



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT MARITIME M20P0230

EXPLOSION D'UNE BATTERIE

Remorqueur *Risco Warrior*
Bras Bute (Colombie-Britannique)
7 août 2020

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 3. Pour de plus amples renseignements, se référer à la Politique de classification des événements au www.bst.gc.ca.

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

CONDITIONS D'UTILISATION

Utilisation dans le cadre d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre

La *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* stipule que :

- 7(3) Les conclusions du Bureau ne peuvent s'interpréter comme attribuant ou déterminant les responsabilités civiles ou pénales.
- 7(4) Les conclusions du Bureau ne lient pas les parties à une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Par conséquent, les enquêtes du BST et les rapports qui en découlent ne sont pas créés pour être utilisés dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Avisez le BST par écrit si le présent rapport d'enquête est utilisé ou pourrait être utilisé dans le cadre d'une telle procédure.

Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le contenu du présent rapport d'enquête en totalité ou en partie à des fins non commerciales, dans un format quelconque, sans frais ni autre permission, à condition :

- de faire preuve de diligence raisonnable quant à la précision du contenu reproduit;
- de préciser le titre complet du contenu reproduit, ainsi que de stipuler que le Bureau de la sécurité des transports du Canada est l'auteur;
- de préciser qu'il s'agit d'une reproduction de la version disponible au [URL où le document original se trouve].

Reproduction commerciale

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu du présent rapport d'enquête, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite du BST.

Contenu faisant l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie

Une partie du contenu du présent rapport d'enquête (notamment les images pour lesquelles une source autre que le BST est citée) fait l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie et est protégé par la *Loi sur le droit d'auteur* et des ententes internationales. Pour des renseignements sur la propriété et les restrictions en matière des droits d'auteurs, veuillez communiquer avec le BST.

Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête sur la sécurité du transport maritime M20P0230* (publié le 2 mars 2022).

Bureau de la sécurité des transports du Canada
200, promenade du Portage, 4^e étage
Gatineau QC K1A 1K8
819-994-3741 ; 1-800-387-3557
www.bst.gc.ca
communications@bst.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2022

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport maritime M20P0230

N° de cat. TU3-12/20-0230F-PDF

ISBN 978-0-660-42022-6

Le présent rapport se trouve sur le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada à l'adresse www.bst.gc.ca

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base.....	4
1.1 Fiche technique du navire.....	4
1.3 Déroulement de l'événement.....	8
1.4 Conditions environnementales.....	9
1.5 Avaries.....	10
1.6 Certification et expérience du personnel.....	11
1.7 Certification et inspection du navire.....	12
1.8 Programme de conformité des petits bâtiments.....	12
1.9 Campagnes d'inspection concentrées de Transports Canada	13
1.10 Règlements régissant l'inspection des remorqueurs dans d'autres pays	14
1.11 Rapport découlant d'une inspection indépendante.....	15
1.13 Installation et ventilation des batteries.....	17
1.14 Batteries d'accumulateurs au plomb et leur maintenance.....	19
1.15 Rapports de laboratoire du BST.....	20
1.16 Examen du groupe de batteries de 32 V c.c. et du système de charge	20
1.17 Responsabilités du représentant autorisé	24
1.18 Culture de sécurité et systèmes de gestion de la sécurité.....	24
1.19 Liste de surveillance du BST.....	27
1.20 Événements antérieurs	27
2.0 Analyse.....	29
2.1 Explosion de la batterie.....	29
2.2 Surveillance réglementaire	30
2.3 Responsabilités du représentant autorisé	31
2.4 Systèmes de gestion de la sécurité et culture de sécurité.....	32
3.0 Faits établis	34
3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	34
3.2 Faits établis quant aux risques.....	34
3.3 Autres faits établis	34
4.0 Mesures de sécurité	36
4.1 Mesures de sécurité prises.....	36

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT MARITIME M20P0230

EXPLOSION D'UNE BATTERIE

Remorqueur *Risco Warrior*
Bras Bute (Colombie-Britannique)
7 août 2020

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales. **Le présent rapport n'est pas créé pour être utilisé dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.** Voir Conditions d'utilisation à la page 2.

