Amandine Lecocq
Michel Demissy
Benjamin Truchot

SÉCURITÉ DES BATTERIES
Accompagner le déploiement des batteries Li-ion stationnaires

Dans un contexte de développement des sources d'énergies renouvelables, des solutions techniques doivent être mises en place pour faire face à leur production irrégulière et intermittente. Parmi les systèmes de stockage d'énergie électrique, le stockage électrochimique par l'utilisation de batteries rechargeables de technologie lithium-ion (Li-ion) est l'une des solutions envisagées par les professionnels de la filière en raison de sa densité d'énergie élevée. Le projet européen STABALID (Stationary Battery Li-ion Safe Deployment), qui s'est déroulé du 1er octobre 2012 au 31 mars 2015, avait pour objectif de proposer, à travers une évaluation des risques reconnue et une validation robuste, des méthodologies et procédures d'essais de sécurité sur des batteries Li-ion stationnaires.

Description, objectifs et approche du projet

Le projet STABALID, regroupant 6 partenaires, visait à soutenir le déploiement des batteries Li-ion stationnaires de plus de 1 MWh par le développement, la validation expérimentale et la diffusion d'un standard international d'essais de sécurité pour ces batteries.

L'approche retenue a été de définir des procédures d'essais de sécurité sur la base de scénarios accidentels identifiés lors d'une analyse préliminaire des risques (Work Package WP1). Les procédures d'essais ont été validées expérimentalement (WP2) et proposées au sein de comités de normalisation (IEC 62619 notamment) dans le cadre du WP3. L'évaluation du contexte réglementaire et normatif des batteries stationnaires en Europe a été réalisée dans le cadre du WP4.

FIGURES

Tab1 : Types d'essais retenus dans le cadre du projet STABALID, scénarios associés et phases de cycle de vie concernées

Type d'essai	Exemple de scénario simulé	Principales phases du cycle de vie concernées
Propagation d'un emballement thermique	Défaillance d'une cellule	Utilisation
Surcharge	Défaillance du BMS ou du circuit de charge	Utilisation
Décharge profonde	Recharge/cyclage électrique après un stockage prolongé sans utilisation, Erreur de manipulation, Défaillance du BMS	Stockage, maintenance, Installation, utilisation
Cyclage sans refroidissement à haute température	Défaillance du système de régulation en température	Utilisation
Court-circuit externe	Défaut d'assemblage, Erreur de manipulation	Maintenance, installation, désinstallation
Déformation	Déformation suite à un choc, Chute au cours de la maintenance	Transport (accident), maintenance, Installation, désinstallation
Immersion	Inondation	Utilisation, stockage
Protection en T° du BMS	Exposition du module à une basse T° ou une haute T° en cas de défaillance du système de régulation en T°	Utilisation, stockage, transport
Protection en courant du BMS	Pic de courant élevé provenant de l'application	Utilisation
Protection en tension du BMS	Dépassement de la tension maximale (surcharge) ou minimale (sur-décharge) admissible	Utilisation

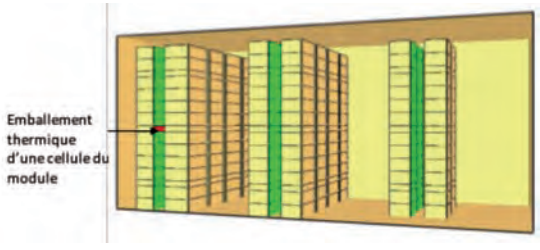

Fig1*a* Géométrie numérique utilisée dans le code FDS

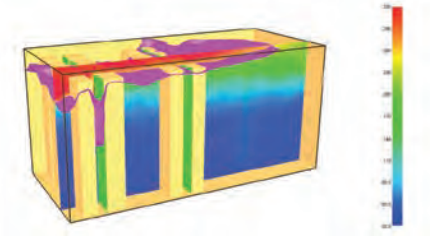

Fig1*b* Modélisation de la température (en °C) au sein du container batterie 90 s après le départ de feu de la première cellule

Principaux résultats

Analyse préliminaire des risques et identification des essais associés

La démarche adoptée pour l'analyse préliminaire des risques a reposé sur : 1/l'identification des risques internes (liés au système batterie) et des risques externes (provenant de l'environnement) à toutes les étapes du cycle de vie de la batterie ; 2/l'évaluation qualitative des risques identifiés (probabilité, gravité de l'évènement) ; 3/l'identification des mesures de maîtrise des risques existantes ; 4/la réévaluation des risques en considérant la mise en application des mesures de maîtrise des risques. À partir de cette analyse, les scénarios accidentels les plus redoutés ont été définis ainsi que les essais associés (**Tab1**). Les procédures d'essais finalisées et validées expérimentalement par l'INERIS (plateforme d'essai Steeve Sécurité) et le Technischer Überwachungsverein Köln (TÜV) ont ensuite été proposées au sein du comité IEC pour le standard IEC 62619.

