



APL

EXPERT EN DATA CENTERS

GESTION DES RISQUES D'INCENDIE LIÉS AUX BATTERIES LITHIUM-ION DANS LES DATA CENTERS

RETOURS D'EXPÉRIENCE
ET BONNES PRATIQUES
DE PRÉVENTION

LIVRE BLANC

REMERCIEMENTS

Nous souhaiterions remercier tous les acteurs et les personnes qui ont contribué à ce livre blanc :

- **APL Data Center** représentée par Georges Ouffoué, Jean-Philippe Akpoué, Mohamad El Kadri, Christophe Weiss, Thomas Martin, Anthony Pottier, Romain Besly-Guillotteau, Adrien Pellicciari
- **BCFI** représentée par Benjamin Cherdrong
- **HUAWEI Digital Power France** représentée par Julien Paynel
- **Exide Technologies** représentée par Jean-Claude Sabetta, Jean-Michel Keloumgian



GLOSSAIRE

Sigle et paramètres	Définition
BESS	Battery Energy Storage System
BMS	Battery Management System
DGSCGC	Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises
DGPR	Direction Générale de la Prévention des Risques
ECS	Équipement de Contrôle et de Signalisation
EPC	Engineering, Procurement and Construction)
EPI	Équipement de Protection Individuelle
ESS	Energy Storage Systems
FM Global	Factory Mutual Insurance Company
GTB	Gestion Technique de Bâtiment
GTC	Gestion Technique Centralisée
ICPE	Installations Classées Pour la Protection de l'Environnement
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
LFL	Limite Inférieure d'Inflammabilité
LFP	Lithium Fer Phosphate
NFPA	National Fire Protection Association
NMC	Lithium oxyde de nickel, de manganèse, de cobalt
SMSI	Système de Mise en Sécurité Incendie
SSI	Système de Sécurité Incendie
TCO	Total Cost of Ownership
UL	Underwriters Laboratories
UPS ASI	Uninterruptible Power Supply
VLRA	Valve Regulated Lead-Acid



PRÉFACE

Les data centers, infrastructures essentielles au fonctionnement des services numériques, doivent être alimentés constamment en électricité pour assurer la continuité de ces services. Pour répondre à cet enjeu de disponibilité électrique, les secours électriques sont indispensables. Ils permettent en effet de pallier la rupture éventuelle du réseau de distribution principal.

Parmi les solutions les plus plébiscitées, les batteries lithium-ion (Li-ion) se distinguent par leur haute densité énergétique et leur longévité et commencent à prendre peu à peu le pas sur les traditionnelles batteries au plomb, notamment les VRLA. Pourtant, si cette technologie apporte des bénéfices indéniables, elle n'est pas sans risque.

Les incendies liés aux batteries ont toujours été une préoccupation pour les exploitants de data centers. Mais les récents incidents en France et ailleurs ont mis en lumière que les feux de batteries lithium-ion sont bien plus difficiles à maîtriser que ceux des batteries au plomb. Leur extinction demande des interventions rapides et requiert une expertise particulière, et soulève par conséquent de nouveaux défis pour les exploitants de data centers.

Par ailleurs, si des standards et des arrêtés (ICPE 2925-2 par exemple) ont vu le jour, il n'existe pas à notre connaissance de guide complet permettant aux acteurs de la filière data center d'anticiper et de se prémunir contre ces types d'incendies.



Ce livre blanc a un double objectif : partager des retours d'expérience concrets et offrir une synthèse des meilleures pratiques actuelles. Il est composé de trois parties :

- Comprendre et maîtriser les risques d'incendie liés aux batteries lithium-ion ;
- Déployer des systèmes de détection et d'extinction adaptés ;
- Établir un protocole efficace pour gérer les sinistres.

Il est destiné notamment aux :

- Bureaux d'étude spécialisés dans le design d'infrastructures,
- Opérateurs de data centers, garants de la disponibilité des services,
- Intégrateurs de solutions énergétiques,
- Responsables techniques en charge de la maintenance et de la sécurité.



POINTS CLÉS À RETENIR

- Une batterie lithium-ion est un type de batterie rechargeable qui utilise les ions de Lithium comme matériau actif pour stocker et fournir de l'énergie électrique.
- L'usage des batteries lithium-ion est en croissance : 15% du parc de batteries dans les data centers était constitué de batteries au Lithium en 2020 contre près de 40 % aujourd'hui selon les prévisions¹.
- Les batteries lithium-ion sont une alternative intéressante aux batteries plomb car elles apportent des avantages en termes de densité, de réduction du poids et de la surface au sol.
- Dans les conditions normales d'utilisation, les batteries au lithium, aussi bien que celles au plomb, présentent des risques minimes. Toutefois, **le feu de batterie lithium-ion est bien plus complexe à éteindre et les conséquences peuvent être plus graves. Il faut donc intervenir rapidement tout en maîtrisant les spécificités de ces batteries.**
- Les incendies liés aux batteries lithium-ion sont davantage dus aux conditions externes (chocs, charges et décharges inadéquats, conditions de température et d'hygrométrie, etc.) qu'au matériel (défauts de conception).
- Les principales chimies utilisées dans la filière sont les NMC (**Lithium oxyde de nickel, de manganèse, de cobalt**) et LFP (**Lithium Fer Phosphate**) et le choix d'une ou l'autre de ces chimies a une incidence sur les moyens de détection des incendies.
- Il faudrait adopter une démarche d'analyse de risque et de vulnérabilité en fonction de ces chimies, afin de maîtriser les risques et mettre en œuvre les protections adaptées.

¹ Analysis of Lithium Ion Battery in Data Centres. 2021. Frost & Sullivan.



- Les mesures de protection et d'extinction dépendent du type de batterie, impliquent de les séparer et de les confiner par rapport aux autres installations, de mettre en œuvre des systèmes de détection, de surveillance et de prévention adaptés et finalement de réaliser une exploitation conforme aux exigences des constructeurs.
- Il est important d'anticiper la gestion d'urgence et de crise pour apporter une réponse adaptée au sinistre.



SOMMAIRE

I.	DE QUOI PARLE-T-ON ?	P. 9
I.1	Batteries lithium-ion : principe de fonctionnement	P. 9
I.2	Caractéristiques	P. 9
I.3	Une technologie, plusieurs chimies !	P. 10
II.	QU'EST-CE QUI FAIT QU'UNE BATTERIE AU LITHIUM PEUT PRENDRE FEU ?	P. 12
II.1	Préambule	P. 12
II.2	Quelles sont les causes qui font qu' une armoire batterie peut prendre feu ?	P. 12
III.	EVITER LE DÉPART D'INCENDIE	P. 16
III.1	La réglementation sur les batteries lithium-ion	P. 16
III.2	Bonnes pratiques à mettre en place lors de la conception, la construction et l'urbanisation des centres de données	P. 17
III.3	Bonnes pratiques d'exploitation et de maintenance des centres de données	P. 28
III.4	Risque des batteries lithium-ion et assurances	P. 32
IV.	ACTIONS EN CAS D'INCENDIE	P. 34
IV.1	Refroidissement	P. 34
IV.2	Etouffement – isolement	P. 35
IV.3	Séparation	P. 36
IV.4	Inhibition	P. 36
IV.5	Gestion des fumées	P. 37
IV.6	Actions post incendie	P. 37
V.	CONCLUSION	P. 39
VI.	SOURCES	P. 40
VII.	ANNEXES	P. 45
VII.1	Comparaison batterie plomb / batterie lithium-ion	P. 45
VII.2	Normes et standards applicables	P. 46



I. DE QUOI PARLE-T-ON ?

Historiquement, les systèmes d'alimentation sans interruption (UPS) des data centers étaient alimentés par des batteries à régulation par soupape au plomb-acide (VRLA). Comme pour les matériels grand public ou industriels, ces dernières années, les batteries au lithium-ion sont de plus en plus utilisées dans les data centers. Ainsi, 15 % du parc de batteries dans les data centers était constitué de batteries au Lithium en 2020 contre 40 % aujourd'hui selon les prévisions. Comment fonctionnent les batteries Lithium-ion ?

I.1. Batteries lithium-ion : principe de fonctionnement

Une batterie lithium-ion est une batterie rechargeable utilisant le lithium pour stocker et fournir de l'énergie électrique. Elle transforme l'énergie chimique en énergie électrique par l'interaction de trois composants principaux : la cathode en lithium-cobalt (LiCoO₂), l'anode en graphite, et un électrolyte conducteur d'ions. Les électrons produits par l'oxydation à l'anode sont absorbés par la cathode via la réduction, générant ainsi un courant électrique.

I.2. Caractéristiques

Les batteries lithium-ion possèdent les caractéristiques² clés suivantes :

- **Densité énergétique élevée** : elles ont une densité énergétique élevée, ce qui signifie qu'elles peuvent stocker une grande quantité d'énergie par unité de volume ou de poids, les rendant très efficaces en termes de stockage d'énergie (jusqu'à 500 Wh/Kg³⁴⁵).
- **Rechargeable** : elles sont rechargeables, et peuvent donc être utilisées longtemps. Elles sont par ailleurs cinq fois plus rapide en chargement.

2 <https://www.securipro.eu/blog/securite/les-risques-incendie-des-batteries-lithium/>

3 <https://www.developpez.com/actu/343820/CATL-le-plus-grand-fabricant-de-batteries-fait-une-percee-majeure-dans-la-densite-energetique-des-batteries-qui-atteindrait-maintenant-les-500-Wh-kg-CATL-compte-entamer-leur-production-cette-annee/>

4 <https://blog.enconnex.com/comparing-lithium-ion-batteries-to-lead-acid>

5 <https://lohum.com/media/blog/evolution-of-batteries-lithium-ion-vs-lead-acid/>



- **Longue durée de vie** : bien entretenues, elles peuvent avoir une durée de vie utile de plusieurs années (jusqu'à 20 ans⁶).