Résumé

Le 7 août 2020, alors que le remorqueur *Risco Warrior* retenait le chaland *Western Carrier* contre le quai de la pointe Mellersh dans le bras Bute (Colombie-Britannique), une explosion est survenue dans le compartiment des batteries situé dans la cambuse du remorqueur. Le navire a subi des dommages structuraux, et 2 membres d'équipage à bord ont subi des blessures mineures.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Fiche technique du navire

Nom du navire	<i>Risco Warrior</i>
Numéro officiel	313917
Port d'immatriculation	New Westminster (BC)
Propriétaire enregistré	GloryDays Towing Ltd.
Pavillon	Canadien
Type	Remorqueur
Matériau de construction	Acier
Type de construction	Bordé à franc bord
Jauge brute	14,27
Longueur (enregistrée)	11,49 m
Largeur hors membrures	3,51 m
Construction	1961
Propulsion	2 moteurs diesel de 340 kW (total)
Équipage	3

1.2 Description du navire

Le remorqueur *Risco Warrior* (figure 1) a été construit par Swiftsure Towing Co. Ltd. à New Westminster (Colombie-Britannique). Glory Days Towing Ltd.¹, le représentant autorisé (RA)², a fait l'acquisition du *Risco Warrior* en 2008 et l'utilise pour remorquer des chalands comme le *Western Carrier*³.

Figure 1. Le remorqueur *Risco Warrior* (Source : Marine Link Transportation Ltd.)



La timonerie du *Risco Warrior* se trouve dans la superstructure située sur le pont principal. Elle comprend 1 barre à roue, 2 commandes du moteur principal, des panneaux d'interrupteurs électriques et électroniques, 2 ampèremètres, 1 compas magnétique, 1 GPS (système de positionnement mondial), 1 système d'identification automatique,

