



Risques 101 liés à la batterie : Chimie, escalade thermique et mécanismes de sécurité

Comprendre pourquoi les incendies du système de stockage d'énergie de la batterie (SSEB) se produisent est essentiel pour les prévenir. La plupart des systèmes de stockage à l'échelle du réseau utilisent aujourd'hui des batteries lithium-ion, qui offrent une densité énergétique élevée mais peuvent subir des défaillances catastrophiques dans certaines conditions. Un phénomène appelé emballement thermique (ET) est le principal responsable des incendies de batteries. L'emballement thermique est une réaction en chaîne auto-accélérée dans laquelle une cellule de batterie, une fois surchauffée ou endommagée, libère de l'énergie qui chauffe les cellules voisines, provoquant un effet domino pouvant entraîner un incendie, voire une explosion. Les facteurs déclenchant de telles défaillances, ou « conditions d'utilisation abusive », peuvent être de nature électrique, mécanique ou thermique. Les causes courantes comprennent :

- **Surcharge ou décharge excessive** — le dépassement des limites de conception de la batterie génère une chaleur excessive.
- **Court-circuits (défauts internes ou externes)** — ces circuits de dérivation peuvent instantanément dissiper l'énergie sous forme de chaleur.
- **Dommages physiques** — écraser, percer ou faire tomber une batterie peut rompre les couches internes et provoquer un ET.
- **Surchauffe provenant de sources externes** — l'exposition au feu ou à des températures ambiantes élevées peut entraîner une surchauffe incontrôlable des cellules.
- **Défauts de fabrication** — les contaminants ou les défauts dans la construction des cellules peuvent rester inactifs jusqu'à ce qu'ils causent une défaillance.





Le type de batterie et la chimie influencent également le risque. Par exemple, les cellules au lithium nickel-manganèse-cobalt (NMC) ont une densité énergétique très élevée, mais peuvent dégager davantage de chaleur en cas de défaillance, tandis que les cellules au lithium fer phosphate (LFP) sont plus stables sur le plan thermique. C'est pourquoi de nombreux nouveaux déploiements de SSEB privilégient le LFP pour son profil de sécurité. Les batteries à flux et autres technologies chimiques offrent des solutions présentant un risque d'incendie moindre, mais elles comportent d'autres inconvénients. Notre équipe technique se tient au courant de ces développements pour vous conseiller sur la technologie la mieux adaptée du point de vue des risques.

L'atténuation de l'emballage thermique nécessite une approche multicouche dans la conception et le fonctionnement du SSEB. Voici comment les systèmes de pointe (et nos conseils en matière d'ingénierie des risques) permettent de faire face à cette menace :

1 Système de gestion de la batterie (SGB) : Il s'agit du cerveau du système de batterie, qui supervise en temps réel les taux de charge/décharge, les tensions et les températures de chaque chaîne de cellules. Un SGB sert à prévenir les situations dangereuses. Par exemple, il bloquera la charge si une cellule est trop froide (ce qui pourrait entraîner un dépôt de lithium et une défaillance) ou coupera le circuit si une surintensité est détectée. En maintenant l'équilibre et en évitant le stress excessif sur les cellules, le SGB est la première ligne de défense contre les événements thermiques. Les unités modernes du SGB peuvent même prédire les cellules défaillantes grâce à des algorithmes d'état de santé et prendre des mesures préventives. Pour les gestionnaires de risques, un SGB robuste est un incontournable; nous examinons les capacités du SGB des installations des clients et nous nous assurons qu'elles répondent aux normes les plus strictes en matière de surveillance, de contrôle et de verrouillages de sécurité.

2 Système de conversion de l'alimentation (SCA) : Le SCA (onduleurs et commandes associées) connecte le SGB au réseau. En plus de convertir le courant continu de la batterie en courant alternatif, le SCA peut isoler le système de batterie en cas d'anomalies. En cas d'urgence, le SCA doit rapidement mettre hors tension et débrancher une chaîne de batterie ou un contenant défectueux du réseau pour éviter d'alimenter un incendie ou d'être une source d'inflammation lui-même. Nous vérifions que les conceptions de PCA des clients comprennent une fonctionnalité d'arrêt rapide et des relais de protection qui se coordonnent avec le SGS pour une réponse rapide et sécuritaire à tout incident de batterie.