1.3. Une technologie, plusieurs chimies !

Bien qu'il existe plusieurs chimies, deux chimies sont particulièrement utilisées dans les data centers :

1. **LFP** : excellente en termes de sécurité et de durée de vie, pour un coût raisonnable. Toutefois, elle a une énergie spécifique et une performance plus faible, ce qui peut limiter son utilisation dans des applications nécessitant une haute densité énergétique.
2. **NMC** : offre un équilibre entre tous les critères avec une bonne performance, une bonne énergie spécifique, une sécurité raisonnable, un coût modéré et une durée de vie et une puissance spécifique acceptables.

Bien que la chimie la plus utilisée pour le stockage d'énergie en datacenter soit actuellement toujours le NMC, nous notons un essor rapide de la technologie LFP. C'est le cas du marché des systèmes de stockage d'énergie par batterie (BESS, stockage de l'énergie pour une utilisation ultérieure pendant une période critique et pour offrir la flexibilité réseau), qui se tourne également vers cette chimie principalement pour sa grande stabilité thermique et le fait d'être dépourvue de cobalt.

⁶ <https://www.mitsubishicritical.com/uninterruptible-power-supplies/battery-and-dc-technologies/lithium-ion-vs-vrta/>



Cas pratique basé sur un projet nécessitant une puissance informatique (IT) de 1330 kW pour une autonomie de 5 minutes en fin de vie. Trois solutions sont évaluées : batteries au plomb calcium, au plomb pur, et au lithium-ion LFP (voir section VII.1).

Technologie	Niveaux (armoires)	Rangées	Poids total (tonnes)	Surface occupée (m ²)	Charge projetée sol (kg/m ²)	Type de batterie
Plomb calcium	7	4	15,010	5,16	2 908	105 Ah
Plomb pur	6	4	13,200	5,16	2 557	92 Ah
Lithium-ion LFP	4,5	-	5,15	2,55	2 019	-

On constate un gain de 65 % en poids par rapport à du plomb calcium. Qu'en est-il des risques incendie ?



II. QU'EST CE QUI FAIT QU'UNE BATTERIE AU LITHIUM PEUT PRENDRE FEU ?

II.1. Préambule

Si le feu de batterie plomb-acide est plus facile à gérer, mais nécessite de faire attention aux projections d'acide et aux gaz explosifs, le feu de batterie lithium-ion est quant à lui bien plus complexe à éteindre et demande une intervention rapide.

En effet, l'énergie des batteries lithium-ion est beaucoup plus forte en raison de leur densité, ce qui entraîne une montée en température plus rapide en cas de dysfonctionnement. Une fois que l'échauffement ou **emballement thermique** est initié, la réaction en chaîne des cellules peut transformer un échauffement localisé en une propagation rapide de la chaleur affectant plusieurs cellules.

Cette propagation dégrade les matériaux et produit des gaz qui, sous l'effet de l'énergie accumulée, s'enflamment à leur tour, augmentant ainsi le risque d'incendie des accumulateurs dans les data centers.

Ainsi la survenue d'un incendie dans les centres de données dépend de plusieurs facteurs : **une cause résultant d'un dysfonctionnement qui va entraîner un emballement thermique qui lui à son tour, s'il n'est pas contenu, va occasionner le départ de feu et sa propagation éventuelle.**

II.2. Quelles sont les causes qui font qu'une armoire batterie peut prendre feu⁷⁸ ?

II.2.1. Conception et contrôle de la production

7 <https://www.badina-incendie.fr/blog/batteries-au-lithium-risques-dincendie-securite-prevention-dangers/>

8 <https://www.securipro.eu/blog/securite/les-risques-incendie-des-batteries-lithium/>



Les standards tels que l'**UL 1741**⁹ et l'**UL 9540**¹⁰ permettent de garantir que sous certaines conditions, l'échauffement d'une cellule n'entraîne pas la propagation de la chaleur aux cellules voisines. Les tests sont effectués au niveau de la cellule, du module et du pack. Ces tests sont conduits sur un échantillon représentatif des produits car il est impossible de valider toutes les cellules et pack de batterie. Ainsi l'applicabilité des standards est une base mais le risque n'est pas maîtrisé à 100%.

Par ailleurs, les défauts de structure cellulaire et la contamination par des impuretés qui sont des événements rares, peuvent considérablement affaiblir la capacité et la durabilité de la batterie.

Le BMS est conçu pour surveiller en temps réel la température de la batterie et prévenir les situations critiques. Ces défaillances mécaniques, s'il y en a, peuvent passer inaperçues et ne pas être signalées par le BMS. Ce qui expose la batterie à des risques accrus de surchauffe ou d'incendie.

11.2.2. Exploitation et stockage inadéquats

Plusieurs conditions (non exhaustives) peuvent entraîner un dysfonctionnement des batteries :

- **Mauvais câblage des connexions** : ils peuvent augmenter la résistance de contact, ce qui équivaut à une augmentation de la résistance interne de la batterie et par suite à une augmentation de sa température. Ce phénomène peut donc entraîner des courts-circuits externes et internes et mettre la batterie dans le risque de l'emballement thermique.
- **Les vibrations** : elles peuvent également provoquer des pertes des connexions aux cellules de la batterie et aux capteurs, ce qui entraîne des anomalies de lecture des données de l'état de la batterie.

9 https://www.shopulstandards.com/ProductDetail.aspx?productId=UL1741_3_S_20210928

10 <https://www.ul.com/services/ul-9540a-test-method>

Le standard **UL 9540** établit des exigences de sécurité pour les systèmes de stockage d'énergie (ESS) et leurs composants, en se concentrant sur la construction et les tests pour garantir un fonctionnement sûr sous des conditions normales et de panne. Cela est essentiel pour que les centres de données maintiennent des solutions de stockage d'énergie fiables et conformes à des normes de sécurité strictes.

Le standard **UL 9540A (2019)** fournit une méthode de test pour évaluer la propagation du feu et l'emballement thermique dans les ESS, ce qui aide les centres de données à évaluer et à atténuer les risques d'incendie provenant des systèmes de batteries.



Cela provoque également une augmentation de la température qui ont pour conséquence de créer des courts-circuits externes.

- **Mauvais stockage :** le stockage des batteries dans un milieu confiné, proche ou en dessous d'espaces avec des risques de fuite d'eau, tels que les réservoirs d'eau, les tours hydrauliques, et points d'eau, où la dissipation de la chaleur est limitée, peut accélérer les réactions chimiques à l'intérieur de la batterie. Ces dernières entraînent une augmentation de la pression interne et augmentent le risque d'emballlement thermique ou d'explosion.
- **Gestion de la charge :** lors de la charge, les ions lithium se déplacent entre la cathode et l'anode, entraînant une libération d'énergie. Plus l'état de charge de la batterie est élevé, plus sa susceptibilité à réagir et les effets produits seront importants . Une surcharge peut provoquer une combustion due à l'augmentation de la température, et donc un incendie.
- **Gestion de la décharge :** en cas de décharge profonde, les batteries lithium-ion peuvent subir des réactions chimiques déséquilibrées qui créent des courts-circuits internes. Ces derniers augmentent la température des cellules, déclenchant ainsi un échauffement ou un emballlement thermique.
- **L'énergie totale stockée :** plus l'énergie stockée est importante, plus les effets en cas d'incendie/explosion seront potentiellement importants.
- **Exposition à des sources de chaleur extrêmes :** l'exposition à la lumière directe du soleil ou à des sources de chaleur peut augmenter la température de la batterie, et l'échauffement de l'électrolyte, ce qui peut déclencher un emballlement thermique.
- **Les défaillances du système de climatisation :** les systèmes de climatisation défaillants peuvent créer des conditions difficiles comme des variations de température et une humidité élevée, entraînant de la condensation et des courts-circuits dans les batteries. Cela dégrade l'isolation électrique à l'intérieur des modules, et peut provoquer des incendies.
- **Vieillessement normal :** Avec le temps, les batteries perdent leur capacité et leur efficacité. Le vieillissement peut entraîner une accumulation de chaleur excessive pendant le fonctionnement normal ou lors du chargement, augmentant ainsi le risque d'incendie.



Une gestion adéquate de la charge et de la décharge peut atténuer ces effets, mais les défis restent nombreux.

II.2.3. Causes inconnues

Dans certains cas, les conditions qui déclenchent l'emballement thermique ne sont pas connues. De plus, l'emballement thermique peut se produire de manière spontanée, même en l'absence d'abus ou de conditions environnementales inappropriées.

Après avoir compris le fonctionnement des batteries lithium-ion et le mécanisme de propagation des incendies, comment éviter les départs d'incendie ou en maîtriser les conséquences ?



III. EVITER LE DÉPART D'INCENDIE

III.1. La réglementation sur les batteries lithium-ion

III.1.1. Les standards en vigueur en France

L'arrêté **ICPE 2925**¹¹, appliqué en France depuis les années 2000, prend en compte les batteries électriques, dans la catégorie des accumulateurs électriques ne produisant pas d'hydrogène.

Cependant, avec le déploiement croissant des batteries lithium-ion, qui ne dégagent pas d'hydrogène mais présentent d'autres risques, cette réglementation ne couvre pas entièrement les spécificités de ces dernières.