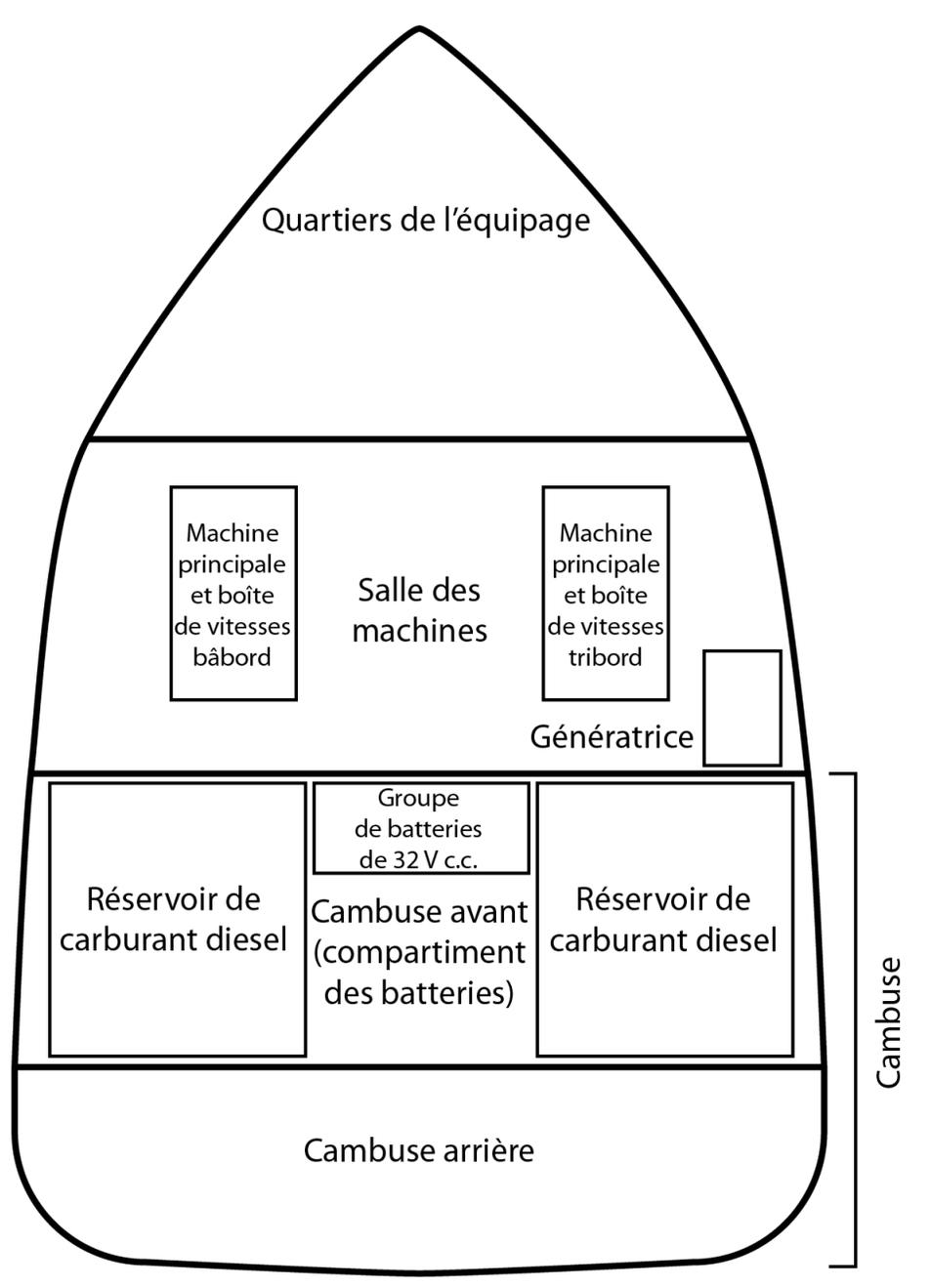
¹ Marine Link Transportation Ltd. a octroyé un contrat à Glory Days Towing Ltd., lequel est propriétaire et fournisseur des navires. Le propriétaire de Marine Link Transportation Ltd. est également un partenaire de Glory Days Towing Ltd.

² La *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada* définit le rôle du représentant autorisé comme suit : « Tout bâtiment canadien doit relever d'une personne responsable — le représentant autorisé — chargée au titre de la présente loi d'agir à l'égard de toute question relative au bâtiment dont aucune autre personne n'est responsable au titre de celle-ci. » (Source : Gouvernement du Canada, *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada* [L.C. 2001, ch. 26] [modification le 30 juillet 2019], paragraphe 14(1)).

³ Le chaland en acier *Western Carrier* a été construit en 1962 comme chaland de transport de marchandises en haute mer à plat-pont. Sa jauge brute est de 266,76, sa longueur enregistrée est de 36,58 m et sa largeur hors membrures est de 11,58 m.

