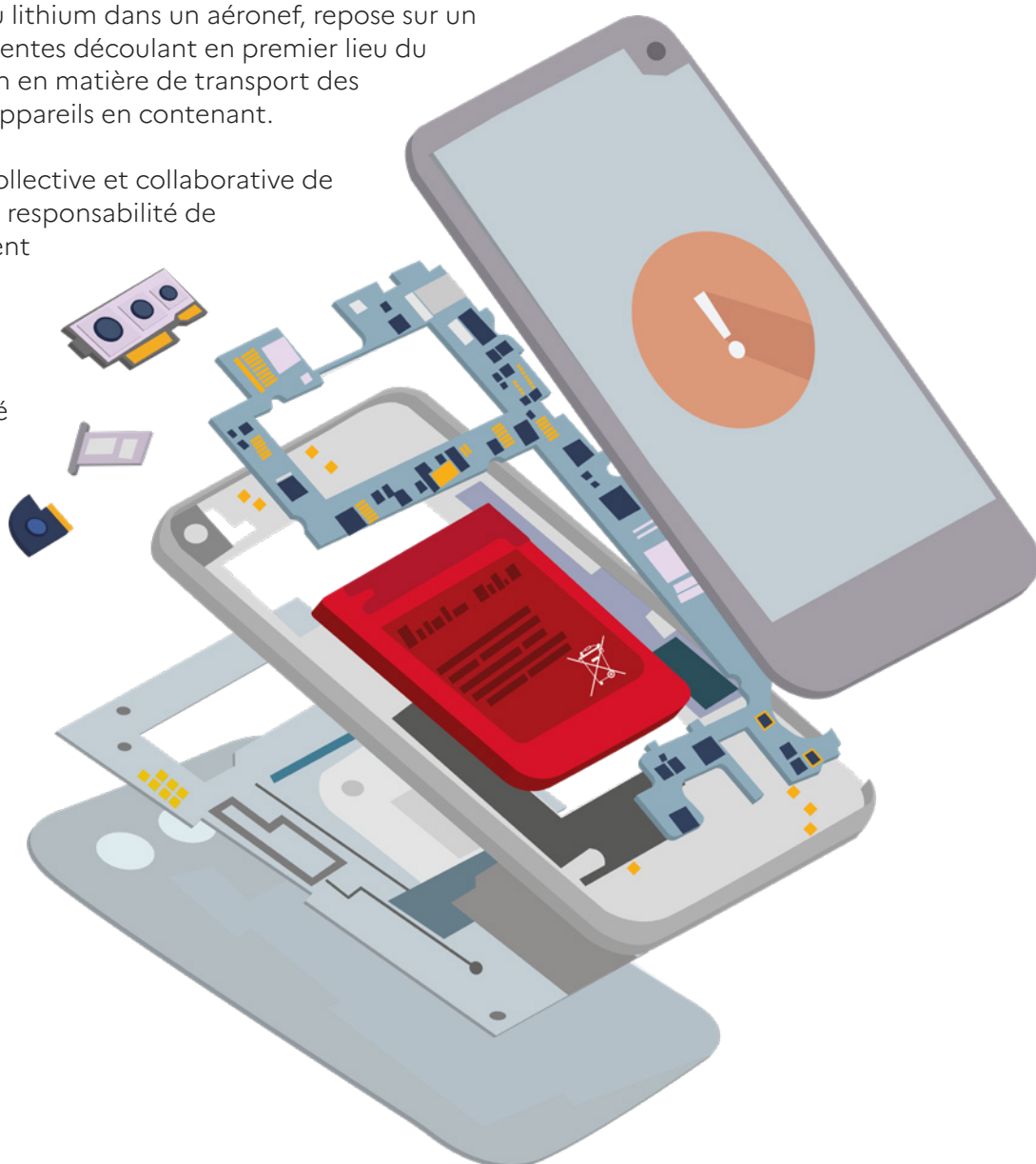
PRÉVENIR ET SE PRÉPARER

« Usagers, professionnels : tous acteurs responsables de la sécurité »

La prévention d'un événement indésirable, tel que l'emballement thermique d'une batterie au lithium dans un aéronef, repose sur un ensemble de mesures cohérentes découlant en premier lieu du respect de la réglementation en matière de transport des batteries au lithium et des appareils en contenant.

L'importance d'une vision collective et collaborative de la sécurité en insistant sur la responsabilité de chacun, du voyageur, du client d'un service postal ou d'un acteur professionnel de l'aérien est apparue lors de la préparation de ce symposium avec la nécessité d'associer l'ensemble des acteurs, du passager aux professionnels du transport aérien.

C'est effectivement, par des gestes simples, des actes de bon sens et la conscience de ses responsabilités que nous pouvons tous construire ensemble une aéronautique plus sûre.





► Une réglementation simple et adaptée

La réglementation applicable en matière de sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses, et en particulier des batteries au lithium et des appareils qui en contiennent², repose sur l'Annexe 18 à la convention de Chicago et les Instructions Techniques de l'OACI (doc 9284) et le supplément associé.

Cette réglementation est globale et s'applique aussi bien au transport postal et au fret qu'au transport

dans les bagages des passagers et des membres d'équipage.

Le règlement européen déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables aux opérations aériennes renvoie à cette réglementation OACI. Il s'applique donc de fait aux exploitants aériens français sans transposition dans la réglementation nationale.

Les principes qui prévalent pour garantir la sécurité reposent sur les éléments suivants.

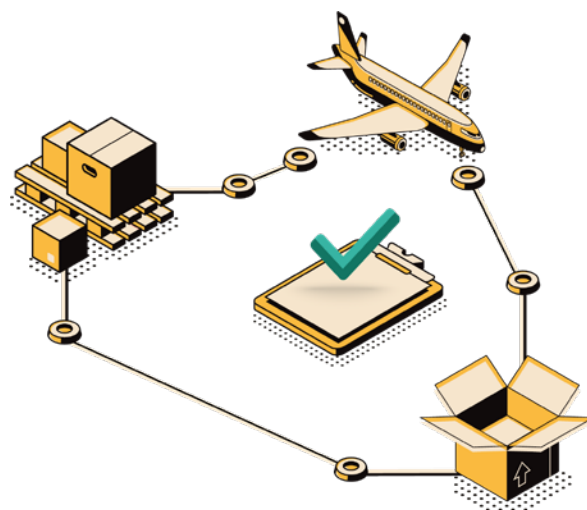
1. Des standards de conception et de fabrication

La réglementation introduit des exigences en matière de conception et de fabrication, par exemple au travers de tests ONU, auxquels les batteries au lithium doivent se conformer afin de pouvoir être transportées.

2. Des règles et des procédures

La réglementation introduit également des exigences en matière de règles et de procédures :

- Règles relatives à la classification, à l'emballage, au marquage, à l'étiquetage, au stockage, à la documentation pour le fret qui s'appliquent aux expéditeurs de batteries au lithium et d'appareils en contenant (l'emballage, le stockage et la manutention concourent à la protection vis-à-vis des dommages alors que le marquage et l'étiquetage des colis concourent à l'identification du contenu) ;
- Procédures mises en œuvre par les exploitants aériens, notamment en matière d'acceptation



et de gestion des colis qui leur sont présentés (stockage, manutention, chargement/déchargement/sécurisation à bord des aéronefs, interventions en cas d'événements, traitement des incidents et accidents au travers de leur système de gestion de la sécurité) et en matière d'emport par les personnels navigants et les passagers ;

- Procédures mises en œuvre par La Poste, notamment pour ne pas introduire dans le flux postal des batteries au lithium seules, y compris des batteries externes dites « *powerbanks* ».

² Les piles et batteries au lithium et les appareils en contenant sont considérés par la réglementation comme des marchandises dangereuses (de classe 9).

3. La formation et l'information

La formation et l'information qui sont obligatoires constituent une composante importante de la réglementation et par conséquent une contribution essentielle à la sécurité :

- La formation des personnels des expéditeurs (et des emballeurs, transitaires, etc.) pour le fret,
- La formation des personnels des exploitants aériens et de leurs sous-traitants,

- La formation des personnels de La Poste,
- L'information fournie par les exploitants aériens à leurs personnels,
- L'information à fournir par les exploitants aéroportuaires et par les exploitants aériens aux passagers sur les interdictions d'emport,
- L'information des clients de La Poste.

4. L'imposition d'interdictions et de limitations d'emport adaptées aux risques :

Les batteries au lithium seules, y compris les batteries externes dites « *powerbanks* », sont par exemple, interdites :

- En fret sur aéronefs passagers ;
- Dans les bagages enregistrés des passagers (bagages placés dans les soutes des aéronefs) ;
- Dans le flux postal ;
- Quel qu'en soit le mode de transport aérien si elles sont défectueuses.

Pour minimiser les risques, des limites sont fixées par la réglementation. Elles s'expriment en tout ou combinaisons :

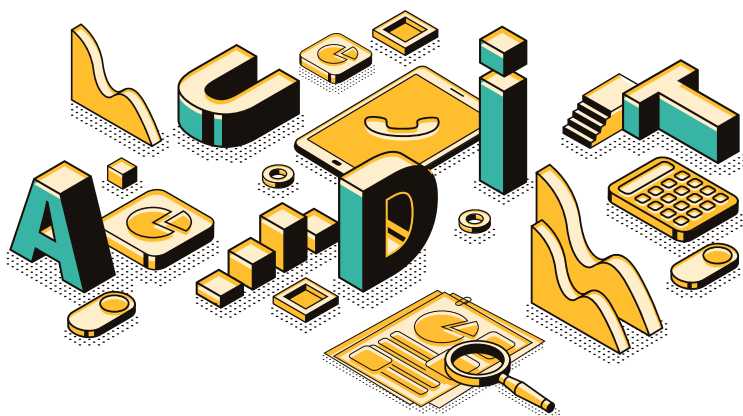
- D'énergie pour les batteries au lithium-ion ;
- De masse lithium pour les batteries au lithium métal ;
- De nombre maximal de batteries ;
- De masse de batteries.