Par ailleurs, il est intéressant de noter qu'en raison de la recrudescence des sinistres et des incendies et de la difficulté pour les services de secours à identifier le type de batterie sur lequel ils interviennent, les autorités ont commencé à intégrer le risque lié aux batteries lithium-ion. À La Réunion et en Charente-Maritime, des arrêtés en réponse à ces sinistres (**ICPE 2925-2**¹²) s'appliquent aux locaux qui stockent les batteries lithium-ion **en extérieur**. Cette réglementation récente reste une référence pour l'évolution globale des textes.

Par ailleurs la norme **IEC 62485-5** fournit des directives sur les exigences de sécurité pour les systèmes de batteries stationnaires, y compris les aspects liés à la ventilation. Cette norme aide à assurer que les systèmes de batteries sont conçus et installés de manière sécurisée, minimisant ainsi les risques d'incendie et d'explosion.

Le risque lithium nécessite une législation spécifique adaptée. Un projet d'arrêté généralisé est en cours d'élaboration par la Direction générale de la prévention des risques (DGPR)¹³ et pourrait voir le jour d'ici un ou deux ans.

Par ailleurs, d'autres référentiels existent pour garantir la sécurité et l'efficacité des centres de données intégrant des systèmes de stockage d'énergie (ESS). Ces référentiels ne sont pas encore reconnus en France mais permettent de mettre en œuvre des bonnes pratiques complémentaires qui ne sont pas en

11 <https://aida.ineris.fr/reglementation/2925-ateliers-charge-daccumulateurs-electriques>

12 <https://www.charente-maritime.gouv.fr/contenu/telechargement/69624/499231/file/AP%20prescriptions%20-%20rubriques%202925-2.pdf>

13 <https://www.ecologie.gouv.fr/direction-generale-prevention-risques-dgpr>



opposition avec celles en vigueur en France.

III.1.2. Les standards non obligatoires

Le standard **NFPA 855**¹⁴, par exemple, donne des directives pour l'installation sécurisée des systèmes de stockage d'énergie dont les systèmes à base de batteries lithium-ion. Il couvre des aspects tels que la conception, l'installation, et la maintenance et la protection incendie. Ces directives permettent de réduire les risques d'incendie et d'explosion.

Les référentiels **FM Global 5-32 et 5-33**¹⁵ comprennent quant à eux des directives spécifiques pour les centres de données et les systèmes de stockage d'énergie électrique. Ils abordent la prévention des pertes, la gestion des risques, et incluent des recommandations pour la protection contre les incendies, la sécurité physique, et la résilience opérationnelle des centres de données.

Bien que non obligatoires, ces référentiels et standards sont parfois recommandés par des assureurs ou intégrés dans le cahier des charges d'un exploitant.

Tous ces référentiels sont synthétisés dans les Tableau 1 et Tableau 2.

III.2. Bonnes pratiques à mettre en place lors de la conception, la construction et l'urbanisation des centres de données

III.2.1. Matériaux de construction

La norme **IEC 62485-5** prescrit des directives strictes en matière de construction pour garantir la sécurité des systèmes de stockage d'énergie. Parmi ces directives, on trouve l'exigence que les batteries soient enfermées dans des boîtiers ignifugés afin de minimiser les risques d'incendie.

De plus, les sols et les murs des installations doivent être résistants au feu, ce qui contribue à contenir tout départ de feu et à limiter sa propagation. Ces mesures sont indispensables pour assurer une protection optimale des centres de données et des systèmes de stockage d'énergie.

14 <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-855-standard-development/855>

15 <https://fireprotectionsupport.nl/wp-content/uploads/2022/08/FMDS0532-2022-07-Data-Centers-and-Related-Facilities.pdf>



Par ailleurs, l'ICPE 2925 exige que locaux abritant l'installation doivent présenter les caractéristiques de réaction et de résistance au feu minimales suivantes :

- Murs et planchers hauts coupe-feu de degré 2 heures,
- Couverture incombustible,
- Portes intérieures coupe-feu de degré 1/2 heure et munies d'un ferme-porte ou d'un dispositif assurant leur fermeture automatique,
- Porte donnant vers l'extérieur pare-flamme de degré 1/2 heure,
- Pour les autres matériaux : classe MO (incombustibles).

La NFPA 855 recommande quant à elle que la résistance des matériaux de construction des locaux batteries soit d'au moins 1 heure au feu, avec une protection sprinkler d'une autonomie d'au moins 60 minutes et la densité des flux d'eau à 8 mm/minute.

Retour d'expérience N°1 : Renforcement des murs avec des barres d'acier

L'utilisation de murs en béton renforcé pour prévenir les cas d'explosion et pour contenir les flammes est une bonne pratique à déployer. Toutefois, nous avons constaté lors de plusieurs incidents similaires que les blocs de béton solides, bien qu'ils résistent aux explosions, peuvent être déformés par la violence de ces dernières.

Nous recommandons donc la mise en place de murs en béton aggloméré renforcés avec des barres d'acier pour éviter d'avoir des murs qui s'effondrent en cas d'explosion. Ces murs offrent une meilleure résistance structurelle et une plus grande capacité à contenir les flammes, assurant ainsi une plus grande sécurité des installations.

III.2.2. Emplacement des batteries

Les batteries lithium-ion doivent être installées dans un endroit à l'abri de la lumière directe du soleil ou de sources de chaleur. Cela aide à maintenir une température stable, ce qui est crucial pour prévenir l'emballement thermique.



En outre, les batteries, lorsqu'elles sont montées dans des armoires séparées dans le bâtiment, doivent être facilement accessibles pour le contrôle des éléments et du câblage. Cela facilite la maintenance et permet de détecter rapidement tout signe de dommage ou de défaillance.

La norme **IEC 62485-5** impose des distances minimales pour limiter la propagation des incendies et garantir la sécurité des installations.

- **Entre racks de batteries :**
 - $\geq 1,5$ m si les batteries ne disposent pas de cloison pare-feu.
 - $\geq 0,6$ m si une protection coupe-feu de classe A2-s1, dO (matériau ignifuge) est installée entre les racks.

- **Entre batteries et murs ou structures adjacentes :**
 - $\geq 0,8$ m pour permettre la dissipation thermique et l'entretien.
 - ≥ 1 m si le mur est combustible.

- **Entre batteries et sources de chaleur (générateurs, transformateurs, etc.) :**
 - $\geq 2,5$ m pour éviter une montée en température accidentelle.
 - ≥ 5 m si l'équipement génère des températures supérieures à 200°C .

- **Voies d'évacuation et accès pompiers :**
 - $\geq 1,2$ m d'espace libre devant les batteries pour permettre l'intervention en cas d'urgence.
 - ≥ 2 m entre batteries et issues de secours.

Ces distances peuvent varier en fonction des réglementations locales et des recommandations spécifiques du fabricant des batteries. Il est essentiel de vérifier les consignes spécifiques aux modèles utilisés. Par ailleurs, la NFPA 855 recommande que la limite de capacité des batteries à 50 kWh et des ESS de 600 kWh max par pack, la distance minimale entre les packs batteries et les murs soit de 0,914 m.



Retour d'expérience N°2 : Séparation des locaux batteries

Dans le cas où les batteries ne sont pas stockées en dehors du bâtiment, les portes battantes dans les couloirs, conçues pour créer des compartiments en cas d'incendie, fonctionnent. Elles peuvent s'ouvrir pendant l'explosion pour laisser passer l'air et la fumée, et se refermer immédiatement après pour reconstituer les volumes.

Il est néanmoins essentiel de contrôler l'accès à ces portes avec l'utilisation de serrures pouvant s'ouvrir lors de la détection d'un incendie afin de répondre aux exigences de sécurité. En outre, il serait judicieux de construire un mur anti-explosion devant ce type de portes, pour supporter et dissiper l'explosion par conception.

De notre expérience, nous recommandons, dans la mesure du possible, de séparer les locaux batteries du reste du bâtiment, notamment à l'extérieur du bâtiment, par exemple dans des conteneurs.

III.2.3. Système de détection et d'extinction

III.2.3.1. Détection fumée/gaz/particules : importance de la chimie

Pour les deux types de chimies, la différence clé réside dans leur réaction à l'emballement thermique. Par exemple, pour la chimie LFP, l'emballement thermique se produit à des températures plus élevées, ce qui peut entraîner un dégazage plus important avant l'apparition des flammes. En revanche, pour la chimie NMC, l'emballement thermique se déclenche à des températures plus faibles, ce qui peut provoquer une réaction plus rapide, avec un dégazage limité et une combustion plus immédiate (Tableau 1).

Tableau 1 : Risques incendies et chimies

	Chimie NMC	Chimie LFP
Incendie	Plus immédiat	Moins immédiat
Explosion	Un peu moins probable	Plus probable



La détection doit être adaptée à la chimie de la batterie.

La chimie NMC nécessite en priorité des systèmes de détection de fumée, basés sur la température, la chaleur, les flammes et la fumée ainsi qu'une **application immédiate d'eau** en raison de sa réaction thermique rapide. Certains fabricants de NMC intègrent des systèmes d'absorption de chaleur ou des dispositifs d'extinction pour limiter l'élévation de la température.

La chimie LFP nécessite davantage une détection de gaz et une ventilation adéquate pour éviter une atmosphère explosive, réagissant à des températures plus élevées sans inflammation immédiate. Ainsi, pour les batteries LFP, il est préférable d'utiliser des détecteurs de fumée et de gaz. Il est recommandé d'utiliser un détecteur de gaz hydrogène ou un explosimètre, même si l'hydrogène n'est pas présent, pour détecter la présence de gaz susceptibles de créer une atmosphère explosive. Des systèmes de ventilation permettant de libérer les gaz sont également nécessaires pour prévenir les explosions mécaniques causées par une surpression.