3 Gestion thermique et suppression des incendies : Les systèmes de refroidissement appropriés (air ou liquide) aident à maintenir les batteries à des températures sécuritaires pendant le fonctionnement normal, réduisant ainsi le risque d'emballage thermique. Dans certaines conceptions de SSEB, une suppression active des incendies (p. ex., agents en aérosol, systèmes de pulvérisation d'eau) peut être installée à l'intérieur du contenant pour détecter et éliminer les flammes rapidement. Il est intéressant de noter que lors du test à grande échelle réalisé par Wärtsilä, aucune mesure active de suppression n'a été utilisée (on a laissé le feu brûler), mais l'incendie est resté circonscrit. Cela démontre la valeur des protections passives, mais le cas échéant, nous recommandons une suppression supplémentaire et une détection avancée (fumée, gaz, infrarouge thermique) pour fournir plusieurs couches de défense. Chaque site est unique : nos ingénieurs évaluent si l'ajout d'une suppression réduira considérablement le risque ou si l'accent doit être mis sur le confinement passif (parfois, le déversement d'eau sur un feu de lithium à haute énergie peut créer un ruissellement toxique ou de l'hydrogène gazeux, ces décisions nécessitent donc une expertise).

4

Boîtier robuste et ventilation : Les contenants de batterie eux-mêmes forment une barrière de sécurité essentielle. Les principaux éléments de conception comprennent des murs résistants au feu entre les modules de batterie (pour ralentir ou prévenir la propagation du feu) et des systèmes d'évacuation d'air. Des panneaux anti-déflagration, ou panneaux « anti-explosion », sont intégrés à de nombreux boîtiers SSEB afin de relâcher la pression en toute sécurité en cas d'explosion interne ou de libération rapide de gaz. Le test réalisé par Wärtsilä a validé ce concept : les panneaux ont explosé comme prévu, évacuant le feu et la fumée vers le haut, ce qui a permis de préserver la structure du conteneur et de protéger les unités adjacentes. Une ventilation adéquate garantit que si une batterie se rompt violemment, la force est dirigée loin de l'équipement critique et du personnel (souvent vers le ciel). Notre entreprise accorde une attention particulière à ces caractéristiques dans les installations des clients : nous nous demandons : « Où va l'énergie si quelque chose tourne mal ? » Il est essentiel de s'assurer qu'il n'y a pas d'accumulation dangereuse de gaz explosifs et que les voies de décompression ne sont pas entravées. Nous mettons également l'accent sur des détails simples mais importants, tels que des loquets de porte sécurisés (qui restent fermés sous l'effet de la chaleur, contenant ainsi le feu) et des barrières thermiques intumescentes entre les cellules ou les supports, qui peuvent ralentir ou arrêter la propagation d'un emballage thermique.

5

Maintenance préventive et analyses : La technologie seule ne suffit pas : un programme proactif d'entretien et de surveillance est essentiel. De nombreux incendies de batterie ont été causés par une dégradation ou des dommages inaperçus. Nous guidons les clients dans la mise en œuvre d'analyses prédictives (p. ex., l'utilisation des données du SGS pour repérer les cellules hors tolérance) et d'inspections de routine (scrutation infrarouge pour les points chauds, vérification des fuites d'eau ou de la corrosion, etc.). En détectant les problèmes à un stade précoce, vous pouvez remplacer un module défectueux avant qu'il ne cause problème. Les assureurs s'intéressent de plus en plus aux protocoles de maintenance ; nous veillons à ce que nos clients puissent démontrer qu'ils appliquent des pratiques rigoureuses, ce qui peut avoir une influence favorable sur la souscription.

Essentiellement, une stratégie de sécurité holistique — combinant de bons choix en matière de chimie des batteries, des commandes intelligentes (SGS/PCA), une conception physique robuste et des opérations vigilantes — est la recette pour minimiser les risques d'incendie. Notre pratique Énergie excelle dans l'évaluation de toutes ces couches techniques. Nous parlons le langage des ingénieurs en batteries et tirons parti de ces connaissances pour élaborer des plans de gestion des risques qui interpellent les opérateurs d'usine et les souscripteurs d'assurance.