En plus de ces limitations, des règles de protection contre les endommagements et contre les courts-circuits sont également définies.

5. La surveillance exercée par les autorités et les retours d'expérience

Pour garantir la bonne application de l'ensemble de ces dispositions, les autorités s'assurent par des audits et des contrôles que l'ensemble des acteurs aéronautiques respectent la réglementation et les procédures associées.

De plus et afin de profiter collectivement des retours d'expériences, les autorités exploitent les notifications de sécurité, centralisées dans la base de données ECCAIRS et émises en application du règlement (UE N° 376/2014).





► Les points clés de la prévention

Qu'il s'agisse d'expédier un colis ou de partir en voyage en avion, **la première action de sécurité consiste à prendre soin de ses affaires et en particulier de ses objets électroniques**. Ainsi c'est dès l'étape de confection d'un colis ou de bagages que l'on agit pour la sécurité.

Au-delà de cette étape initiale essentielle qui repose sur la conscience des risques des clients et leur sens des responsabilités, La Poste, les exploitants aériens, les exploitants d'aéroport et les autorités aériennes ont développé des barrières de prévention adaptées à chaque activité : transport de passagers, transport de fret, transport de colis postaux.

1. Passagers³

La confection des bagages

C'est en préparant ses bagages et en ayant connaissance des règles d'emport⁴ fixées par les exploitants aériens que le passager va être un acteur de la sécurité.

Les principales précautions à prendre sont simples à mettre en œuvre :

- Vérifier que l'énergie des batteries qui alimentent les appareils électroniques (ou les batteries seules) ne dépassent pas la limitation de 160 Wh ;
- Privilégier de conserver dans les bagages cabine les appareils électroniques de faible énergie ;
- Éteindre et protéger les appareils électroniques autorisés qui voyageront dans la soute ;
- Informer l'exploitant aérien de la présence de batteries nécessitant une approbation préalable de sa part (énergie comprise entre 100 et 160 Wh) ;
- Ne jamais transporter de batteries défectueuses.

Le respect de ces règles évitera ainsi que certains articles soient confisqués lors de l'enregistrement ou de l'embarquement.

Les exploitants aériens travaillent à délivrer des messages clairs pour informer les passagers sur ce qu'ils peuvent (ou non) transporter. La DGAC a quant à elle développé AIRBAG, une application

informatique disponible en ligne qui permet à tous les usagers d'accéder simplement au règlement en vigueur.

Alors avant de « boucler vos valises » surtout informez-vous !

Le comptoir d'enregistrement

La première étape pour un passager arrivant au terminal est l'enregistrement des bagages. L'agent de l'exploitant aérien posant quelques questions simples doit s'assurer notamment que :

- Les bagages en soute ne contiennent pas de batteries au lithium seules, y compris les batteries externes dites « *powerbanks* » ;
- Les bagages en cabine ou en soute ne contiennent pas d'appareils alimentés par des batteries au lithium de trop forte énergie, en tout cas au-delà des limites autorisées par la réglementation et par l'exploitant aérien.

En cas d'enregistrement du bagage à une borne automatique, le passager devra attester avoir pris connaissance des règles d'emport et les respecter.

L'animation vidéo développée à l'occasion de ce symposium souligne l'importance de ce questionnement comme une barrière de prévention de risque.

³ Le transport responsable des batteries au lithium - À l'aéroport : <https://vimeo.com/481740888>

⁴ Les règles d'emport fixées par les exploitants aériens découlent de la réglementation mais peuvent être parfois plus restrictives que celle-ci.

Le comptoir d'embarquement et le transfert de bagage vers la soute

Après avoir enregistré ses bagages soute, s'il en a, le passager passe le poste inspection filtrage puis se retrouve en zone d'embarquement avec uniquement son bagage cabine.

En raison notamment de place limitée dans les compartiments bagages des avions, il est possible que les bagages cabine de certains passagers soient prélevés afin d'être mis en soute. Ce prélèvement est effectué sous la responsabilité de l'exploitant aérien par des personnels sol ou des personnels cabine. Les objets que le passager pensait emporter avec lui dans l'avion pourront donc se retrouver en soute sans action de sa part.

Ainsi, pour éviter que certains éléments prévus pour rester en cabine ne se retrouvent finalement en soute, les personnels sol ou cabine doivent questionner le passager sur le contenu de son bagage.

Ce questionnaire concerne les objets interdits en soute : les batteries au lithium (de type batterie externe, batterie de rechange), les valises connectées avec batteries non escamotables, les cigarettes électroniques, les briquets sans couvercles de protection, etc.

Au cours des travaux préparatoires de ce symposium, un besoin d'un support accompagnant ce questionnaire a été identifié.

Au-delà des objets interdits en soute, ce dernier pourra aussi concerner :

- Les objets dont la présence est recommandée en cabine : tous les autres appareils contenant des batteries au lithium ;
- Les objets utiles en cabine (médicaments, nourriture bébé, documents administratifs comme un passeport par exemple).

Un livret illustré a été produit afin de faciliter le traitement de ce transfert et de maintenir la barrière de sécurité du questionnaire au comptoir d'embarquement ou après. Ce livret est disponible aussi bien en version électronique qu'en version papier.

L'objectif est double pour l'exploitant aérien :

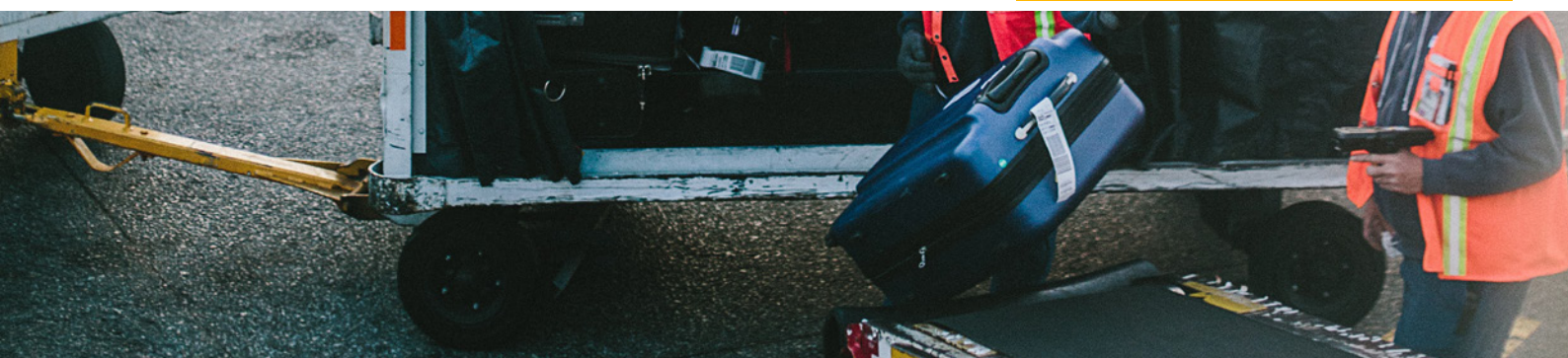
- **Sécurité aérienne** : éviter de transporter des batteries au lithium en soute ;
- **Commercial** : ne pas avoir à retourner au parking à cause de l'oubli par un passager

d'une batterie (ou autre objet interdit en soute), d'un produit indispensable pendant la durée du vol comme par exemple un médicament et ainsi éviter des retards et des consommations de carburant supplémentaires.

Afin de répondre à ces objectifs, le livret a ainsi été construit de la manière suivante :

