



Résumé de recherche - Transport maritime des systèmes de stockage d'énergie (SSE) : Évaluation des risques et analyse réglementaire

Transport des marchandises dangereuses | Division de développement, promotion et coordination de recherche en TMD

RÉSUMÉ

Cette recherche a évalué les dangers liés aux types de systèmes de stockage d'énergie (SSE) disponibles dans le commerce pour leur transport par voie maritime dans des espaces clos, conformément au *Code maritime international des marchandises dangereuses* (CMIMD) en vigueur. Les espaces fermés tels que les cales à conteneurs ou les espaces fermés de roulage (ro-ro) ont été pris en compte. Dans le cadre de cette étude d'évaluation des dangers, les types de SSE considérés sont ceux qui sont transportés en tant que marchandises dangereuses (c'est-à-dire qui ne sont pas utilisés pour la propulsion du navire). Les résultats de la recherche indiquent que ces marchandises sont considérées comme présentant un degré élevé de danger compte tenu des exigences réglementaires actuelles, ce qui a conduit les expéditeurs à prendre des précautions allant au-delà de ce qui est prescrit par les réglementations en vigueur.

CONTEXTE

Un système de stockage d'énergie est défini comme un dispositif de stockage d'énergie constitué d'un boîtier extérieur contenant une cellule d'énergie de grand format (par exemple, une batterie) ainsi que les sous-systèmes auxiliaires nécessaires au soutien physique, à la protection, à la gestion thermique et au contrôle. Comme beaucoup de ces systèmes sont fabriqués à l'étranger, ils seront probablement transportés vers le Canada et vers d'autres pays par voie maritime. Ces systèmes pourraient aussi être transportés à l'intérieur du Canada par navire. Compte tenu du caractère confiné de la cale à cargaison d'un navire, de l'accès restreint ou de l'inaccessibilité de la zone par le personnel d'intervention, et du nombre réduit de ressources d'intervention en mer par rapport à la terre, un incident en mer au cours duquel un SSE devient instable (par exemple, prend feu ou libère des gaz ou des liquides dangereux) pourrait nécessiter

une intervention différente de celle qui est prévue pour les incidents à terre. Par conséquent, il est impératif de procéder à une évaluation adéquate des dangers que ces systèmes de transport d'énergie peuvent présenter au cours d'un transport maritime et de déterminer les lacunes en matière de connaissances et les enjeux potentiels afin de s'assurer qu'un cadre réglementaire approprié pour leur transport est en place pour promouvoir la sécurité publique.

OBJECTIF

L'objectif de cette recherche était d'effectuer une évaluation des dangers liés à la présence de SSE dans les espaces clos à cargaisons pendant le transport maritime.

MÉTHODES

Les types de SSE disponibles dans le commerce et les réglementations correspondantes ont été examinés. Des informations sur les différents types de navires et les propriétés physiques et chimiques de chaque type de SSE identifié ont été recueillies. À partir de toutes ces informations, une évaluation des dangers (HAZID) a été réalisée afin d'identifier les modes de défaillance possibles pour chaque type de SSE et les conséquences potentielles, ainsi qu'un examen des mesures de protection existantes conçues pour atténuer les risques liés aux scénarios dangereux identifiés. Sur la base des contributions de l'analyse HAZID, des entretiens avec des experts en la matière et des points de vue de ceux qui ont l'expérience de l'expédition de SSE par des navires, les lacunes en matière de connaissances et les éléments réglementaires ont été identifiés, et des pistes possibles ont été suggérées dans le but d'accroître la sécurité.

RÉSULTATS

L'analyse a permis de dégager les principales conclusions suivantes concernant le transport de SSE par voie maritime :