III.2.3.2. Autres systèmes de surveillance et de détection

Les systèmes modernes de détection et de suppression d'incendie peuvent en outre comporter les éléments clés suivants :

Détecteurs de fumée optique : lorsque les particules de fumée pénètrent dans la chambre noire du détecteur, la lumière émise par une source lumineuse est diffusée (effet Tyndall). Un récepteur capte la lumière diffusée et transmet l'information d'alarme. Ces détecteurs peuvent incorporer également un capteur de température, on parle alors de multi-capteurs.

Surveillance visuelle à distance : cela implique l'utilisation de caméras ou d'autres systèmes de surveillance pour observer l'espace à distance, permettant une réaction rapide en cas de problème. Aujourd'hui il existe des systèmes bi-spectre : image vidéo et thermographie.

Détecteur de flamme visible infrarouge : un appareil peut identifier les caractéristiques spécifiques des flammes, telles que leur spectre d'émission infrarouge.

L'équipement de contrôle et de signalisation (ECS du SSI) : c'est le cœur du système de sécurité incendie, qui reçoit les informations des détecteurs et transmet l'information au SMSI qui active les alarmes, désenfumage, les systèmes de suppression en conséquence ou tout autre équipement de sécurité asservi à la détection incendie.



III.2.3.3. Systèmes d'extinction automatique d'incendie

Les locaux batteries doivent respecter les normes locales et être équipés de systèmes d'extinction pour éteindre automatiquement les incendies. Ces systèmes se divisent en deux types : à eau et à gaz.

Peu importe la chimie, l'agent le plus efficace reste l'eau haute pression. Bien qu'il y ait des avantages et des inconvénients à cette solution, elle reste la plus recommandée car elle permet de refroidir le système. **Le brouillard d'eau**¹⁶ en particulier est particulièrement efficace pour absorber la chaleur en se transformant en vapeur.

Le brouillard d'eau comprend une gamme de tailles de gouttelettes inférieures à 1000 µm, bien inférieure à celles d'un sprinklage. Les gouttelettes plus fines ont un rapport surface/volume plus grand, ce qui entraîne une plus grande absorption de l'énergie thermique de l'air chaud pour le même volume d'eau.

L'extinction par sprinklers est plus efficace pour gérer les incendies de stockage d'énergie lorsqu'elle est utilisée conjointement avec une ventilation efficace. Le standard NFPA 855 recommande de privilégier des systèmes de sprinkler à **12,2 mm/min** de densité, soit plus que ce qui est recommandé dans les systèmes classiques.

Pour finir, certaines conceptions récentes intègrent des **systèmes d'extinction à eau localisée**. Ce système est activé par détection thermique (fusible) et permet d'asperger spécifiquement le ou les modules concernés. Cette approche permet d'agir directement sur le module affecté, évitant ainsi d'asperger l'ensemble des modules/racks, ce qui pourrait risquer de court-circuiter d'autres cellules/modules ou causer des dommages collatéraux au reste du système, jugé suffisamment protégé.

Cependant, il faut être prudent avec l'eau, car elle peut également provoquer des réactions thermiques. Par exemple, des batteries en bon état, mais exposées à un déluge de sprinklers ou de brouillard d'eau, peuvent réagir négativement.

16 <https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/207085-VERSION%20PUBLIC%20p%20B2%20IDE-10%20moyens%20de%20ma%C3%A9trise%20des%20risques%20des%20batteries.pdf>



Si l'on considère d'autres types de protection incendie, on peut utiliser aussi des gaz comme l'azote ou des mélanges azote/argon (argonite) pour réduire la concentration d'oxygène et stopper la combustion. Les gaz inhibiteurs à base d'halocarbures comme **le Novec 1230** et le **FM-200** absorbent la chaleur et interrompent la réaction en chaîne de la combustion sans réduire l'oxygène.

En général, ces gaz agissent pendant environ 10 minutes, après quoi la réaction de flamme peut reprendre, et une partie de l'agent sera déposée sur les matériaux combustibles de la batterie. Leur efficacité peut être plus importante sur la partie présente de la batterie, mais leur action reste limitée dans le temps. En revanche, pour une installation plus durable, il serait préférable d'opter pour un système qui pourrait maintenir l'extinction pendant une heure.

Pour finir, les agents extincteurs recommandés pour les incendies incluent le perfluorohexanone, l'heptafluoropropane, et les aérosols solides. Les aérosols solides agissent par inhibition chimique, interrompant les réactions chimiques en chaîne au niveau moléculaire. On peut utiliser des agents de sels de potassium, libérés rapidement via des boîtiers au plafond du container. Cela dit, leur efficacité peut être notablement diminuée si, dans le même temps, la détection incendie n'entraîne pas l'arrêt de la ventilation interne.

Le Tableau 2 présente un classement des différents agents d'extinction en fonction de leurs efficacités pour l'extinction des incendies liés aux batteries lithium-ion.

Tableau 2 : Classement des agents d'extinction en fonction de leurs efficacités

	Moyens d'extinction
Très efficace	Sprinkler avec ventilation
	Brouillard d'eau
	Système d'extinction à eau localisée
Efficace	Sprinkler
	Gaz inertes
	Gaz inhibiteurs
Moyennement efficace	Agents extincteurs
	Aérosols solides



Ces consignes sont générales. **Il est recommandé d'opter pour des agents extincteurs performants et des systèmes d'extinction automatique.** Il faut bien évidemment tenir compte des spécificités des datacenters et ainsi mettre en perspective le système d'extinction pour les batteries lithium-ion avec le système choisi pour l'ensemble du bâtiment. Il faut également prendre en compte l'importance du désenfumage.

Retour d'expérience N°3 : Systèmes d'extinction dans les locaux batteries

Le système de brouillard d'eau s'avère efficace pour préserver les équipements dans les salles adjacentes à celle des batteries où un incendie s'est déclenché, et pour contenir l'incendie au sein de la salle des batteries. Il peut fonctionner jusqu'à 13 heures en continue.

Toutefois, nous recommandons de vérifier régulièrement l'autonomie de ce système et sa stratégie de réapprovisionnement. Une connexion directe de l'extérieur des tuyaux secs au réservoir, permettant aux pompiers de raccorder leur camion pour garantir un remplissage en continu du réservoir pendant leur intervention est indispensable.

Par ailleurs, il convient d'utiliser une protection contre les fuites d'eau au-dessus des batteries. Ce système doit pouvoir être désactivé en cas d'incendie pour que les buses de brouillard d'eau puissent agir.

Pour finir, si le système de brouillard fonctionne bien, au cas où le site s'y prête, les systèmes de sprinklers sont meilleurs car ils permettent d'inonder complètement la salle et refroidir plus rapidement les batteries.

III.2.4. Le système de ventilation

La norme IEC 62485-5 recommande un système de ventilation forcée avec un débit d'air contrôlé selon la puissance énergétique installée. Ce système de ventilation doit être indépendant du bâtiment principal pour éviter toute propagation de gaz nocifs.

Cependant il n'y a aucune prescription obligatoire dans celle-ci. Dans ce cas l'article 554-2 de la norme NF C 15-100 doit s'appliquer pour le local ainsi que l'enveloppe éventuelle contenant les batteries d'accumulateurs. Le standard NFPA 855 recommande que la ventilation des locaux batteries maintienne les gaz inflammables en dessous de 25 % de la **Limite Inférieure**



d’Inflammabilité (LFL) pour réduire le risque d’explosion. Si les climatiseurs et conduits de ventilation sont partagés, des volets coupe-feu doivent être installés. Le système de ventilation doit renouveler l’air à un taux d’au moins 1,7 m³/h par m² pour diluer et éliminer les gaz inflammables. La ventilation peut être continue ou activée par un détecteur de gaz pour équilibrer sécurité et consommation d’énergie. Ainsi les systèmes de ventilation suivants sont requis :

- **Ventilation d’extraction forcée avec traction mécanique** : elle est installée dans les locaux d’accumulateurs pour évacuer efficacement la chaleur et les gaz dangereux en cas de défaillance de la batterie. Ce système doit être supervisé par une alarme incendie afin de garantir une réponse rapide et alerter le personnel immédiatement en cas de danger. Les alertes doivent aussi être transmises à une salle de contrôle pour une intervention rapide et coordonnée. En cas d’installation des ventilateurs dans le local, le type de matériel doit être classé ATEX.
- **Hotte aspirante naturelle** : en plus de la ventilation forcée, une hotte aspirante naturelle doit également être installée, pour aider à maintenir une température stable, ce qui permet de prévenir l’emballement thermique.
- **Systèmes de ventilation générale du bâtiment** : la ventilation des salles où sont installées les batteries doit être montée séparément des canaux de ventilation générale du bâtiment. Cela permet d’éviter la propagation de gaz nocifs à d’autres parties du bâtiment.
- **Grille-volet pour les prises d’air** : le système de grille-volet Halton pour les data centers comprend des grilles extérieures anti-tempête combinées à des volets internes de contrôle du volume de fermeture. Les volets peuvent être en acier inoxydable très résistant avec des lames isolées sur le plan thermique qui offrent une résistance à la corrosion et améliore les performances thermiques.

III.2.5. Événement de suppression

Un événement d’explosion est un dispositif installé sur des enceintes où des explosions de gaz ou de poussière peuvent survenir. Il permet de libérer rapidement les gaz de combustion pour réduire la pression d’explosion, particulièrement utile pour les systèmes de batterie lithium-ion en container ou local.



Ces événements, situés sur les parois latérales ou le toit, dirigent les gaz, fumées et flammes vers le haut. Ils doivent être dimensionnés pour contenir les explosions dues à un nuage de gaz inflammable émis par les batteries. Les conceptions récentes incluent des trappes anti-explosion et des systèmes de dilution de gaz pour éviter les atmosphères explosives en cas d'accident.