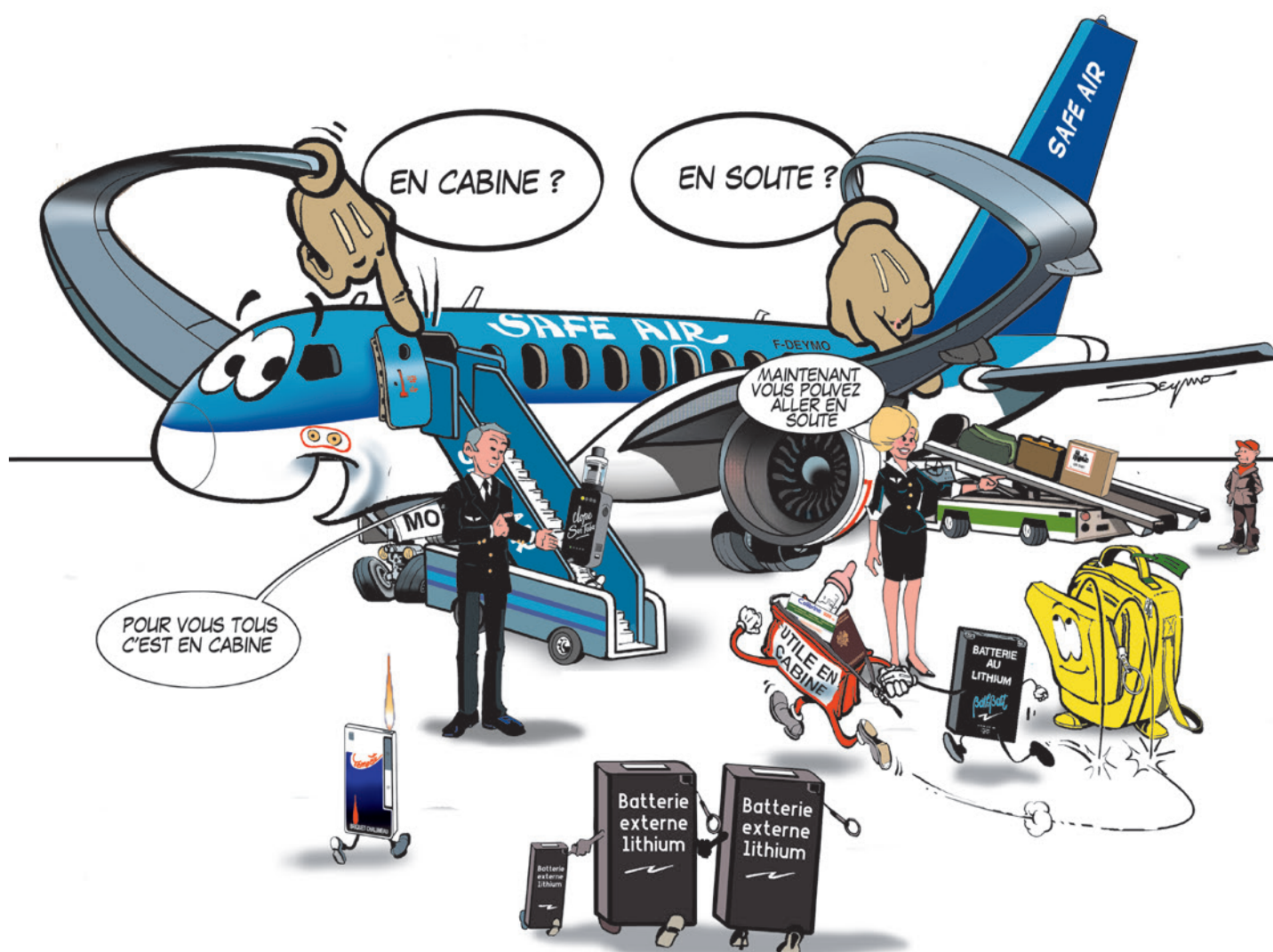
- Une première page illustrée d'un dessin permettant de comprendre le message essentiel sans avoir à traduire le support ;
- Une deuxième page montrant les objets utiles, les objets pour lesquels il est préférable d'être en cabine et les objets interdits en soute à l'aide de photos et permettant aux passagers de bien comprendre quels objets sont visés ;
- Une troisième page expliquant plus en détails les objets présentés sur la page précédente et les limitations associées ;
- Une dernière page avec des liens utiles vers des informations complémentaires.

Ce questionnaire systématique compréhensible de tous et surtout des passagers permettra de maintenir cette barrière de sécurité.





BATTERIES LITHIUM : ANTICIPER LE RISQUE DE FEU À BORD



POUR NOTRE SÉCURITÉ, GARDONS-LES EN CABINE

Dans l'aéronef, les consignes de sécurité abordant les batteries au lithium

Dans l'aéronef, le risque d'écrasement des PED notamment doit être rappelé aux passagers en leur expliquant les consignes à suivre en cas de perte à bord. Ainsi, le sujet des PED et des objets à risque est abordé de façon régulière au travers des annonces afin de sensibiliser les passagers à une utilisation cadrée et à une vigilance accrue.

⚡ Lors de **l'embarquement**, demande d'extinction des PED ou d'activation du mode avion et précision des phases d'utilisation de ces appareils électroniques (en dehors des phases de roulage, décollage et atterrissage). Certains exploitants aériens abordent déjà à ce moment le cas de la cigarette électronique qui doit être éteinte et portée sur la personne.

⚡ **Après le décollage**, rappel de l'interdiction d'utilisation ou de recharge de la cigarette électronique. Utilisation possible des prises PC et USB. Certains exploitants aériens annoncent à ce moment-là la mise en garde concernant le risque lié à la perte et à l'écrasement d'un PED et la nécessité d'alerter l'équipage.

⚡ **Après l'atterrissage**, l'autorisation est donnée de désactiver le mode avion.

⚡ Lors de **l'annonce d'accueil**, après la fermeture des portes et en **introduction aux démonstrations de sécurité**, rappel de l'extinction des appareils électroniques ou de l'activation du mode avion et la demande est faite aux passagers de bien vouloir prévenir immédiatement l'équipage de toute anomalie, en cas de choc ou perte d'un appareil (pas de manipulation de sièges). Il peut être également demandé de débrancher les prises PC ou USB, de retirer les écouteurs et de ranger les appareils électroniques portatifs.

⚡ **Fin de descente**, retrait des écouteurs et la demande est faite de débrancher les prises PC et USB.

⚡ **Début de descente**, rappel de l'activation du mode avion ou de l'extinction des PED.

Les cartons de sécurité sont également un moyen de communication très explicite grâce à l'utilisation de pictogrammes. Ce support permet de s'affranchir de toutes les barrières de compréhension (langue, lecture, écoute des annonces, etc.) et met à la portée de tous l'ensemble des consignes

et interdictions en vigueur à bord dont celles concernant les PED. De plus, les passagers ont tout le loisir de consulter à leur convenance ces cartons de sécurité puisqu'ils sont à disposition dans les pochettes de sièges.



PRÉVENIR ET SE PRÉPARER

► Les points clés de la prévention

2. Fret⁵

L'acceptation est une phase essentielle dans le traitement, par l'exploitant aérien ou son sous-traitant, des colis de marchandises dangereuses qui lui sont présentés. C'est à l'issue de cette phase que l'expédition sera acceptée si elle est conforme ou refusée dans le cas contraire.

En premier lieu, l'expéditeur est contractuellement et juridiquement responsable de l'envoi de son colis. À ce titre, il a l'obligation d'en réaliser l'emballage, le marquage, l'étiquetage et la documentation associée.

Par ailleurs, en acceptant la prise en charge d'un colis, l'exploitant aérien assume pleinement sa part de responsabilité en s'assurant tout d'abord qu'il détient l'autorisation pour transporter ces marchandises au titre de son agrément de transport de marchandises dangereuses.

Cette responsabilité lui impose notamment de s'assurer :

- Du respect des conditions de stockage, de séparation et d'accessibilité des colis ;
- De la bonne application des procédures de chargement et déchargement, d'inspection des colis et des unités de chargement ;
- De l'information aux équipages au travers de *Notification to Captain* (NOTOC) ;
- De la bonne analyse et du suivi des notifications d'incidents ;

- De la bonne application des procédures de décontamination éventuelle en cas d'incident, etc.

Sur le plan réglementaire et documentaire, l'exploitant aérien :

- Surveille des éventuelles divergences d'États applicables, mais aussi celles qu'il aurait pu s'imposer lui-même en devenant plus restrictif que les requis applicables ;
- Vérifie la documentation accompagnant l'expédition fournie par l'expéditeur :
 - DGD : Déclaration des Marchandises Dangereuses
 - LTA : Lettre de Transport Aérien qui est le « billet d'avion » des marchandises
- Vérifie l'intégrité des colis et la cohérence des informations consignées dans la DGD avec les informations portées sur les colis (désignation officielle, numéro ONU, quantités, respect des limitations définies par les IT sur aéronefs passagers ou cargo, marquage, étiquetage, respect des conditions de ségrégation, etc.).

Pour ce faire et conformément à la réglementation OACI (Instructions Techniques pour la sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses), l'exploitant utilise une liste de vérification et de contrôle qui lui donne les moyens de s'assurer que tous les points requis par la réglementation sont respectés. Une seule non-conformité entraînera la non-acceptation du colis ou de l'envoi concerné.



RAPPORT D'ÉVÉNEMENT N°2 *Air Safety Report*

« Le [coordo] me remet une NOTOC concernant un chargement d'ELI.⁶ Je demande à voir le chargement et il s'avère que le carton contenant les batteries lithium est nettement déformé sur au moins un côté par le serrage excessif de la sangle de maintien. Ayant un doute sur le fait que les batteries auraient pu être endommagées, j'ai pris la décision de refuser ce chargement pour être certain d'assurer la sécurité des occupants de l'avion. »

⁵ Le transport responsable des batteries au lithium - Le fret : <https://vimeo.com/481741594>

⁶ Batteries au lithium ionique de faible énergie (section II) emballées avec ou contenues dans un appareil.

BATTERIES LITHIUM : ANTICIPER LE RISQUE DE FEU À BORD





PRÉVENIR ET SE PRÉPARER

► Les points clés de la prévention



3. La Poste⁷

Selon la convention Postale Universelle, établie par l'Union Postale Universelle et sur ces points en concertation avec l'OACI, le transport des marchandises dangereuses de quelque nature qu'elles soient, dans le flux postal, est interdit sauf pour quatre exceptions bien définies :

- ⚡ Les échantillons de patients (prélèvements sur corps humain ou animal par exemple) exempts de tout agent pathogène (virus, bactérie, etc.) ;
- ⚡ Les matières biologiques de catégorie B classifiées UN 3373 (prélèvements pour analyse dont un jugement par un spécialiste peut certifier une probabilité nulle ou minimale d'agents pathogènes) envoyées avec adjonction ou non de glace carbonique comme réfrigérant ;
- ⚡ Les matières radioactives en colis, classifiées UN2910 ou 2911 (matières dont l'activité de radiation est nulle ou très proche de zéro) ;
- ⚡ Les piles ou batteries au lithium de petites puissances (ionique ou métal) classifiées UN3481 ou 3091, mais seulement celles qui sont contenues dans leur appareil (par exemple, un smartphone dont la batterie reste incluse dans le téléphone) et selon des quantités définies et restreintes.