- Une enquête sur les SSE disponibles dans le commerce a révélé qu'il existait sept (7) types de systèmes basés sur différentes technologies de cellules d'énergie, à savoir : batteries lithium-ion (BLI), batteries sodium-ion (BSI), batteries plomb-acide et à base de nickel, de zinc et de sodium (à l'exclusion des BSI), batteries à flux, condensateurs électrochimiques, matériaux à changement de phase (MCP) et stockage thermo-chimique de la chaleur (STCC).
- La plupart des contributions suggèrent que les BLI sont le principal sujet de préoccupation pour le transport maritime. Il existe un certain nombre de conditions d'abus susceptibles de perturber les structures chimiques typiquement équilibrées des BLI qui, à leur tour, peuvent générer suffisamment de chaleur pour déclencher des réactions chimiques exothermiques susceptibles de conduire à un emballement thermique. L'emballement thermique, qui se caractérise par un phénomène d'auto-échauffement incontrôlé, peut provoquer un incendie ou une explosion en raison de la libération de gaz inflammables et potentiellement toxiques. La gravité et l'intensité de l'emballement thermique d'une BLI dépendent de son état de charge (EDC). Les BLI sont transportées avec un EDC non nul, de sorte que ce danger est toujours présent pendant le transport.
- Bien que les BSI soient nouveaux sur le marché, les faits montrent qu'ils présentent les mêmes dangers que les BLI dans les pires scénarios.



Toutefois, certains types de BSI sont plus stables en ce qui concerne l'emballage thermique et peuvent être transportés à un EDC proche de 0 %, ce qui réduit considérablement le risque pour la sécurité.

- Le principal danger identifié pour les SSE constitués de batteries au plomb-acide, de batteries à base de nickel, de batteries à base de zinc, de batteries à base de sodium ou de batteries à flux pendant le transport maritime est le danger posé par leurs électrolytes spécifiques. Les électrolytes (s'ils sont réglementés) et les batteries sont traités dans le CMIMD lorsqu'ils sont transportés séparément. Cependant, ces types de SSE ne peuvent pas être transportés en tant que SSE complet de la taille d'une unité de transport de fret (UTF) selon la réglementation en vigueur. Dans les pays où le transport de tels types de SSE est considéré, les autorités peuvent évaluer les demandes de mesures de conformité alternatives pour leur transport sûr.
- Les condensateurs électrochimiques doivent être non dangereux ou faire partie d'un SSE à puissance optimisée (c'est-à-dire couvert par les autres SSE inclus dans cette étude). Le risque d'autodécharge des condensateurs est élevé, c'est pourquoi ils sont transportés à un EDC proche de 0 %.
- Les SSE de type MCP et STCC ont été inclus dans le champ d'application de cette étude, mais les dangers qu'ils présentent sont très spécifiques à la technologie, en fonction des produits chimiques utilisés. Il n'a donc pas été possible de dresser une liste de dangers généraux pour ces types de SSE.

Les conclusions qui pourraient avoir un impact sur la sécurité du transport des SSE sont les suivantes :

- L'EDC est un facteur de risque important pour de nombreux types de systèmes de stockage d'énergie par batterie (SSEB). Plus l'EDC est élevé, plus le SSEB est sensible et réactif. Certains types de SSEB peuvent être transportés à un EDC proche de 0 % sans être endommagés, ce qui réduit considérablement les dangers et les risques qu'ils présentent. Malgré cela, l'EDC n'est actuellement pas réglementé pour le transport dans le CMIMD. Cependant, viser un EDC d'environ 30 % pour les BLI classées sous les numéros UN 3480 et UN 3481 dans certains cas est une meilleure pratique courante, et elle est obligatoire pour le transport aérien conformément aux *instructions techniques pour la sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses* de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).
- Bien que le CMIMD autorise l'arrimage des SSEB sous le pont, les entretiens avec les fabricants et les opérateurs maritimes ont révélé que la pratique préférée consiste à expédier les SSEB sur le pont des navires porte-conteneurs ou dans un espace ro-ro. Cette position est justifiée par les points suivants, qui ont été exprimés au cours de l'analyse HAZID et des entretiens, et qui trouve écho dans l'analyse des lacunes en matière de connaissances et réglementaire de ce projet :
 - L'équipage n'est généralement pas autorisé