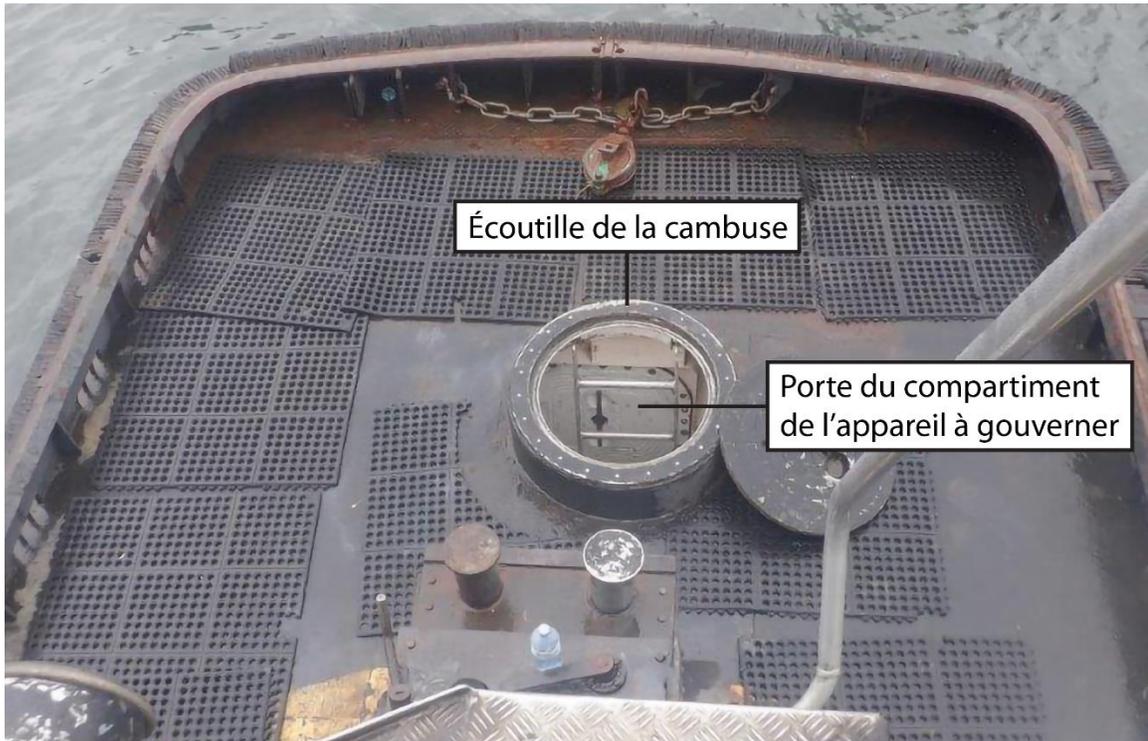
3 radiotéléphones à très haute fréquence (1 avec appel sélectif numérique), 1 échosondeur et 1 traceur radar.

Figure 2. Schéma illustrant la disposition générale du remorqueur *Risco Warrior*
(Source : Glory Days Towing Ltd., redessiné par le BST)



Les quartiers de l'équipage se situent sous le pont principal, à l'avant, la salle des machines est derrière les quartiers de l'équipage, et la cambuse se trouve derrière la salle des machines (figure 2). La cambuse est munie d'une ouverture d'accès avec une hiloire sur le pont principal. L'étanchéité de l'hiloire est assurée par un panneau d'écotille qu'on peut fermer au moyen d'un tourniquet (figure 3). Le remorqueur est muni d'une passerelle haute avec des commandes des machines.

Figure 3. Écoutille du pont arrière pour accéder au compartiment des batteries avec porte du compartiment de l'appareil à gouverner (Source : Accurate Appraisals & Marine Surveys Ltd., avec annotations du BST)



L'intérieur de la cambuse est séparé en 2 compartiments non ventilés (avant et arrière) par une cloison étanche. La section avant de la cambuse (connue à bord comme le compartiment des batteries) comprend 2 réservoirs de carburant (bâbord et tribord). Le groupe de batteries de 32 volts en courant continu (V c.c.) est composé de 4 batteries de 8 V c.c. et est situé entre les 2 réservoirs de carburant (figure 4). Un réservoir d'eau douce et l'appareil à gouverner sont, quant à eux, situés dans le compartiment arrière de la cambuse. L'ouverture dans la cloison qui mène au local de l'appareil à gouverner est fermée par une porte étanche en acier qu'on peut fermer au moyen d'un tourniquet (figure 3).

Figure 4. Photographie prise 2 mois avant l'événement qui illustre le groupe de 4 batteries de 8 V c.c. situé dans la partie avant de la cambuse entre les 2 réservoirs de carburant (Source : Accurate Appraisals & Marine Surveys Ltd.)