De nombreux États restent plus restrictifs que la réglementation par exemple, la France a soumis à l'OACI une divergence qui n'autorise dans le flux postal, que l'envoi des piles et batteries au lithium comme indiqué dans l'exception ci-dessus. Des procédures ont donc été mises en œuvre par « La Poste », opérateur postal désigné pour la France, pour contrôler l'introduction de marchandises dangereuses dans la poste aérienne, et notamment pour ne pas y introduire des batteries au lithium seules (batteries de rechange ou batteries externes « powerbanks »).

Ces procédures ont été examinées et approuvées par l'autorité de surveillance DSAC, qui a délivré à « La Poste », l'autorisation formelle de pouvoir procéder au sein de ses guichets (ou autres entités qui récupèrent en son nom les envois postaux) à l'acceptation de ces seuls articles.

Celles-ci consistent principalement à ce :

- Qu'une information claire et précise sur ce qui peut être envoyé soit disponible et consultable aisément par ses clients ;
- Que tous les agents de l'opérateur postal et de ses sous-traitants soient correctement formés à l'acceptation des plis et colis postaux ; pour cela, l'agent effectuera un questionnaire rapide et précis pour s'assurer de la conformité de l'envoi.

Ces consignes font l'objet d'une animation vidéo développée dans le cadre du symposium.

Batteries et piles au lithium

Vous souhaitez envoyer un appareil électronique contenant des batteries ou des piles au lithium?

Vérifiez auprès de votre poste que celle-ci accepte des paquets ou colis contenant des batteries ou piles au lithium.

Si oui, ces batteries ou piles doivent être placées dans des petits appareils électroniques et ne peuvent pas dépasser une certaine quantité.

Guide rapide

- Pour les envois postaux, les batteries au lithium DOIVENT être installées dans les équipements électroniques
- Les paquets ne doivent pas contenir plus de quatre piles ou plus de deux batteries au lithium
- Les batteries au lithium seules ou emballées simplement avec l'équipement ne peuvent pas être acceptées dans le réseau postal
- Un emballage extérieur solide est nécessaire
- Le contenu d'un colis doit être emballé correctement pour éviter qu'il bouge et qu'il soit endommagé durant le transport
- Des batteries défectueuses ou endommagées ne peuvent en aucun cas être acceptées

produits refusés
(dont les batteries dépassent la taille et la puissance limites acceptables)

- Bicyclettes électriques
- Fauteuils roulants électriques
- Petits groupes électrogènes
- Batteries non installées dans les équipements
 - Batteries séparées du téléphone
 - Batteries non installées
 - Ordinateurs portables couplés d'une batterie externe

produits acceptés
(dont les batteries sont installées à l'intérieur)

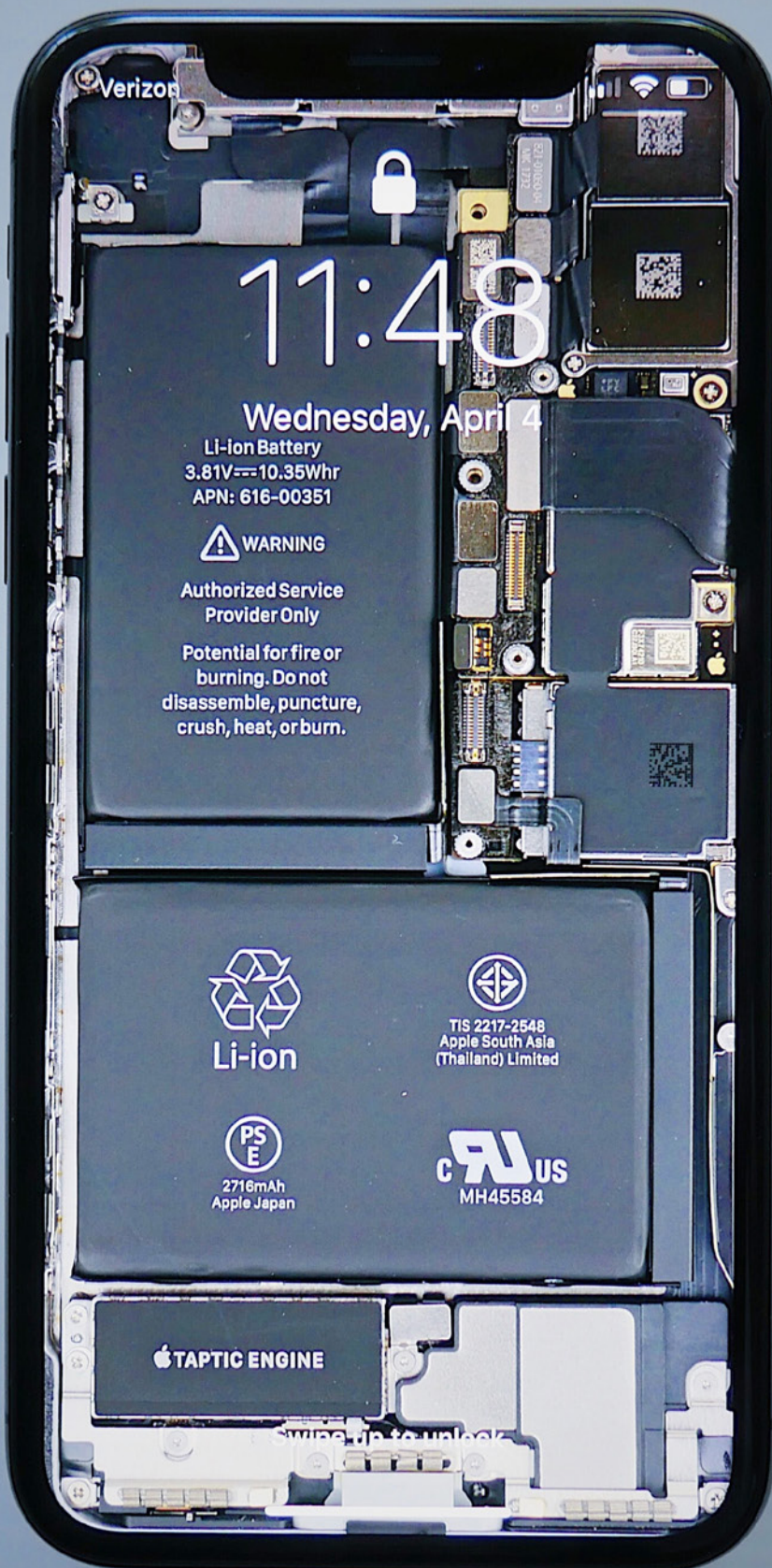
- GPS
- Smartphones
- Appareils photo numériques
- Rasoirs électriques
- Écouteurs Bluetooth
- Instruments de mesure
- Jouets radio-commandés
- Scanners
- Lecteur MP3
- Lecteurs DVD portables
- Talkies-walkies
- Caméras vidéo
- Ordinateurs portables
- Tablettes électroniques

LA POSTE

ICAO ORGANISATION MONDIALE DES SOUMES IATA

UNION POSTALE UNIVERSELLE

⁷ Le transport responsable des batteries au lithium - Les envois postaux: <https://vimeo.com/481742090>



RECONNAÎTRE ET RÉAGIR EN SITUATION

► Les aspects Facteurs Humains

L'emballlement des batteries au lithium peut induire des conséquences fortement anxiogènes : dégagement de fumée, forte chaleur, flamme, explosion, etc.

Ces circonstances sont stressantes, en particulier à bord, pour les personnels navigants comme pour les passagers. Les comportements en situation de stress des personnes peuvent encore amplifier la déstabilisation et la désorganisation des réponses.

Malgré les précautions et barrières développées, il doit être considéré comme statistiquement très probable que de tels événements se produisent à bord ou au sol vu le nombre croissant des dispositifs incluant ces types de batteries.

Les démarches de sécurité doivent donc être orientées vers l'anticipation et la préparation de réponses adaptées face à ces circonstances stressantes. Ces démarches auront pour but de retarder, de limiter les réactions de stress qui s'imposeraient aux personnes et aggraverait la situation.

Ceci vaut pour les personnels du fret, des opérations au sol, pour les personnels navigants, pour les

vols commerciaux comme privés, de l'ULM au gros porteur, etc.

Les mécanismes humains du stress facilitent ces mécanismes protecteurs d'anticipation et de préparation.

En effet, nous nous adaptons en permanence à notre environnement immédiat ; ces mécanismes individuels évaluent l'ampleur des menaces susceptibles de nous agresser et nos capacités à les surmonter.



Il y a donc une balance permanente entre la perception de ces menaces (à quel point sont-elles réellement menaçantes ?) et la perception de nos capacités à les surmonter (à quel point serons-nous capables de les surmonter) ?

Ceci explique qu'à danger objectivement équivalent, certaines personnes n'enclencheront pas de réponses

de stress (elles pensent savoir quoi faire), contrairement à d'autres (qui se sentent impuissantes). Ceci explique aussi que la « bascule » vers le stress puisse être retardée, si ce n'est évitée.

Cette balance des perceptions des menaces et des capacités possède une dynamique positive :

- L'entraînement, la familiarité, la confiance en soi, la connaissance des menaces et des systèmes de protection réduisent leur caractère « menaçant »,
- et augmentent la confiance en ses propres capacités à les surmonter.

À l'opposé, la surprise, l'ignorance, le doute, l'isolement, la dangerosité des menaces inversent cette dynamique et abaissent la performance perçue des défenses. Des réponses de stress seront alors plus probablement enclenchées.

L'emballlement thermique des batteries au lithium recouvre des mécanismes de mieux en mieux décrits, les conséquences et les parades sont identifiées dans leurs principes et leur mise en œuvre. La fréquence de survenue est de mieux en mieux suivie et documentée. Il est donc possible de préparer, de former, d'équiper



les professionnels qui auront à y faire face.