III.2.6. Refroidissement

Puisque la performance de la batterie lithium-ion est fortement dépendante de sa température et de son uniformité au sein de la batterie, la régulation de cette température est alors indispensable. Actuellement, la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur (ΔT) de la batterie doit être maintenue à moins de 5°C ¹⁷. Plusieurs systèmes de régulation de la température de la batterie lithium-ion sont proposés par leurs fournisseurs. Il convient pour un exploitant de datacenter de s'assurer que ces systèmes de refroidissement intégrés dans ces batteries respectent les normes en vigueur et que ces derniers suffisent à maintenir le niveau de température attendu.

Retour d'expérience N°4 : Systèmes de décompression

De notre retour d'expérience, les systèmes de décompression sont essentiels pour plusieurs raisons en plus des autres mécanismes mentionnés. En cas d'incident, comme une explosion ou un incendie, la pression à l'intérieur de la salle où sont installées les batteries peut augmenter rapidement. Un système de décompression permet de relâcher cette pression de manière contrôlée, évitant ainsi des dommages structurels graves au bâtiment.

Par ailleurs, en permettant à la pression de s'échapper, les systèmes de décompression réduisent la force de l'explosion et les dommages potentiels aux murs, aux équipements et aux personnes à proximité. Ils contribuent donc à contenir l'incident et à limiter les dégâts.

Les systèmes de décompression peuvent également améliorer l'efficacité des systèmes de protection contre les incendies en permettant aux gaz et à la fumée de s'échapper, ce qui facilite l'intervention des pompiers et l'extinction de l'incendie.

17 T. Deng, Y. Ran, Y.L. Yin, P. Liu. Multi-objective optimization design of thermal management system for lithium-ion battery pack based on Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II, Appl. Therm. Eng. 164 (2020), 114394, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114394>



En résumé, les bonnes pratiques suivantes sont à adopter pour les locaux batteries lithium-ion :

- Choisir des batteries qui sont conformes aux référentiels UL.
- Déployer un local batterie isolé avec une résistance au feu minimum de 2 heures.
- Prévoir un dispositif de détection et d'extinction automatique à brouillard d'eau ou de type sprinkler.
- Éviter de placer les batteries dans un local où des gaz explosifs peuvent exister ou être libérés.
- Équiper le local batterie d'un système de protection contre les surpressions en cas d'explosion.
- Éviter de les placer proches ou en dessous d'espaces avec des risques de fuite d'eau, telles que les réservoirs d'eau, les tours hydrauliques, et points d'eau.
- Ne pas stocker des matériaux combustibles dans le local batteries. Tenir ce genre de matériaux au moins à 3 mètres du local batterie.
- L'installation doit être implantée à une distance d'au moins 5 mètres des limites de propriété.
- Séparer les locaux batterie à l'extérieur des bâtiments au moins à 10 mètres des emplacements suivants : surfaces restreintes ; entrepôt de stockage de matériaux combustibles ; matériaux dangereux ; infrastructures d'énergie ; routes publiques.
- Limiter la capacité d'un local batterie afin qu'il ne dépasse pas 1000 kWh notamment dans le cas où l'on déroge à la NFPA 855.
- Garantir que les capacités de résistance au feu et d'isolation thermique de ces matériaux doivent être les mêmes que pour le local batterie.
- Faire une analyse de risques avant d'initier des installations sur les toitures ou dans les sous-sols.
- Équiper la salle de capteurs de CO, de fumée et de température de H₂ (hydrogène) et de flammes.



- Disposer de systèmes de ventilation indépendants, séparés des autres locaux.
- Rester en dessous de 25 % du seuil de la LFL pour les concentrations de gaz inflammables.
- Disposer de systèmes à eau (sprinklers ou pulvérisateurs) capables de fonctionner le plus longtemps possible pour limiter les risques de réinflammation.
- Collecter les eaux usées dans une zone désignée ou les diriger vers un système de traitement spécifique.
- Déconnecter le système électrique automatiquement en cas d'incendie.

III.3. Bonnes pratiques d'exploitation et de maintenance des centres de données

En parallèle, des bonnes pratiques dont à mettre en place lors de la conception et de l'exploitation. Elles se situent à plusieurs niveaux :

III.3.1. Analyse de vulnérabilité et management de la sécurité

L'analyse de vulnérabilité identifie les points faibles, évalue les fonctions et sources de risque, et propose des mesures préventives adaptées. Pour ce faire, la méthode d'analyse de vulnérabilités doit se baser sur huit étapes essentielles¹⁸, allant de l'identification des risques à la création d'un plan de traitement et de surveillance.

En l'absence de réglementation, les entreprises peuvent être tentées de réduire les coûts au détriment de la sécurité. Cependant, une prévention adéquate coûte moins cher à long terme que les conséquences d'un sinistre. Ainsi, plutôt que d'attendre l'arrivée de réglementations contraignantes, les exploitants devraient prendre des mesures proactives pour maîtriser les risques.

¹⁸ <https://cybel.cnpp.com/livre-referentiel-cnpp-6011-analyse-de-risque-et-de-vulnerabilite-2018.html>



III.3.2. Management du risque incendie

La gestion des risques débute par le recueil d'informations, l'identification des risques, l'évaluation de leur vraisemblance et gravité, et intègre les moyens de maîtrise existants. En fonction des chimies de batterie et des usages, les risques diffèrent. Une approche personnalisée pour chaque cas est recommandée.

La maîtrise du risque repose à la fois sur des études techniques et leur application pratique. Le management du risque nécessite de définir des objectifs clairs, une communication transparente, une planification minutieuse et un suivi rigoureux.

Le management de la sécurité comprend ainsi des plans d'évacuation, exercices d'alerte, formations et inspections régulières, visant à prévenir, détecter et gérer les incendies et la capitalisation sur les expériences pour l'amélioration continue.

III.3.3. Formation et sensibilisation

Un plan d'intervention d'urgence doit être établi pour gérer les événements sur une installation, conformément aux normes IEC TC120¹⁹. Son efficacité repose sur la formation des experts et des premiers intervenants, la connaissance du système d'alimentation, et la coordination avec les pompiers. De nombreux accidents ont eu lieu faute de plans d'urgence adéquats.

Les premiers intervenants, souvent le personnel du site ou des techniciens, détectent et signalent les incidents, et jouent un rôle clé pour fournir des informations aux services d'incendie. Le plan doit inclure des instructions claires, la gestion des alarmes, et des informations sur les seuils critiques. La familiarité des intervenants avec le plan améliore la réponse initiale.

III.3.4. Surveillance des alertes

L'emballlement thermique est souvent soudain. Cependant, plusieurs paramètres peuvent être anormaux pendant une période plus ou moins longue avant l'emballlement. La surveillance de ces paramètres peut donner des alertes de long terme, de moyen terme et de court terme.

¹⁹ https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:7:0::::FSP_ORG_ID:9463



III.3.4.1. Alertes de court terme

L'installation de capteurs de température et de systèmes de surveillance permet de fournir des données en temps réel sur la température de la batterie et de favoriser une détection précoce de toute augmentation de température.

III.3.4.2. Alertes de moyen et de long termes

Il s'agit des alertes liées à des anomalies dans le système de refroidissement ou des sévères surcharges ou décharges qui peuvent s'accumuler pour exposer graduellement la batterie au risque d'emballement.

III.3.4.3. Alertes de long terme

Ces alertes sont données pour des anomalies mineures quand la batterie est relativement en « mauvaise santé » mais ne présente pas de défaillance. Si ces anomalies sont bien détectées, cela aide à éviter de futures défaillances.

III.3.5. Exploitations appropriées

Plusieurs bonnes pratiques sont recommandées :

- **Éviter de surcharger ou de sous-charger la batterie :** la surcharge ou la sous-charge d'une batterie peut entraîner une libération incontrôlée d'énergie et une combustion. Il est donc important de surveiller le niveau de charge de la batterie et de la débrancher une fois qu'elle est complètement chargée.
- **Vérifier l'environnement de fonctionnement :** cela inclut la mesure de la température ambiante. Un environnement de fonctionnement approprié est crucial pour le bon fonctionnement des batteries.
- **Tester l'impédance interne des éléments :** ces tests permettent d'évaluer le vieillissement des batteries. Une augmentation importante (facteur 2 à 3) et rapide (quelques semaines) de l'impédance interne peut indiquer une dégradation de la batterie.
- **Faire de l'inspection infrarouge :** elle peut être utilisée pour détecter les surchauffes. Ce qui aide à identifier les batteries qui sont à risque d'emballement thermique.



- **Maintenir régulièrement des batteries :** il est indispensable d'établir une communication directe et fiable entre le système de BMS et le chargeur, sauf si celui-ci est intégré à la batterie. Cela permet de synchroniser les paramètres de charge et d'assurer une gestion optimale, en particulier lors de la charge rapide.
- **Favoriser une communication entre le BMS et le chargeur :** il faudrait établir une communication directe et fiable entre le BMS et le chargeur, sauf si celui-ci est intégré à la batterie. Cela permet de synchroniser les paramètres de charge et d'assurer une gestion optimale, en particulier lors de la charge rapide.
- **Coupler systématiquement batterie-onduleur :** un couplage strict entre la batterie et l'onduleur doit être mis en place, en particulier pour les applications de charge rapide, afin de prévenir tout dysfonctionnement.
- **Intégrer des informations des batteries lithium-ion :** les onduleurs seuls ne récupèrent pas toutes ces informations, rendant indispensable une communication directe BMS-GTB/GTC. Il faudrait donc remonter les données des BMS des batteries lithium vers GTC ou les GTB, voire les SSI.
- **Contrôler les batteries :**
 - Inspecter régulièrement les connexions électriques ;
 - Tester les dispositifs de sécurité tous les 6 mois ;
 - Maintenir une température stable dans les locaux des batteries (à 25 ± 2 °C) ;
 - Réguler le taux d'humidité entre 5 % et 95 %, en évitant une humidité excessive de 80 % ;
 - Protéger les batteries de la lumière directe et éviter de les placer derrière des verrières ;
 - Ne jamais placer les UPS dans les locaux des batteries et inversement
 - Organiser les locaux pour faciliter les interventions des pompiers et prévoir des mesures adaptées si les batteries sont installées en sous-sol.
- **Intégrer les batteries au SSI** afin d'améliorer la détection et la gestion des incidents liés à des risques d'incendie.
- **Séparer les zones :** il ne faut pas mélanger les zones d'installation des batteries avec celles d'autres systèmes sensibles, comme les salles IT.