Modélisation numérique

Dans les standards de tests de sécurité, les essais doivent être réalisés sur une unité représentative du système complet (un module par exemple). L'extrapolation des effets à plus grande échelle n'est pas abordée. Les travaux du projet STABALID ont montré qu'il était possible de réaliser des modélisations numériques pour évaluer les conséquences accidentelles (effets thermiques et toxiques) à grande échelle, en s'appuyant sur des données expérimentales obtenues à plus petite échelle. Une modélisation numérique d'un container de batteries a été réalisée avec le logiciel FDS (Fire Dynamic Simulator). Un départ de feu d'une cellule sur un module (en rouge sur la **Fig1**) a été modélisé. À partir des données expérimentales (puissance dégagée par le feu d'une cellule, température d'emballement thermique…) et avec les paramètres d'entrée considérés, il a été montré que le feu pouvait se propager à quelques cellules de modules voisins, mais que dans le scénario considéré et les hypothèses retenues, les effets restaient confinés dans le container.

Contexte normatif et réglementaire

Les normes pour l'évaluation de la sécurité des systèmes de stockage stationnaire peuvent être classées selon leur approche. Les standards de tests de sécurité/abusifs et/ou tests de performance consistent à décrire des procédures d'essais que doivent subir les systèmes électrochimiques ; ils sont généralement spécifiques à une technologie de batterie et/ou à une application donnée. D'autres standards ont une portée plus générale : ils visent à évaluer la sécurité de l'ensemble du système et non pas uniquement le système de stockage tel que la batterie. Ces standards en cours de développement (UL 9540, IEC TS 62937) ne sont pas exclusivement basés sur une approche de tests de sécurité ; ils incluent également des recommandations en termes de construction, d'instructions et de marquage. D'un point de vue réglementaire, les batteries stationnaires sont notamment concernées par la Directive Batterie 2006/66/EC dont les exigences reposent essentiellement sur les procédures de collecte et le retraitement des déchets, la Directive Seveso 2012/18/EU même si la spécificité des systèmes de stockage stationnaire n'est pas prise en compte, et la Directive "Occupation health and safety" 89/391/EEC concernant la sécurité et la santé des travailleurs.

Conclusion

L'approche retenue a permis de définir des procédures d'essais robustes, reproductibles et représentatives de scénarios accidentels que peuvent rencontrer des batteries Li-ion utilisées pour des applications stationnaires. Pour évaluer les conséquences accidentelles à grande échelle, des modélisations numériques ont été réalisées pour un scénario donné en s'appuyant sur des données expérimentales obtenues à plus petite échelle. Ces travaux montrent la possibilité d'étendre ce type d'étude en considérant d'autres scénarios accidentels potentiels. D'un point de vue réglementaire, la spécificité des systèmes de stockage stationnaires (substances dangereuses fractionnées) n'est pas prise en compte dans la Directive Seveso 2012/18/EU. Il n'a pas été recommandé de modifier la Directive mais de proposer la rédaction d'un guide technique décrivant la méthodologie d'évaluation de la sécurité des batteries utilisées pour les applications stationnaires. D'un point de vue normatif, les travaux engagés dans le cadre du TC 120 (IEC TS 62937, Guide 104) et au sein d'UL (UL9540) donnent des principes sur lesquels les réglementations peuvent s'appuyer. L'INERIS continue d'accompagner le déploiement des batteries stationnaires, en participant notamment activement aux travaux du TC120 sur les aspects sécurité.

TRANSLATION

The development of the Smart Energy Networks is a key priority to facilitate the transition to a more sustainable energy supply in Europe. Li-ion battery is a very promising technology for improving the penetration of renewable energy sources in the energy mix and enabling a better management of energy in the European grid. The overall objective of the STABALID project was to facilitate the deployment of safe stationary batteries with energy content over 1 MWh. To this end, the consortium developed relevant, robust and reproducible safety testing procedures for stationary batteries that were experimentally validated and proposed to IEC committee. Numerical modelling aiming to assess the accidental consequences (fire, thermal effects and toxic threats) at large scale was also performed for a defined scenario. Regulatory and normative frameworks regarding stationary batteries were assessed and some recommendations were addressed.
Acknowledgment: This project has received funding from the European Union's Seventh Framework Program for research, technological development and demonstration under grant agreement no 308896.

RÉFÉRENCES

[1] http://stabalid.eu-vri.eu/

[2] F.J.Soares, L.Carvalho, I.C.Costa, J.P.Iria, J.-M.Bodet, G.Jacinto, A.Lecocq, J. Roessner, B.Caillard, O.Salvi, *"The STABALID project: Risk analysis of stationary Li-ion batteries for power system applications".* Reliability Engineering and System Safety140 (2015) 142–175.

[3] IEC 62619 : *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Safety requirements for large format secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications.*