Les différentes parades à développer sont aussi celles qui renforceront les professionnels face au stress :

- Pouvoir rapidement reconnaître des situations à risque : emballements et leurs conséquences ;
- Disposer des savoir-faire et des dispositifs de lutte : moyens de confinement, de contention, de résistance au feu ;
- Maîtriser leur usage et mise en œuvre quasi immédiate : localisation, choix correct de la protection ;
- Se sentir préparé et épaulé par son organisation et ses collègues : matériel, formation, consigne ;
- Sensibiliser l'ensemble de la communauté aux causes, aux parades et à la gestion de ces situations : information, etc.

Quand bien même ces professionnels de l'aérien seront sensibilisés, formés, équipés et préparés, l'immense communauté des passagers demeurera potentiellement exposée à la surprise, la peur, l'ignorance des réponses adaptées. La maîtrise (savoir-faire, calme, équipement, etc.) dont témoigneront les professionnels sera alors l'un des meilleurs leviers pour abaisser la menace directement éprouvée par ces passagers.

Si des mécanismes humains sont disponibles pour favoriser les réponses efficaces et «anti-stress», d'autres sont également présents qui biaiseront cette gestion positive et anticipatrice du risque.

De tels biais négatifs, se manifestent par des comportements inappropriés qui tendent à :

- Sous-estimer la fréquence réelle de ces emballements ainsi que leur dangerosité effective ;
- Considérer que le problème vient des industriels ainsi que les réponses aussi et qu'il n'y a donc rien à faire ou améliorer ;
- Considérer que la conformité à un règlement dispense de toute autre action de prévention ;
- S'en remettre à la chance.

Anticiper le risque de feu de batteries au lithium à bord d'un aéronef repose ainsi sur un ensemble de connaissances, de compétences techniques et de savoir-faire humains.

Par le développement d'une culture de la sécurité et la prise en compte des facteurs organisationnels et humains (FOH), un juste équilibre peut ainsi être trouvé pour répondre aux obligations réglementaires, aux contraintes d'exploitations, à la réalité d'un environnement complexe et dynamique et aux limites économiques.



► Quelques outils pratiques d'anticipation et de gestion des situations critiques

Afin de faciliter l'anticipation aux situations d'emballlement de batteries au lithium mais aussi l'action et la communication en cas de survenue d'un événement, quelques outils pratiques peuvent être d'intérêt, parmi eux le TEM et le NITS.

1. Anticipation : le TEM

Le *Threat and Error Management* (TEM) est un des éléments de la formation *Crew Resource Management* (CRM) requis par l'AESA (Règlement UE n°965/2012 ORO.FC.115 et AMCs), au même titre que les autres éléments du CRM.

Il consiste à identifier les menaces, à prendre en compte les erreurs et à mettre en œuvre des stratégies pour les gérer. Cette méthode, très documentée, fait l'objet de l'« Info sécurité DGAC 2020/01 ».⁸

Dans le cadre de la prévention d'emballlement thermique de batteries au lithium, cette méthode applicable à l'ensemble des PNT et des PNC peut être un support très utile pour anticiper des décisions et des actions de l'équipage.

2. Communication : le NITS

Le NITS est une méthode utilisée dans de nombreuses compagnies aériennes par les PNT et les PNC lorsqu'il y a pression temporelle. Il favorise une communication efficace en structurant chaque message de la façon suivante :

- Nature de l'événement ;
- Intention : plutôt pour le commandant de bord (CDB) ou le chef de cabine ;
- Temps disponible ;
- Spécificités : regroupe tout ce que l'on ne peut pas placer dans les trois premiers et qu'il est important de savoir.

Chaque message est alors répété par l'autre interlocuteur en suivant également cette structure afin de vérifier la bonne prise en compte des éléments. Cette structure de communication a largement démontré son efficacité et est explicitée dans les productions « Des maux en l'air » disponibles sur le site du ministère de la transition écologique.⁹

⁸ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Info_securite_Threat_and_Error_Management.pdf

⁹ <https://www.ecologie.gouv.fr/facteurs-humains>



BATTERIES LITHIUM : ANTICIPER LE RISQUE DE FEU À BORD

P

Protection



É

quipement



Le bon réflexe, c'est **P.É.T.S.** !



T

raitement



S

urveillance

► Gestion des actions de traitement d'un emballage thermique d'une batterie au lithium

1. Dans le poste de pilotage

Les cockpits modernes ou même ceux d'avions légers et d'autres aéronefs sont de plus en plus fournis avec des appareils contenant des batteries au lithium (tablettes personnelles, EFB¹⁰, PED, etc.)

Le guide DSAC « Traitement feu batterie au lithium en poste de pilotage¹¹ » donne des indications et des recommandations pour les procédures de gestion d'un feu de batterie au lithium dans le poste de pilotage.

Ce guide recommande, dans la mesure du possible, de transférer l'appareil en cabine pour traitement par les PNC. Cette procédure peut nécessiter une adaptation dans certains cas :

- Cas où l'exploitation ne permet pas le transfert en cabine : vol monopilote, PNC non présent, espace confiné, etc.
- Cas où les EFB ne sont pas extractibles. Il est ainsi nécessaire de définir une procédure spécifique pour la gestion d'un feu d'une batterie au lithium de ces EFB, refroidir un appareil attaché à la verticale dans un poste de pilotage en l'arrosant n'étant pas toujours envisageable.

Les vidéos produites dans le cadre du symposium illustrent certaines de ces exploitations particulières et leurs procédures associées (qui ne sont pas uniques). Certains acteurs aéronautiques ont également partagé leurs procédures propres dans le cadre des travaux de ce symposium.



¹⁰ Electronic Flight Bags (Sacoques de Vol Électroniques en français).

¹¹ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide_Traitement_feu_batterie_Lithium.pdf



2. En cabine : procédure recommandée par l'OACI

Le Doc 9481 AN/928 de l'OACI « Éléments indicatifs sur les interventions d'urgence en cas d'incidents d'aviation concernant des marchandises dangereuses » recommande une procédure de traitement d'un événement feu/fumée de batteries au lithium. La procédure mentionnée est réalisée dans l'ordre suivant :

- Exécuter la procédure de lutte contre l'incendie en cas de flamme : utilisation d'un extincteur à halon, à substitution de halon ou à eau pour éteindre le feu et empêcher qu'il ne se propage, mise en place d'équipement de protection, éloignement des passagers si nécessaire ;
- Identifier l'article : celui-ci peut ne pas être accessible et se trouver à l'intérieur d'un bagage notamment ;
- Arroser l'appareil (ou le bagage) avec de l'eau (ou un autre liquide non inflammable) afin de le refroidir et éviter que la chaleur ne se propage aux autres éléments (cellules) de la batterie ;
- Quand l'appareil est refroidi et après une période de stabilisation, déplacer l'appareil en l'absence de signes de fumée ou de chaleur. Immerger l'appareil dans un récipient comme par exemple la poubelle des toilettes remplie d'eau ou d'un autre liquide non inflammable ;
- Surveiller l'appareil et la zone avoisinante pendant le reste du vol afin de vérifier que l'appareil ne s'emballer pas une seconde fois.

Cette procédure est applicable pour les équipages composés de deux PNC ou plus mais aussi pour un PNC seul qui pourra être aidé par des passagers. Aujourd'hui beaucoup d'exploitants aériens se retrouvent confrontés aux limites de cette procédure car elle n'est pas toujours très adaptée et la perte d'une toilette sur un vol long-courrier peut être contraignante.

Devant le besoin de procédures adaptées aux configurations de l'aéronef et à la composition de l'équipage, il a été décidé, dans le cadre des travaux préparatoires au symposium, d'explorer plusieurs pistes :

- L'outil P.E.T.S. développé pour permettre de traiter des événements de feu/fumée lithium indépendants des configurations de l'aéronef et de la composition de l'équipage ;
- Une première campagne d'essais visant à avoir une idée de la performance de sacs de confinement (ce point est développé plus loin).



3. L'outil P.E.T.S. développé par la « communauté symposium »

Inspirés des méthodes d'intervention des secouristes ou des pompiers, les groupes du symposium ont proposé de séquencer les actions de traitement d'un emballement thermique des batteries au lithium de la façon suivante :

- **Protection** : se protéger et mettre en sécurité les passagers en les éloignant du danger ;
- **Équipement** : s'équiper de manière adaptée (gants, cagoule, extincteur, etc.) ;
- **Traitement** : éteindre le feu (s'il y a des flammes), refroidir et confiner ;
- **Surveillance** : surveiller en permanence que l'emballement est maîtrisé sans risque d'une reprise.

Cette méthode, transposable à d'autres interventions, est illustrée par une affiche et une série de vidéos développées par les équipes du symposium.

4. Vidéos illustrant l'usage du P.E.T.S.

Les objectifs des vidéos illustrant l'usage du P.E.T.S. sont de :

- Montrer que la gestion d'un emballement thermique d'une batterie au lithium peut être très complexe et dépend en particulier de l'environnement dans lequel il se produit, du niveau de préparation des équipages, et des moyens de sécurités sauvetages qui équipent les avions. La taille du cockpit et de la cabine, le nombre de PNT et de PNC sont autant de facteurs qui déterminent les choix des modes d'interventions ;
- Proposer des pratiques adaptées à la préparation et à la gestion de ce type d'événements ;
- Mettre en évidence l'effet de surprise de chaque membre d'équipage puis de son retour dans la « boucle normale » après avoir géré la situation ;
- Démontrer en image que seule une formation pratique des personnels navigants permet de gérer efficacement de telles situations.