- **Ajouter un dispositif d'arrêt d'urgence** accessible depuis l'extérieur du local batteries permettant de déconnecter les armoires batteries de l'UPS.

Retour d'expérience N°5 : Nécessité de la connexion BMS-GTC/GTB

Les batteries lithium-ion, étant dotées de systèmes de gestion de batterie (BMS), il est important que ces derniers soient connectés au système de gestion du bâtiment (GTB/GTC) et intégrées dans le SSI. Ce n'est pas encore dans les habitudes car les batteries plomb VRLA n'embarquaient pas d'intelligence (ou des BMS optionnels).

En connectant le BMS des batteries aux GTB/GTC, on assure une communication fluide facilitant la détection précoce des anomalies et la mise en place d'actions correctives rapides pour prévenir les incidents.

En intégrant les données du BMS des batteries lithium-ion au SSI, il est possible de bénéficier d'une surveillance en temps réel des conditions de la batterie, permettant une réponse rapide en cas de défaillance ou de risque d'emballement thermique.

III.4. Risque des batteries lithium-ion et assurances

Les assureurs peinent à évaluer les risques liés aux batteries lithium-ion, à cause du manque d'expertise et de l'évolution rapide des technologies. Leurs systèmes de tarification ne reflètent pas toujours le risque réel, compliquant la négociation des polices d'assurance.

Certaines compagnies d'assurance refusent de couvrir les risques liés aux batteries lithium-ion, tandis que d'autres imposent des conditions spécifiques, comme **l'installation à l'extérieur des bâtiments** ou le respect de mesures préventives.



Convaincre les assureurs de la maîtrise du risque nécessite de réaliser des études de recevabilité et des analyses de risque pour garantir une couverture adéquate. Ces démarches permettent de :

- Identifier les risques spécifiques liés aux batteries lithium-ion ;
- Évaluer les pratiques de stockage et de manipulation pour limiter l'occurrence des incidents ;
- Mettre en place de systèmes d'extinction adaptés pour limiter les dommages.



IV. ACTIONS EN CAS D'INCENDIE

Tous les incendies sont soumis au triangle du feu, qui se compose de trois éléments fondamentaux : le combustible, le comburant et l'énergie d'activation.

Le combustible. Il s'agit de la matière susceptible de brûler lorsqu'une source d'ignition est présente. Dans le cadre d'un local contenant des batteries lithium-ion, le combustible inclut les matériaux des packs et racks, ainsi que l'électrolyte des cellules, qui se transforme en gaz combustible sous l'effet d'un emballement thermique.

Le comburant. C'est l'élément vital qui alimente la combustion. L'oxygène est le comburant le plus répandu. Plus la quantité d'oxygène est importante, plus l'incendie sera intense. Le comburant présent dans le local et celui généré par la décomposition gazeuse des matériaux constituant les cellules alimenteront la combustion.

L'énergie d'activation. Cette composante peut être considérée comme le déclencheur initial d'un incendie. Il s'agit de tout élément capable de produire une étincelle, une flamme, une source de chaleur ou un court-circuit électrique. Dans le cadre d'un emballement thermique, la batterie générera sa propre énergie d'activation.

Pour qu'un incendie se déclare, ces trois conditions doivent être réunies ; l'absence de l'une d'entre elles empêche la naissance du feu. Ainsi pour arrêter le feu et endiguer sa propagation, les actions à mener sont décrites ci-dessous.

IV.1. Refroidissement

Réduire la température de la substance combustible en dessous du point d'inflammation et bloquer l'apport continu de chaleur permet de stopper l'emballement thermique. Et ce, au plus près de la réaction.

Recommandations pour les services d'incendie (DGSCGC²⁰) : dès lors que la batterie est emballée et que l'incendie se propage, en fonction des enjeux environnementaux (propagation, isolement, etc.), il convient de s'abstenir de toute tentative d'extinction qui ne peut avoir que des effets indésirables :

²⁰ <https://www.interieur.gouv.fr/Le-ministere/Securite-civile>



- L'augmentation du temps de combustion ;
- La production accrue de fumées et de vapeur ;
- La projection importante de particules de métal en fusion ;
- Des risques de pollutions par les eaux d'extinction.

Seule la protection de l'environnement est recommandée. Dans le cas où l'évènement déclencheur est externe à la batterie (incendie dans son environnement immédiat par exemple), il est important de limiter la montée en température de la batterie par un écran adapté (eau, couverture anti-feu).

Retour d'expérience N°6 : Énergie libérée par les batteries lithium-ion

Une batterie lithium-ion peut libérer jusqu'à 2,5 MJ/kg (ce qui équivaut à 694 Wh/kg). Pour mettre ce chiffre en perspective, c'est 54 % de l'énergie que peut libérer le TNT, qui est de 4.61 MJ/kg (ou 1280 Wh/kg). Cependant, la cinétique de libération de cette énergie est essentielle pour évaluer la dangerosité. Dans le cas d'un emballement thermique, la cinétique peut être très rapide. De ce fait les modèles de développement du feu que nous connaissons et les applications de protection en lien deviennent désuètes.

La difficulté rencontrée par les secours est donc d'absorber la puissance générée par le feu avec les moyens hydrauliques à disposition. Dans le cadre des batteries lithium, la puissance générée peut être très importante et les quantités d'eau nécessaire sont énormes. De plus l'attaque massive à l'eau amène une autre problématique : le traitement des eaux d'extinction...

L'intérêt du travail d'étude, de vulnérabilité et de prévention réalisé en amont prend tout son sens.

IV.2. Etouffement – isolement

Afin d'isoler ou d'abaisser la quantité d'oxydant pour arrêter la combustion, les agents extincteurs (eau avec additif mousse, CO₂ et poudres) offrent une action d'isolement (séparation du combustible et du comburant) ou d'abaissement du taux d'oxygène d'une efficacité faible. Ils permettent une extinction des foyers principaux et de stopper la propagation, mais n'évitent pas un risque de reprise de feu. La mousse contribue activement au refroidissement et à l'isolement, mais ne présente aucun avantage supplémentaire.



Les bâches ignifugées permettent de limiter les projections, mais ont une durée d'efficacité relativement courte. Par ailleurs, elles facilitent l'émission des fumées blanches inflammables et leur propagation, et, lors de leur inflammation, la propagation du sinistre.

Les matières inertes tels le sable ou le ciment permettent une action d'étouffement à condition d'être déposées en quantité suffisante. Cette action mène à la génération des fumées blanches froides et inflammables (risque de cratère laissant évacuer des gaz inflammables voire des flammes ou des projections de matière).

IV.3. Séparation

Isoler ou séparer la substance combustible en feu des autres substances combustibles et interrompre l'approvisionnement en substances combustibles pour arrêter la combustion est une solution qui pourrait être efficace, mais qui est difficilement réalisable.

En effet, déplacer une batterie endommagée peut occasionner des courts-circuits internes ou externes ayant pour conséquence :

- Des arcs flashes violents avec projection de métal en fusion ;
- La création d'un nouvel emballement thermique à réaction immédiate ;
- La création d'un nouvel emballement thermique à réaction différée (quelques heures à plusieurs jours) ;
- Un risque électrique latent.

Si le déplacement d'une batterie endommagée est nécessaire, il doit être effectué avec des EPI adaptés, une source d'eau disponible, et une surveillance thermique. Ce déplacement doit être justifié par un risque résiduel menaçant des personnes, des biens ou l'environnement. Il faut rechercher un site sécurisé pour la mise en quarantaine de la batterie.

Toutefois, il n'existe pas de protocoles spécifiques en raison des diverses chimies de batteries. En cas d'emballement thermique de grande ampleur, il est recommandé de contenir la propagation et de laisser brûler.

IV.4. Inhibition

Arrêter la réaction en chaîne entre les radicaux libres produits pendant la combustion, pour arrêter la combustion permet d'arrêter les flammes. Il s'agit



des agents gaz et des poudres. Ce procédé peut être efficace pour un départ de feu, mais n'agira pas sur l'emballlement thermique, qui ne peut être stoppé que par un refroidissement. De plus, une fois la concentration de gaz diluée, l'action n'est plus efficace.

Le noyage/immersion des batteries est souvent évoqué et a tendance à être une solution pour certains. Cependant les retours d'expérience d'immersion de batterie ont apporté d'autres problèmes :

- Gaz combustible ;
- Électrolyse de l'eau ;
- Pollution des eaux d'immersion et leur traitement futur.

IV.5. Gestion des fumées

L'évacuation des fumées en milieu confiné est indispensable en raison de leur inflammabilité et toxicité, même pour les fumées froides émises sans flamme. Ces fumées peuvent se condenser sur des surfaces froides, déposant un électrolyte inflammable, et restent inflammables lorsqu'elles sont non condensées. En atmosphère inerte ou pauvre en oxygène, l'emballlement thermique pose un risque d'onde de pression explosive.