1.3 Déroulement de l'événement

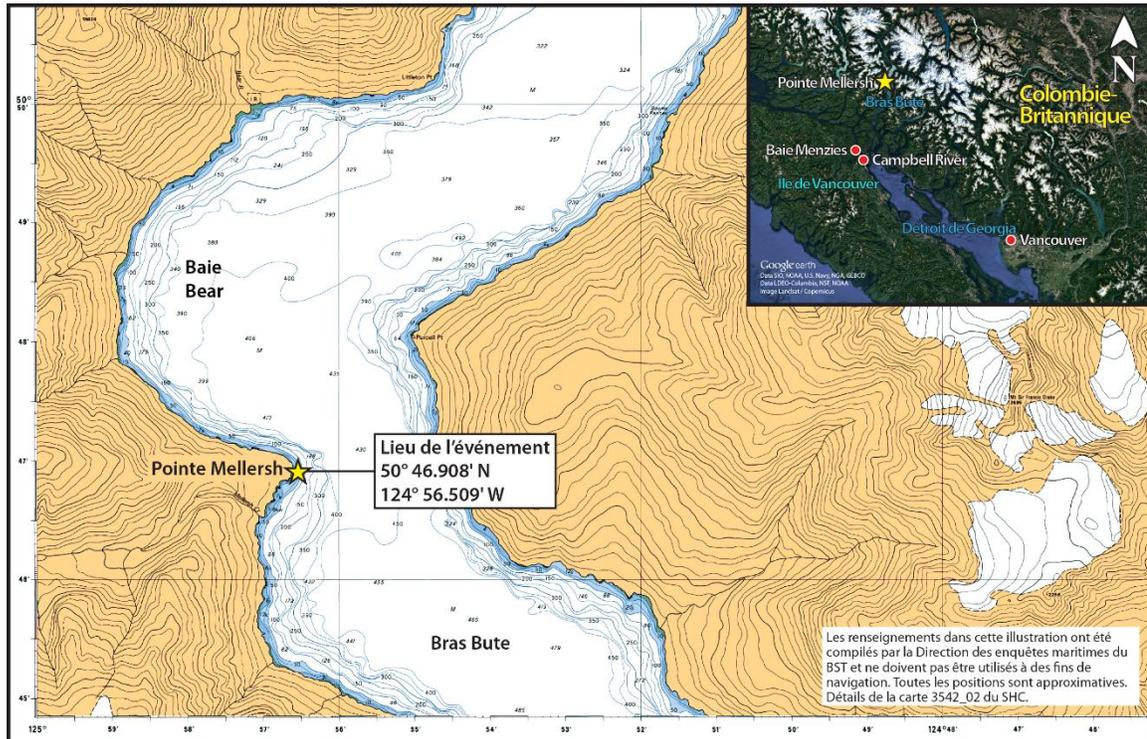
Le 4 août 2020, à environ 15 h⁴, le capitaine du remorqueur *Risco Warrior* a vérifié certains des éléments de la liste de vérification avant le départ, comme le niveau de liquide des moteurs, mais il n'a pas vérifié le niveau d'eau des batteries.

À environ 19 h 25, le *Risco Warrior* a quitté la baie Menzies (Colombie-Britannique) en remorquant le chaland *Western Carrier*. L'équipage comptait 3 membres à bord : le capitaine, un officier de pont et un matelot de pont.

Du 4 au 7 août, le remorqueur a effectué des arrêts pour charger et décharger le chaland. Le 7 août, à environ 12 h 15, le remorqueur est arrivé à la pointe Mellersh dans le bras Bute (Colombie-Britannique) (figure 5). À environ 12 h 30, la rampe de chargement du chaland a été amarrée au quai alors que le remorqueur retenait le chaland contre le quai. À ce moment-là, le capitaine se trouvait dans la timonerie et le matelot de pont, sur le pont principal du remorqueur, alors que l'officier de pont était sur le quai en train de discuter du plan de chargement du chaland avec le client.

⁴ Les heures sont exprimées en heure avancée du Pacifique (temps universel coordonné moins 7 heures).