Quatre vidéos ont ainsi été réalisées :

- **Scénario 1¹²** : dans un cockpit avec 2 PNT dans le cockpit et 2 PNC en cabine ;
- **Scénario 2¹³** : dans un cockpit étroit, en travail monopilote sans PNC ;
- **Scénario 3¹⁴** : dans une cabine avec 2 PNC et des passagers ;
- **Scénario 4¹⁵** : dans une cabine étroite avec un seul PNC et des passagers.



¹² Traitement d'un emballement thermique dans un cockpit avec 2 PNT et 2 PNC : <https://vimeo.com/475011396>

¹³ Traitement d'un emballement thermique dans un cockpit étroit monopilote - avion non pressurisé : <https://vimeo.com/475013402>

¹⁴ Traitement d'un emballement thermique en cabine avec 2 PNC : <https://vimeo.com/475014220>

¹⁵ Traitement d'un emballement thermique en cabine avec 1 PNC : <https://vimeo.com/475012365>



► La parole aux acteurs aéronautiques

Le symposium est également l'occasion de rencontrer de multiples acteurs de l'aérien autres que les exploitants aériens par avions « classiques » et qui sont également confrontés aux risques liés aux batteries au lithium. Ils nous ont partagé leurs expériences et perceptions.

En cas d'emballement thermique, les décisions à prendre pour ces acteurs peuvent être très différentes de celles présentées précédemment pour les acteurs « conventionnels » du transport aérien.

En effet, la décision du pilote en cas d'emballement thermique peut aller jusqu'à l'interruption en urgence du vol.

L'ensemble des avis et regards de ces acteurs font l'objet de vidéos développées dans le cadre du symposium, dont vous retrouverez les liens en bas des pages qui suivent.

Un des acteurs interrogés a été confronté en vol à un feu à bord de son ULM. Une batterie au lithium pourrait être à l'origine de ce feu. La gestion de cet événement l'a conduit jusqu'à l'amerrissage. Les détails de l'événement font partie d'un témoignage.¹⁶



¹⁶ Témoignage - Fumée en vol et amerrissage forcé : <https://vimeo.com/476228671>

1. Le regard de l'ENAC ¹⁷

Les élèves pilotes à l'ENAC disposent d'EFB, ou sacoches de vol électroniques. Ces appareils permettent une meilleure gestion de la documentation et participent à l'amélioration de la sécurité en permettant l'accès rapide à des informations opérationnelles au sol, comme en vol.

« À l'ENAC nous avons environ 300 EFB en service pour les élèves et les instructeurs. Leur utilisation est intensive et les soumet à de nombreuses contraintes, physiques, thermiques, de cycles de charge et de décharge à un rythme soutenu. La question de leur vieillissement se pose. Même si jusqu'ici l'ENAC n'a

pas été confrontée à des situations critiques liées à cet appareil, la gestion des risques liés aux batteries au lithium est incontournable. Les procédures d'utilisation des EFB prévoient l'emballage thermique, et les check-listes conditionnelles associées.

Au-delà de l'aspect sécurité dans le cadre de l'exploitation au sein de l'ENAC, il s'agit de sensibiliser et préparer les élèves pilotes dès la formation initiale à leur exercice professionnel à venir. »



¹⁷ Emballage thermique d'un EFB à bord d'un avion léger - La conduite à tenir: <https://vimeo.com/481470625>



BATTERIES LITHIUM : ANTICIPER LE RISQUE DE FEU À BORD



SURTOUT SI ELLES SONT ENDOMMAGÉES
LES BATTERIES AU LITHIUM PEUVENT
PRENDRE FEU. AU MOINDRE DOUTE
AVERTISSEZ L'ÉQUIPAGE. NOUS DISPOSONS
DE GANTS IGNIFUGÈS ET D'UNE SACOCHE
DE CONFINEMENT.

OBLIGATION SELON EXPLOITANT

2. Le regard d'Héli-Union, un opérateur avec des procédures spécifiques liées à ses opérations ¹⁸

« Nous fournissons un service de transport de personnel sur plateformes pétrolières en mer. Il s'agit d'emmener une dizaine de travailleurs jusqu'à 400 km au large, sur des sites industriels à risques. Tout ce qui peut être anticipé doit l'être. L'un des risques identifiés, c'est le feu provenant d'une batterie au lithium. Nous prenons en compte ce risque à deux niveaux :

- Au niveau des passagers du fait de la multiplication des dispositifs alimentés par des batteries au lithium, comme les téléphones portables par exemple. Lors du briefing passager, avant tout vol, nous rappelons les consignes de transport de marchandises dangereuses. Seuls les petits dispositifs électroniques éteints et les batteries de rechange sont autorisés à bord.
- Au niveau des équipages, qui utilisent des tablettes tactiles pour leurs opérations.

Chaque personne à bord doit ainsi garder son petit dispositif électronique sur elle. Les regrouper serait un facteur de risque et de gravité supplémentaire.

Le risque ultime est l'emballlement thermique, avec feu ou explosion. Il faut savoir qu'un appareil endommagé ou dont la batterie a été changée présente un plus grand risque qu'un appareil d'origine en parfait état.

Avant le vol, nous rappelons la procédure d'utilisation de la sacoche de confinement, ce que l'on appelle les sacs anti-feu, à utiliser en cas d'emballlement thermique. Ce dispositif permet de contenir un feu éventuel. En cas d'échauffement d'un appareil électronique, le passager concerné informe l'équipage qui lui remet immédiatement la sacoche. Le passager s'équipe alors des gants ignifugés placés à l'intérieur et met l'appareil défectueux dans la sacoche. Il pose ensuite le sac au sol à distance mais toujours accessible. L'exploitation en équipage à deux garantit aux pilotes de pouvoir se répartir les tâches. Ils peuvent ainsi se consacrer au pilotage et à la procédure lithium. La procédure de gestion des batteries au lithium est détaillée dans le manuel d'exploitation d'Héli-Union et sur une fiche réalisée par le service des opérations. Elle est placée dans la cabine à la disposition des passagers.»



¹⁸ Les risques des batteries au lithium - Hélicoptères : <https://vimeo.com/474972023>



RECONNAÎTRE ET RÉAGIR EN SITUATION

► La parole aux acteurs aéronautiques

3. Le regard de la FFPLUM¹⁹

« Pour l'ULM le risque est réel, nous comptons environ cinq emballements thermiques de batteries au lithium par an. Il ne s'agit pas des batteries de dispositifs mobiles, mais des batteries de bord. Les batteries au lithium présentent beaucoup d'avantages, en particulier, elles sont légères. Les pilotes propriétaires sont donc très tentés par ce gain de poids qui peut aller jusqu'à 80% ! Parfois le changement de batterie se fait opportunément à l'occasion d'une panne, de manière un peu précipitée.

Un message important doit être passé : une batterie au lithium requiert un régulateur de charge spécifique (qui assure la qualité du courant produit par l'alternateur) et un BMS (*Battery Management System* qui assure la gestion de la batterie elle-même, en français carte d'équilibrage). Sans quoi, il y a un réel danger d'emballement thermique et d'incendie.

4. Le regard de la FFA²⁰

« Beaucoup de pilotes ont expérimenté en vol la surchauffe de leurs dispositifs personnels d'aide à la préparation du vol et de suivi de navigation. Ces dispositifs personnels, bien que non homologués comme moyen primaire de navigation, sont de plus en plus répandus parce qu'ils sont pratiques, utilisables de chez soi et qu'ils apportent un gain de sécurité s'ils sont bien maîtrisés. Or, c'est là le problème : si la surchauffe n'est pas maîtrisée, celle-ci peut conduire à un emballement thermique. La surchauffe est possible par température extérieure élevée, par l'ensoleillement ou par l'accumulation d'énergie produite par le dispositif en utilisation continue pour conserver la couverture réseau. En cas de surchauffe, ces dispositifs sont prévus de se mettre en protection en s'arrêtant de fonctionner. C'est déjà une situation très déstabilisante. Le pilote qui comptait sur ces informations pour se rassurer sur sa position dans des espaces aériens complexes se retrouve sans garde-fou, démuni. Je vous laisse imaginer, si malgré l'arrêt du système, l'emballement thermique survient et si l'appareil commence à fumer. Il faut donc absolument éviter d'exposer ces dispositifs à des températures élevées,

Par ailleurs, une batterie au lithium qui n'aurait été en charge, ne serait-ce qu'une fois, sur un chargeur incompatible, pourrait avoir été endommagée et présenter désormais un risque inacceptable. Elle ne serait plus utilisable.

Donc « batterie au lithium, oui ! Mais LiFePO4 (phosphate de fer la technologie la moins sensible à l'emballement), et avec régulateur adapté et BMS, immédiatement ».

Pour ce qui est des dispositifs nomades à batteries au lithium (tablettes, caméra, etc.), il faut réfléchir à ce qu'on ferait en cas d'emballement thermique en vol. Selon les machines, il n'est pas toujours possible de les passer par-dessus bord.

L'ouverture de porte en vol sur certaines machines risque de compromettre la navigabilité. C'est un danger en cas d'hélice propulsive, en cas de choc avec une gouverne, comme la profondeur, c'est un risque pour les tiers au sol, aussi. Autant de facteurs à prendre en compte. »

les positionner dans un endroit ventilé et ne pas les utiliser de manière continue.

L'autre risque, aussi important, d'emballement thermique vient d'un court-circuit lors de contraintes physiques, chocs ou déformations subis par les batteries. Cela s'est déjà vu avec des dispositifs électroniques coincés dans les mécanismes de réglage des sièges qu'on actionne pour les récupérer, et qui, à ce moment-là, s'embrasent.

Dernière précaution, ces appareils doivent rester au sec.