Selon l'ICPE 2925, les locaux batterie doivent être équipés en partie haute de dispositifs permettant l'évacuation des fumées et gaz de combustion dégagés en cas d'incendie (lanterneaux en toiture, ouvrants en façade ou tout autre dispositif équivalent). Les commandes d'ouverture manuelle sont placées à proximité des accès. Le système de désenfumage doit être adapté aux risques particuliers de l'installation.

IV.6. Actions post incendie

Le risque de reprise d'un emballlement thermique dans des délais qui sont souvent bien au-delà des délais observés pour d'autres types d'incendie (de quelques heures à plusieurs jours) n'est pas à écarter.

Ainsi, après un incendie lié à une batterie lithium-ion, les risques de rallumage persistent en raison des batteries encore chaudes et des gaz toxiques émis. Il convient d'être vigilant. La gestion varie selon la taille des batteries. Cette phase revêt une importance capitale et requiert, de la part du Commandant des Opérations de Secours une attention particulière car les risques résiduels (électriques, thermiques, chimique, etc.) restent importants.



Une des difficultés réside dans le fait d'évaluer si l'ensemble des cellules a brûlé ou non dans sa totalité. Cette levée de doute doit permettre de prendre par la suite les mesures conservatoires appropriées. Il est recommandé de ne pas manipuler une batterie partiellement endommagée sans prendre des précautions particulières du fait du risque de reprise.

Les déchets doivent être traités spécifiquement et transportés comme matières dangereuses.

Retour d'expérience N°7 : Gestion des eaux

Lorsque l'eau est utilisée pour la protection contre les incendies, il est impératif d'envisager une stratégie de drainage plus stricte pour le bâtiment de l'eau polluée du système de brouillard d'eau.

Le drainage de l'eau devrait être envisagé pour chaque salle et couloir afin de faciliter l'évacuation de l'eau vers un autre endroit où elle sera stockée jusqu'à ce qu'une dépollution puisse être effectuée.

Ces eaux d'extinction doivent être retenues, traitées ou récupérées par une société spécialisée. Elles ne doivent en aucun cas être rejetées directement dans les systèmes d'eau usées. Après les incendies, les bureaux de contrôle ICPE peuvent demander des informations sur la manière dont ces eaux ont été gérées. Il est important d'anticiper ces points.

Pour finir, nous pouvons recommander les murs de rétention d'eau amovibles dans chaque salle où un système de brouillard d'eau ou de protection contre les incendies est installé. Ces murs de retentions ont montré une grande efficacité lors de sinistres.



V. CONCLUSION

Les batteries lithium-ion offrent des avantages significatifs en termes d'efficacité, de durabilité et de compacité, par rapport aux batteries au plomb.

Elles ne représentent pas seulement une solution moderne et efficace pour les datacenters et infrastructures critiques, mais elles sont aussi l'un des piliers fondamentaux de la transition énergétique.

Toutefois, ces batteries soulèvent également de nouvelles contraintes en matière de sécurité et de gestion thermique.

Nous avons ainsi mis en évidence les diverses causes potentielles d'incendie, allant de la conception des batteries et des centres de données à leur exploitation et leur maintenance.

Des bonnes pratiques pour éviter ces incendies ont été proposées. Avec des mesures adéquates comme le développement et l'implémentation de protocoles de sécurité rigoureux, des systèmes de détection d'incendie de pointe, l'externalisation des batteries, le respect des conditions d'installation (notamment l'utilisation du brouillard d'eau), des stratégies de refroidissement efficaces pour préserver non seulement la santé des batteries mais aussi celle de l'environnement opérationnel, et une gestion thermique rigoureuse, les risques d'incendie peuvent être considérablement réduits.

Concernant les actions en cas d'incendie, des procédures pour éteindre les incendies ont été abordées, mettant en avant l'importance d'une intervention rapide et efficace pour limiter les dommages potentiels.

Un plan d'intervention d'urgence bien élaboré et une formation adéquate des premiers intervenants sont cruciaux pour une intervention sécurisée. Des évolutions normatives et réglementaires sont en cours pour renforcer la sécurité des systèmes de stockage stationnaires et protéger les installations et les personnes.

Une telle approche proactive peut non seulement répondre aux réticences liées à l'assurance, mais aussi contribuer à des primes plus compétitives. En travaillant en étroite collaboration avec les assureurs, en leur montrant que tous les aspects de sécurité sont couverts, la confiance peut augmenter et ainsi atténuer les inquiétudes concernant les risques d'incendie.



VI. SOURCES

1. **Rapport de INERIS 204864 2705199-V3**
2. **DNV-GL, Technical Reference for Li-ion Battery Explosion Risk and Fire Suppression,2019**
3. **<https://liiontamer.com/wp-content/uploads/Nexceris-2021-Test-Summary-Report.pdf>**
4. **Stockage stationnaire Groupe de travail du CEA – DGSCGC & SDIS**
5. **Guide euralarm du 15.02.2022**





Fondée en 1983, APL est une société spécialisée dans le conseil, l'ingénierie, la construction et l'exploitation de data centers. A travers sa mission « Organic Design », APL s'engage à créer des data centers en symbiose avec leur environnement, afin que la multiplication des infrastructures numériques soit compatible avec le développement durable des territoires. Ses services s'articulent autour de quatre activités : le conseil et

l'ingénierie des data centers, le conseil et l'ingénierie informatique, la maintenance et l'exploitation, et l'informatique durable.

APL est accrédité en tant que Tier Designer et Operations Specialist par l'Uptime Institute, et a reçu la médaille d'argent dans le classement RSE d'Ecovadis. APL a réalisé des milliers de missions pour des entreprises telles qu'Air France, BNP Paribas, Crédit Agricole, DATA4, Dataxion, Econocom, Equinix, Groupama, Groupe Casino, Digital Realty (ex Interxion), Macif, Orange, Sigma, SNCF, Telehouse, Vinci et de nombreuses organisations du secteur public.

Avec des bureaux à Paris (siège social), Lyon, Marseille, Bordeaux, Rennes, Toulouse et Lausanne, et Milan, APL devrait réaliser un chiffre d'affaires de 60 millions d'euros en 2024, avec plus de 230 collaborateurs, et développe ses activités en Europe et en Afrique.

Georges Ouffoué
Manager du Lab-by-APL



Georges est ingénieur et docteur en informatique diplômé de l'Université Paris-Saclay. Sensible à l'impact du numérique sur l'environnement, il a rejoint la société APL Datacenter en tant que Manager du Lab-by-APL. A ce titre, il pilote des missions client et des projets d'innovation en collaboration avec des partenaires académiques et industriels. Par son expertise technique, il a par ailleurs contribué à la création de plusieurs référentiels dont le référentiel pour l'affichage environnemental des centres de données et des services cloud. Pour finir, Georges est auteur et co-auteur de plusieurs articles et livres blancs dont le livre blanc « Datacenter, maîtriser et optimiser son impact environnemental ».





Dans un monde où la sécurité est une priorité absolue, le recours aux études de vulnérabilité incendie permet garantir la protection de vos biens et de vos employés. L'objectif est de prévenir les risques, de limiter l'impact sur les différents enjeux, de mettre en place des plans d'urgence solides, et de vous offrir la tranquillité d'esprit.

BCFI est un bureau d'études spécialisé dans le management de la sécurité incendie. Lorsque la sécurité de vos employés et de vos biens est en jeu, la prévention des incendies est cruciale. Notre Bureau d'Étude BCFI est votre partenaire de confiance pour cette prévention. Nos missions s'adressent aux entreprises et des institutions de toutes tailles et de tous secteurs d'activité désireuses de mieux maîtriser leurs risques. Nous mettons en œuvre des études de vulnérabilité incendie approfondies, spécifiques à votre environnement, pour identifier les risques et proposer des solutions sur mesure.

Notre équipe est basé sur un réseau d'experts multidisciplinaires, comprenant des ingénieurs et des spécialistes bénéficiant d'expériences professionnelles et de compétences dans le domaine de l'incendie. Notre expertise s'étend bien au-delà des moyens de secours et de protection, englobant des domaines allant de la conception des bâtiments à la mise en place d'un système de management de la sécurité incendie, l'ultime moyen de maîtrise du risque à ce jour.

Avec notre savoir-faire, nous vous aidons à vous préparer à toute éventualité. Travailler avec BCFI, c'est prévenir le risque pour empêcher sa lutte.

Benjamin Cherdron

Fondateur associé
Ingénieur en management du risque
incendie-explosion



Passionné par la prévention du risque incendie, mon objectif est de mettre à profit mon expérience opérationnelle de sapeur-pompier depuis plus de 20 ans et mes compétences acquises dans le management du risque incendie, au service des entreprises. En 2019 je crée la marque BCFI et un bureau d'études avec pour objectif de proposer un service d'accompagnement complet d'amélioration de la sécurité incendie basé sur la prévention. Pour vous c'est transformer la crainte d'un incendie majeur et de ses conséquences, en l'assurance de tout avoir mis en œuvre pour réduire le risque.





Huawei Digital Power est l'un des principaux fournisseurs mondiaux de produits et de solutions d'énergie numérique. Nous nous engageons à intégrer les technologies numériques et électroniques de puissance, à développer une énergie propre et à permettre à la numérisation de l'énergie de conduire la révolution énergétique pour un avenir meilleur et plus écologique. Notre diversité nous permet d'agir sur plusieurs secteurs : la production

d'énergie propre, nous contribuons à créer de nouveaux systèmes électriques qui reposent principalement sur les énergies renouvelables.