- à pénétrer dans les cales des porte-conteneurs, ce qui signifie qu'il ne peut pas inspecter la cargaison ou prendre des mesures manuelles en cas d'urgence, à l'exception de l'utilisation des systèmes fixes d'extinction d'incendie disponibles, le plus souvent des systèmes au dioxyde de carbone, qui peuvent ne pas être efficaces en cas d'incendie de batterie et qui représentent une approche unique d'atténuation des risques.
- Les espaces ro-ro et les espaces de chargement sur le pont peuvent être inspectés, ce qui permet de prendre des mesures d'atténuation manuelles. Des systèmes d'extinction fixes, le plus souvent à base d'eau, sont également disponibles dans les espaces ro-ro.
 - Si un SSEB tombe en mode de défaillance, beaucoup d'entre eux dégageront des gaz, notamment de l'hydrogène et du méthane, qui peuvent s'accumuler dans les espaces clos et créer une atmosphère explosive.
 - La détection des défaillances de SSE et les capacités de lutte contre l'incendie à bord qui répondent aux exigences minimales actuelles sont insuffisantes dans les espaces clos des cargaisons pour faire face aux dangers que représentent les SSE. Sur la base d'entretiens avec les exploitants de navires, il a été déterminé que des moyens améliorés de détection et d'évaluation des conditions dangereuses à l'intérieur des conteneurs ou des espaces à cargaison pourraient être envisagés. Parmi ces moyens, on peut citer les détecteurs de gaz fixes et manuels, ainsi que les caméras infrarouges (IR). Les outils de lutte contre l'incendie ne sont pas actuellement réglementés pour des cargaisons de SSE spécifiques, de sorte que d'autres outils et pratiques pourraient également être envisagés.
 - Il existe des incertitudes concernant les exigences relatives aux boîtiers extérieurs des SSE de grand format à base de BLI. Le boîtier extérieur du SSE transporté sous le numéro UN 3536 « Batteries au lithium installées dans l'unité de transport de fret : batteries au lithium ionique ou batteries au lithium métal » n'est pas nécessairement conforme aux mêmes exigences qu'un conteneur de fret, et les réglementations relatives aux boîtiers extérieurs sont ambiguës.
 - Les compagnies maritimes ont exprimé leur inquiétude quant au transport de batteries usagées ou recyclées.

CONCLUSION

L'une des principales conclusions de ce projet est que la plupart des navires et des systèmes de protection (sécurité incendie, détection, extinction, protection, etc.) n'ont pas été conçus pour ces types particuliers de marchandises dangereuses, sur la base d'un examen de la littérature, des incidents et des réglementations, de la réalisation de l'analyse HAZID et d'entretiens avec les fabricants et les exploitants de navires. Plus précisément,



ces navires ne sont pas spécialement conçus pour faciliter ou répondre à la nécessité de gérer en toute sécurité les dangers d'explosion ou de manipuler les quantités importantes d'eau de lutte contre l'incendie qui seraient nécessaires en cas d'incident lié aux SSE. En outre, les équipages des navires n'ont pas tous reçu une formation suffisante pour leur permettre de réagir efficacement et en toute sécurité en cas d'incident, compte tenu de l'absence de moyens de détection précoce et des limites associées aux moyens actuels de lutte contre l'incendie.

À la lumière de ce qui précède, l'étude conclut que les SSE expédiés en tant que cargaison dans des espaces clos à bord des navires sont considérés comme présentant un niveau de risque élevé. Les fabricants et les exploitants de navires prennent des précautions supplémentaires pour l'emplacement d'arrimage des SSE.

INTERVENTIONS FUTURES

Transports Canada (TC) utilisera les résultats de cette recherche pour alimenter les discussions sur ce sujet avec les différents organismes de réglementation du transport de marchandises dangereuses par voie maritime.

RÉFÉRENCES

Titre : Marine Transport of Energy Storage Systems (ESS): Hazard Assessment and Regulatory Analysis

Numéro de TP : TP 15576F

Numéro de catalogue : T44-3/39-2024E-PDF

ISBN : 978-0-660-69525-9

REMERCIEMENTS

Ce projet a été financé par TC et réalisé par la Fire Protection Research Foundation (FPRF).

Des remerciements sont adressés aux membres de l'équipe de recherche principale et du groupe technique du projet FPRF.

CONTACTEZ-NOUS

Pour obtenir une copie du rapport, veuillez communiquer avec :

Division de développement, promotion et coordination de recherche en TMD
TC.TDGRsearchDevelopment-DeveloppementderechercheTMD.TC@tc.gc.ca

MOTS CLÉS

Stockage d'énergie, SSE, batterie, SSEB, transport de marchandises dangereuses, TMD, CMIMD, batteries, évaluation des dangers.