Toutes ces consignes sont valables pour les dispositifs des pilotes mais aussi pour ceux de nos passagers. Lorsqu'on embarque des passagers, il faut identifier ce qu'ils emmènent avec eux. Cela doit faire partie du briefing. Les appareils électroniques doivent impérativement rester accessibles, d'abord pour les surveiller, mais aussi tenus, de telle sorte qu'ils ne risquent pas de glisser au sol entre les sièges ou à proximité des commandes de vol.

¹⁹ Les risques des batteries au lithium - ULM : <https://vimeo.com/459306671>

²⁰ Les risques des batteries au lithium - Avions légers : <https://vimeo.com/478514110>

BATTERIES LITHIUM : ANTICIPER LE RISQUE DE FEU À BORD



MAYDAY ! MAYDAY ! MAYDAY !

JE REMPLACE MA BATTERIE AU PLOMB PAR UNE BATTERIE AU LITHIUM, C'EST PUISSANT ET ULTRA-LÉGER ! GÉNIAL NON !?

À CONDITION D'AVOIR INSTALLÉ UN RÉGULATEUR DE CHARGE COMPATIBLE !



Changement maîtrisé = Sécurité des vols préservée

Deymo



Dispositif chargé,.....☒

bien ventilé,.....☒

chargeur conforme,.....☒

Protégé du soleil,.....☒

et de l'écrasement☒

passagers informés,.....☒

utilisation secondaire.....☒

Deymo

LES AXES D'AMÉLIORATIONS ET LES ACTIONS ENVISAGÉES

► L'information du public et des passagers

1. Airbag

La DGAC a identifié le besoin de rendre accessibles les dispositions de la réglementation au travers d'un vecteur simple d'utilisation, l'information du public étant une composante essentielle de la sécurité.

C'est pourquoi elle a développé dès 2018 l'application Airbag.²¹

Celle-ci présente les interdictions et limitations découlant des réglementations sécurité (marchandises dangereuses) et sûreté, applicables au départ de France. La DGAC a fait le choix d'intégrer dans une même application les deux sources réglementaires afin de simplifier l'information fournie aux utilisateurs.

L'application ne se substitue pas toutefois à l'information que doivent délivrer réglementairement les exploitants aériens à leurs passagers et, avant d'entreprendre un voyage et de préparer un bagage, il s'avère nécessaire de prendre connaissance des dispositions propres aux exploitants aériens, celles-ci pouvant être parfois plus restrictives que la réglementation elle-même.

Si le choix d'un accès en ligne a été fait par la DGAC, c'est pour mettre à disposition du public une information actualisée, tenant compte des évolutions réglementaires et du retour d'expérience (incidents, questions, mots recherchés non encore référencés dans l'application) sans avoir à télécharger des mises à jour.



La DGAC a aussi opté pour une recherche suivant plusieurs modalités :

- recherche « texte » en tapant le nom de l'article
- recherche visuelle par pictogrammes
- recherche via un glossaire donnant accès à une information présentée de manière simple :
 - une visualisation rapide de l'interdiction ou de la restriction pour ce qui concerne le bagage cabine ou le bagage soute (**rouge** = emport interdit, **orange** = emport avec limitations, **vert** = emport sans restriction)
 - l'énoncé des restrictions éventuelles



²¹ <https://airbag.aviation-civile.gouv.fr>

<https://www.ecologie.gouv.fr/articles-reglementes-ou-interdits-en-avion-et-en-helicoptere>



2. Le relais d'autres acteurs

Au-delà des actions d'information mises en œuvre par la DGAC, par les exploitants aériens et par les exploitants d'aéroports, d'autres acteurs peuvent jouer un rôle important dans l'information du public. Les fédérations de professionnels du commerce et de la vente à distance peuvent être des relais efficaces, que ce soit auprès des sociétés adhérentes ou de leurs clients. Des contacts ont d'ores et déjà été pris.

Les associations de consommateurs peuvent également participer à une sensibilisation du public sur les modalités de transport ou d'expédition des batteries au lithium et des appareils alimentés par ces batteries.

Les agences de voyage sont aussi des relais intéressants auprès des futurs passagers aériens en leur fournissant une information très en amont.

Les démarches entreprises auprès de l'association Recharge, regroupant les fabricants de batteries rechargeables, pourront être poursuivies.

Une action auprès de ces différents acteurs devra être menée en valorisant des supports d'information comme Airbag ou des notices synthétiques.²²



²² https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/notice_information_piles_batteries_lithium.pdf

► Expérimentation d'équipements disponibles sur le marché

Pour répondre aux risques d'emballement thermique des batteries au lithium, des sociétés proposent des solutions censées permettre aux personnels navigants de traiter en sécurité ce type d'incidents. Les gaz, les fumées toxiques ou le feu sont les principaux dangers auxquels les personnels navigants de cabine et technique doivent pouvoir faire face.

Destinés à un usage aéronautique ou simple accessoire pour appareil de loisirs, ces dispositifs promettent un confinement de l'incendie de la batterie au lithium, et pour certains, l'atténuation, le filtrage voire le confinement total des gaz et fumées émis.

Exemples de pochettes pour tablettes ou smartphone pouvant être utilisées par un pilote d'aviation légère. Contenir les effets d'un emballement pourrait permettre de gagner quelques minutes pour gérer un déroutement ou un atterrissage d'urgence.



L'absence de protocoles de tests ou d'approbation/certification pour ces nouveaux kits de confinement et la très grande variabilité des prix de ces dispositifs rendent difficile le choix pour leurs acheteurs et leurs utilisateurs.

Le symposium est l'occasion de formaliser ce besoin de définir des exigences :

- Performance à la tenue au feu ;
- Capacité à contenir des gaz ou des fumées toxiques ;
- Ergonomie tenant compte de l'environnement opérationnel : taille du cockpit, de la cabine, du nombre de PNT PNC, etc.
- Adéquation avec les procédures de traitement d'un feu de batterie.

Il est envisagé de poursuivre les expérimentations en étendant le périmètre d'étude à la toxicité des gaz et à l'efficacité des extincteurs, avec la participation éventuelle d'autres organismes.

Sur le plan international, il conviendrait que les exploitants aériens, les constructeurs et les autorités coopèrent pour développer des normes communes et poursuivent leurs travaux d'amélioration des procédures de traitement des feux. Le développement de normes pour les sacs de confinements, voire leur certification, serait probablement une avancée intéressante.

Exemple d'un kit plus complet comprenant une couverture anti-feu, des gants, un dispositif de filtrage et de confinement des fumées toxiques, une sacoche en matériau ignifugé.





► La détection des batteries au lithium par les équipements de sûreté dans les bagages soute et le fret aérien

1. Principe de détection

En France, l'inspection filtrage des bagages de soute et du fret aérien est réalisée avec des équipements utilisant la technologie à rayons X : détection automatique d'explosifs (EDS) et imagerie radioscopique (RX).

Les progrès technologiques réalisés par les constructeurs d'équipements de sûreté offrent une opportunité de développement de solutions spécifiques de détection automatique de certaines marchandises dangereuses. C'est le cas notamment pour les batteries au lithium.

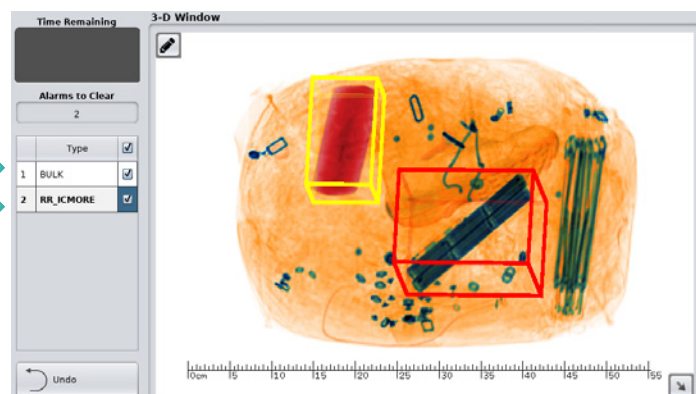
En l'état actuel de nos connaissances, les logiciels permettent de détecter deux catégories de batteries : les cylindriques (piles au lithium, batteries d'ordinateurs portables) et les plates (batteries de smartphones, de tablettes).

Pour prendre en compte la détection automatique des batteries au lithium par les équipements de sûreté (RX et EDS), les industriels ont ainsi développé deux approches de détection :

- Une approche fondée sur l'utilisation d'algorithmes d'intelligence artificielle pour la reconnaissance d'images ;

Menace explosive

Batterie au lithium



Adaptation de l'interface homme-machine pour inclure les alarmes sur les batteries au lithium.

- Une approche fondée sur la mesure des caractéristiques intrinsèques des matériaux, à savoir :

- La densité et le numéro atomique effectif
- La texture des objets
- La forme et la géométrie des objets.

La première approche est principalement utilisée comme aide à la décision pour la détection des batteries au lithium. L'opérateur qui utilise des équipements d'imagerie radioscopique visualise à l'écran des informations nécessaires à sa prise de décision.

La seconde approche permet la détection automatique des batteries au lithium par les équipements de détection automatique d'explosifs de type tomographie. Pour répondre aux besoins des expressistes, des constructeurs d'équipements

de détection d'explosifs (EDS) ont développé des algorithmes à la fois pour la détection des batteries au lithium dans les bagages de soute et dans le fret aérien. Ces algorithmes fonctionnent de manière complètement indépendante de ceux utilisés pour la détection d'explosifs. À titre d'exemple, en cas de détection d'une batterie au lithium, un message d'alerte apparaît sur l'écran de visualisation comme indiqué sur la figure suivante. Sur un même écran sont affichées les alertes pour les explosifs et pour les batteries au lithium. Les objets détectés sont encadrés pour être facilement identifiés.