Les infrastructures électriques des ICT (technologies de l'information et de la communication) vertes, nous aidons à construire des centres de données et des réseaux de communication verts, à faibles émissions de carbone et intelligents.

Les transports écologiques, nous redéfinissons les expériences de conduite et de sécurité des consommateurs dans les véhicules électriques (VE), accélérant ainsi l'électrification des transports. Huawei Digital Power continue d'innover grâce à une collaboration ouverte avec des partenaires mondiaux pour promouvoir la neutralité carbone. Avec environ 10 000 employés, dont 60 % sont consacrés à la R&D, Huawei Digital Power dessert un tiers de la population mondiale dans plus de 170 pays et régions. Pour plus d'informations, veuillez visiter Huawei Digital Power en ligne à l'adresse <https://digitalpower.huawei.com/en/>

Julien Paynel

Data Center Facility Solutions Expert



Titulaire d'un diplôme d'ingénieur et d'une quinzaine d'année d'expérience professionnelle, Julien Paynel est passionné par le domaine de l'énergie dans un environnement technique. Le monde de l'infrastructure du data center s'est alors imposé à lui comme une évidence en regroupant l'ensemble des technologies : Distribution Electrique HTA/BT, conversion d'énergie, énergie secourue, gestion du refroidissement, Urbanisation des salles IT, etc.





La division Energy Solutions d'Exide Technologies est un leader dans le développement et la fabrication de solutions avancées de stockage d'énergie stationnaire. Ces solutions fonctionnent comme des systèmes de secours essentiels ou de gestion de l'énergie et

intègrent parfaitement les énergies renouvelables.

Les technologies de batteries innovantes d'Exide, basées sur le plomb-acide et le lithium-ion, sont soigneusement conçues pour offrir des solutions sur mesure pour les applications de secours et les applications réseau avant et après compteur.

Exide répond aux besoins d'une large gamme d'industries, notamment les UPS, les télécommunications, la production d'électricité, les data centers, les services d'urgence, les chemins de fer, le secteur médical et bien plus.

Leurs solutions de stockage d'énergie (ESS) basées sur le lithium-ion couvrent une multitude d'applications, telles que les énergies renouvelables, le décalage temporel, l'autoconsommation, le contrôle de la fréquence, le lissage des pics, la charge rapide et le trading d'énergie. Elles sont utilisées pour la recharge de véhicules électriques, l'intégration des énergies renouvelables et bien plus encore. Les produits de solutions énergétiques d'Exide sont réputés pour leur fonctionnalité et leur fiabilité inégalées. Ils offrent de nouvelles sources de revenus pour les clients, facilitent la transition énergétique et améliorent l'efficacité énergétique.

Jean-Claude Sabetta
Product Manager
for UPS Li-Ion batteries EMEA



Jean-Michel Keloumgian
Director sales Lithium UPS segment



VII. ANNEXES

VII.1. Comparaison batterie plomb / batterie lithium-ion

Pour illustrer les différences entre les technologies de batteries disponibles, examinons un cas pratique basé sur un projet nécessitant une puissance informatique (IT) de 1330 kW pour une autonomie de 5 minutes en fin de vie. Trois solutions sont évaluées : batteries au plomb calcium, au plomb pur, et au lithium-ion LFP :

Plomb calcium

Les batteries au plomb calcium sont installées sur un chantier réparti sur 7 niveaux et disposées en 4 rangées. Le poids total des batteries atteint 15,010 tonnes, nécessitant une surface de 5,16 m². La charge projetée au sol s'élève à 2 908 kg/m². Les batteries utilisées sont de type 105 Ah, offrant une capacité raisonnable mais entraînant un encombrement important. Cette solution est la plus lourde et la plus exigeante en termes de superficie.

Plomb pur

En optant pour des batteries au plomb pur, le chantier est organisé sur 6 niveaux, avec également 4 rangées. Cette technologie permet un gain de 12 % en poids, pour un total de 13,200 tonnes. La surface occupée reste inchangée à 5,16 m², mais la charge projetée au sol diminue à 2 557 kg/m² grâce à l'utilisation de batteries de 92 Ah. Cette option offre une réduction modeste du poids et de la charge au sol, tout en maintenant un encombrement similaire au plomb calcium.

Lithium-ion LFP

Les batteries au lithium-ion LFP se distinguent nettement. Ici, seules 4,5 armoires de batteries sont nécessaires, pour un poids total de 5,15 tonnes, représentant un gain spectaculaire de 65 % en poids par rapport au plomb calcium. La surface occupée est réduite de manière drastique à 2,55 m², avec une charge projetée au sol limitée à 2 019 kg/m². Cette technologie offre une compacité et une légèreté incomparables.

Conclusion

Cette analyse montre que les batteries lithium-ion LFP surpassent largement les deux technologies au plomb en termes de poids et d'encombrement. Bien que le plomb pur présente un avantage modéré par rapport au plomb calcium en termes de poids, les coûts d'exploitation et la surface occupée restent équivalents.



En revanche, le lithium-ion LFP s'impose comme la solution idéale pour des projets où la compacité, l'efficacité énergétique et une charge au sol réduite sont essentielles. Ainsi, pour des projets complexes et exigeants, le choix du lithium-ion LFP semble offrir le meilleur compromis entre performance, légèreté et optimisation de l'espace. En conclusion l'utilisation des batteries Lithium entrainerait un plus faible TCO.

VII.2. Normes et standards applicables

Tableau 3 : Arrêté ICPE 2925.2

Thématique	Prescriptions
Implantation et aménagement	Distance minimale de 10 mètres des limites de propriété et des bâtiments
	Accès facilité pour les secours avec signalisation adaptée
	Protection contre les inondations
	Éclairage suffisant pour interventions nocturnes
	Ventilation pour éviter l'accumulation de gaz dangereux
	Dispositifs de rétention des liquides dangereux
	Protection contre la foudre
	Système de surveillance pour détecter anomalies et intrusions
Sécurité et exploitation	Plan d'urgence affiché précisant les mesures en cas d'incident
	Formation du personnel aux procédures de sécurité
	Programme d'entretien régulier des équipements
	Gestion des déchets conforme aux réglementations
	Contrôle des émissions atmosphériques et rejets liquides
	Tenue d'un registre des incidents et contrôles effectués
	Assurance couvrant les risques liés à l'exploitation
	Audits de sécurité périodiques
	Obligation d'informer les autorités en cas d'incident majeur
	Documentation technique accessible en cas de contrôle



Conformité et normes	Respect des normes françaises et européennes en vigueur
	Compatibilité électromagnétique des équipements
	Protection contre les explosions en zones à risque
	Système de gestion de l'énergie pour optimisation
	Mise à la terre des équipements électriques
	Protection contre les surtensions pour les équipements sensibles
	Surveillance continue des paramètres critiques (température, etc.)

Tableau 4 : Principales normes et standards adressant les batteries lithium-ion

Norme	Titre	Description
Arrêté ICPE 2925.2	Ateliers de charge d'accumulateurs électriques	<ul style="list-style-type: none"> - Champ d'application : s'applique aux installations de charge d'accumulateurs stationnaires d'énergie situées en extérieur, mettant en œuvre des technologies au lithium. [Article 1] - Prescriptions générales : inclut des mesures de prévention des risques d'incendie, de protection de l'environnement et de sécurité des personnes. [Articles 2 à 5] - Ventilation : les installations doivent être équipées de systèmes de ventilation adaptés pour éviter l'accumulation de gaz inflammables. [Article 3] - Systèmes de sécurité : obligation d'installer des dispositifs de détection et de lutte contre l'incendie appropriés. [Article 4]
IEC 62485-5	Batteries secondaires au lithium pour applications industrielles	<p>La norme IEC 62485-5 définit les exigences de sécurité pour l'installation et l'exploitation des batteries lithium. Elle insiste notamment sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> -La prévention des risques thermiques : systèmes de gestion de température et dispositifs anti-propagation des incendies. -La protection électrique : prévention des surtensions et isolation des circuits. -Les mesures de sécurité en cas de panne : systèmes de coupure automatique et alarmes de température. -L'encadrement de l'entretien : contrôles réguliers et remplacement des cellules défectueuses.



<p>NFPA 855</p>	<p>Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Séparation et emplacement : les systèmes de stockage d'énergie (ESS) doivent être installés dans des espaces séparés par des barrières coupe-feu de deux heures des autres zones du bâtiment. [Section 4.3.6] - Ventilation : les systèmes de ventilation doivent maintenir les concentrations de gaz, tels que l'hydrogène, en dessous de 1 % pour éviter les risques d'explosion. [Section 2-3.2.1] - Détection et suppression d'Incendie : les ESS doivent être équipés de systèmes de détection de fumée et de suppression d'incendie appropriés. [Table 4.4.2]
<p>ISO 9001</p>	<p>Systèmes de management de la qualité</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion de la qualité : les data centers doivent établir des processus pour assurer la qualité constante des produits, y compris les batteries lithium-ion, en mettant l'accent sur l'amélioration continue et la satisfaction du client. [Chapitre 8] - Planification : identifier les risques et opportunités liés à la qualité des produits et mettre en place des actions pour les aborder. [Chapitre 6]
<p>ISO 14001</p>	<p>Systèmes de management environnemental</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion environnementale : les organisations doivent identifier et gérer les impacts environnementaux de leurs activités, y compris la production, l'utilisation et l'élimination des batteries lithium-ion. [Chapitre 6 et 8]



**GESTION DES RISQUES D'INCENDIE
LIÉS AUX BATTERIES LITHIUM-ION
DANS LES DATA CENTERS**

RETOURS D'EXPÉRIENCE
ET BONNES PRATIQUES
DE PRÉVENTION