En milieu opérationnel, la différenciation entre les alarmes explosives et celles induites par les batteries au lithium permettra d'adapter les mesures de levée de doute dans le système d'inspection filtrage des bagages de soute ou du fret aérien.

2. Mesure de la performance des algorithmes de détection des batteries au lithium

Pour mesurer le degré de maturité des algorithmes de détection des batteries au lithium, le Service Technique de l'Aviation Civile (STAC) a réalisé une campagne d'essais d'une durée de trois mois en laboratoire avec diverses batteries au lithium et en prenant en compte plusieurs facteurs pouvant influencer la détection (le type de batteries au lithium, la position des batteries au lithium dans les bagages, l'orientation des batteries au lithium dans les bagages et la complexité des bagages, batteries seules et batteries contenues dans un appareil). Cette évaluation a été réalisée sur un équipement de détection d'explosifs de norme 3.

Les performances obtenues en laboratoire avec des batteries au lithium dissociées de leurs appareils électroniques sont très bonnes. Ainsi, pour certaines catégories de batteries au lithium, le taux de détection est proche de 100%. Par ailleurs, l'algorithme de détection des batteries au lithium testé présente l'avantage d'avoir une bonne discrimination entre les batteries au lithium et les autres modèles de batteries (batteries au plomb et piles alcalines). Ce constat s'est traduit par un taux de fausses alarmes très bas.

Pour étudier l'intégration de ce type de logiciels dans la chaîne de sûreté, le STAC prévoit d'expérimenter ce logiciel en milieu opérationnel. Les objectifs de cette expérimentation sont multiples :

- La définition de l'architecture de remontée des alarmes induites par les batteries au lithium ;
- La définition d'un processus de levée de doute des alarmes ;
- L'estimation plus fine du taux de fausses alarmes opérationnel du logiciel de détection des batteries au lithium ;
- La prise en compte de la détection des batteries au lithium dans le dimensionnement des systèmes d'inspection filtrage.

En parallèle à cette évaluation en milieu opérationnel, le STAC poursuit les évaluations sur d'autres modèles d'équipements tout en réfléchissant à des procédures d'exploitation adaptées à la nature des contenants inspectés (bagages de soute, courrier et colis postaux).

En conclusion, les évaluations réalisées ont permis d'identifier des équipements à fort potentiel pour la détection de batteries au lithium.

Toutefois, il faudra encore avant d'envisager une mise en œuvre opérationnelle :

- S'assurer de la robustesse des algorithmes en milieu opérationnel ;
- Vérifier que les objectifs de sûreté (détection d'explosifs) et de sécurité (détection de batteries au lithium) sont conciliables ;
- Définir les seuils d'acceptation/ de rejet ;
- Évaluer les impacts en termes d'organisation, de procédures, de financement et de formation des opérateurs.

Ces travaux restent à mener.

L'apparition de nouvelles technologies de batteries (batteries au sodium par exemple qui font appel à un matériau abondant et bien moins cher que le lithium) conduira probablement le STAC à étendre encore ses travaux.



CONCLUSION

Les travaux préparatoires au symposium ont montré que les risques associés aux batteries au lithium sont bien identifiés et que les réglementations existantes sont adaptées pour gérer ces risques. Néanmoins certaines barrières pourraient être renforcées ou complétées et les deux axes de ce symposium n'en sont que plus importants :

- **Prévenir et se préparer** : l'ensemble des acteurs doit être sensibilisé aux risques et au respect des procédures afin de maintenir les barrières de prévention. Usagers et professionnels, tout le monde est acteur et responsable de la sécurité.

De la confection des bagages en passant par la préparation de colis ou de produits envoyés par fret, le respect de la réglementation et des consignes des exploitants aériens ainsi que la conscience de la responsabilité constituent des éléments clefs de la sécurité ;

- **Reconnaître et réagir en situation** : en cas de survenue de cet événement indésirable, des barrières de récupération existent et doivent permettre d'éviter l'événement ultime et l'accident.

La présence de feu et/ou de fumée dans un environnement aussi confiné qu'un aéronef est stressante. Ces événements peuvent encore

amplifier la déstabilisation et la désorganisation des réponses. L'application de procédures claires et pour lesquelles les acteurs ont été entraînés permet d'apporter une réponse efficace et rapide.

Les participants aux réflexions en amont du symposium ont aussi défini un outil pouvant être utilisé pour l'ensemble des événements se déroulant soit en cabine soit en cockpit : le P.E.T.S. Cet outil permettant de séquencer les actions de traitement d'un emballement thermique des batteries au lithium et les vidéos associées montrant son utilisation dans certaines configurations spécifiques sont des éléments pouvant être réutilisés au cours de formations ou de maintien de compétence notamment. Ils permettent en cas de situation réelle d'emballement thermique d'avoir une réponse structurée et efficace.

Chaque exploitant aérien ou pilote d'aviation générale doit être ainsi conscient de ces risques, y être préparé et savoir réagir en cas d'un emballement thermique.

Par ailleurs, des axes d'amélioration ont été identifiés au cours des travaux préparatoires de ce symposium et il conviendra de continuer à travailler sur ces axes. Ils permettront de rajouter des barrières supplémentaires et ainsi de diminuer les risques liés aux batteries au lithium.



REMERCIEMENTS

Dany Athanase, DSAC | Mireille Bonnefils-Gicquel, ASL Airlines | Arnaud Bordes, Ineris | Michel Boudebza, ADP | Chahid Boutayebi, Smiths Detection | Adrien Bouvier, DSAC | Romain Buffry, STAC | Bruno Caillaud, Héli-Union | Vincent Chaumeton, ENAC | Philippe Gillet, Air Formation | Eric Chevallier, Rapsan | Thierry Delbaere, Ineris | Philippe Fort, La Poste | Stéphane Fossé, La Poste | Guillaume Gaultier, Héli-Union | Marine Geslain, ASL Airlines | Jean-Christophe Gibert, FFPLUM | Emmanuel Godier | Kristof Huchet, FFPLUM | Pierre Jacquemin, ASL Airlines | Charles Jacquet, OCV | Laurent Kerbrat, FFPLUM | Jérôme Lesage, Ineris | Alexandra Lesort-Pajot, DSAC | Joël Martin, Héli-Union | Christophe Montillet, STAC | Laurent Osty, STAC | Didier Parent, FFA | Gabriel Péquignot, Smiths Detection | Johan Piercecchi, Air Corsica | Yannick Pouzoulet, French bee | Thierry Pradet, ASL Airlines | Olivier Sciara, UAF | Dominique Simon, RSA | Carole Stempelet, ASL Airlines | Pascal Tatin, DSAC | Éric Terrien, DSAC | Anne-Sophie Trcera, FNAUT | Laurent Vallier, Air Formation | Claude Valot | Chloé Van Vooren, Héli-Union

RÉFÉRENCES

Page internet des Symposium DSAC :

<https://www.ecologie.gouv.fr/symposium-securite>

Abonnez-vous aux publications de la DSAC :

<http://eepurl.com/gKuamX>

- Rapport GCAA UAE : [Uncontained Cargo Fire Leading to Loss of Control Inflight and Uncontrolled Descent Into Terrain](#)
- Rapport ARAIB (Aircraft and Railway Accident Investigation Board) Republic of Korea : [Crash Into The Sea After An In-Flight Fire](#)
- Rapport BEA : [Feu en cabine en croisière](#)
- Rapports ATSB : [Personal electronic device fire in-flight involving Boeing 747, VH-OJS](#)
[Smoke event involving Airbus A380, VH-OQD](#)
- Rapport AAIB : [Thermal runaway failure of the lithium manganese dioxide battery in the ELT](#)
- Liste FAA "EVENTS WITH SMOKE, FIRE, EXTREME HEAT OR EXPLOSION INVOLVING LITHIUM BATTERIES"
- FAA, Information for Operators 17021, Risks Associated with the use of Fire Containment Products
- OACI, Annexe 18 à la Convention de Chicago, Sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses
- OACI, Doc 9284, Instructions techniques pour la sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses
- Règlement (UE) n°376/2014 du Parlement européen et du Conseil du 3 avril 2014 concernant les comptes rendus, l'analyse et le suivi d'événements dans l'aviation civile
- Application AIRBAG, Articles Interdits ou Réglementés dans les BAGages
- La Poste, Document expliquant les restrictions pour les envois de batteries au lithium
- Page internet du site du ministère de la Transition écologique relative aux facteurs humains
- Info sécurité DGAC 2020/01 – Threat and Error Management (TEM)
- Guide DSAC – Traitement feu batterie au lithium en poste de pilotage
- OACI, Doc 9481 AN/928, Eléments indicatifs sur les interventions d'urgence en cas d'incidents d'aviation concernant des marchandises dangereuses
- Le portail sécurité de l'aviation légère
- Page internet du site du ministère de la Transition écologique relative aux Articles réglementés ou interdits en avion et en hélicoptère

Directeur de la publication : Patrick Cipriani, directeur de la sécurité de l'aviation civile

Communication et relations publiques DSAC : Sylvain de Buyser

Rédaction et coordination : Jean-Marcel Dauphant, Antony Delclos, Alain Jamet, André Vernay, Éric Videau

Illustrations : René Deymonaz, @upklyak (Freepik) page 4, @vectorpouch (Freepik) pages 12, 13 et 20, Léna Téclès page 11, @brgfx (Freepik) page 37

Photos : Edgar Su (Reuters) page 6, DGA page 9, Unsplash page 15, 22, 24, 27, 28 et 38, La Poste page 21, Pexels page 33, STAC page 39, Smiths Detection page 42

Conception et réalisation : Léna Téclès

Novembre 2020