Figure 5. Lieu de l'événement (Source de l'image principale : Service hydrographique du Canada, carte 3542_02, avec annotations du BST; source de l'image en médaillon : Google Earth, avec annotations du BST)



L'équipage à bord a entendu une explosion et a remarqué que le panneau d'écouille de la cambuse sur le pont principal avait été projeté pour tomber environ 60 m plus loin, dans la mer. Le capitaine a coupé l'alimentation électrique du remorqueur.

Le capitaine a subi des blessures mineures causées par le bruit de l'explosion, et le matelot de pont a subi des blessures mineures causées par le bruit et des débris. Le capitaine a administré les premiers soins au matelot de pont à bord.

Le capitaine a déterminé la source de l'explosion à partir du pont principal et a constaté que le groupe de batteries de 32 V.c.c. était exposé et endommagé. Le capitaine et l'officier de pont ont attendu que les vapeurs émanant de l'explosion se soient dissipées. À environ 14 h 20, l'officier de pont a pulvérisé un mélange de bicarbonate de soude et d'eau douce dans le compartiment des batteries pour neutraliser l'acide qui avait été projeté à l'intérieur lors de l'explosion.

Vers 20 h, le remorqueur *Midnight Drifter* a commencé à remorquer le *Risco Warrior* et le chaland *Western Carrier*. À environ 23 h 15, le contenu du chaland a été déchargé à Campbell River (Colombie-Britannique), et le chaland y a été amarré le 8 août, à environ 0 h 30. Plus tard, le *Risco Warrior* a été remorqué jusqu'à la baie Menzies où il a été amarré en vue d'être réparé.

1.4 Conditions environnementales

Au moment de l'événement, le ciel était dégagé et la visibilité était d'environ 15 milles marins (NM). La mer était calme et la température de l'air était d'environ 14 °C.

1.5 Avaries

Une explosion s'est produite à l'intérieur de la 2^e batterie du côté tribord du groupe de batteries de 32 V c.c., ce qui a endommagé la batterie (figure 6). Les couples structuraux et la cloison, tous deux en acier, adjacents au groupe de batteries dans le compartiment des batteries ont été tordus (figure 7).

Figure 6. La 2^e batterie du côté tribord a été endommagée (dommages encerclés); du bicarbonate de soude a été pulvérisé après l'explosion (Source : Glory Days Towing Ltd., avec annotations du BST)



Figure 7. Dommages au couple structurel et à la cloison qui séparait le compartiment des batteries de la salle des machines (Source : Glory Days Towing Ltd.)



1.6 Certification et expérience du personnel

Au moment de l'événement, le capitaine du *Risco Warrior* détenait un brevet de capitaine, avec restrictions, bâtiment d'une jauge brute de moins de 60, délivré le 22 février 2016. Le brevet était valide pour les remorqueurs exploités ou détenus par Marine Link Transportation Ltd. dans le passage intérieur entre Victoria et Prince Rupert, dans les eaux côtières de la Colombie-Britannique, à 10 NM ou moins du littoral. Le capitaine était également titulaire d'un certificat de formation de conducteur de petits bâtiments et d'un certificat d'opérateur radio – maritime commercial (COR-MC), et avait suivi la formation sur les fonctions d'urgence en mer (FUM) – Sécurité de base. Le capitaine, qui comptait 24 années d'expérience en mer, a commencé sa carrière en tant que matelot de pont dans l'industrie de la pêche et à bord de chalands de débarquement, de remorqueurs et de navires grues. Il s'est joint à Marine Link Transportation Ltd. à titre de capitaine en août 2016.

L'officier de pont détenait un brevet de capitaine, avec restrictions, bâtiment d'une jauge brute de moins de 60, délivré le 26 septembre 2017. Le brevet était valide pour l'exploitation des remorqueurs *Aqua Totem*, *PatyS*, *River Brace* et *Bash* et du navire à passagers *Squamish Relay* dans la baie Howe et le détroit de Quatsino, dans les eaux côtières de la Colombie-Britannique, à 25 NM ou moins du littoral. L'officier de pont, qui comptait

10 années d'expérience en mer, était également titulaire d'un certificat de formation de conducteur de petits bâtiments et d'un certificat FUM. Il s'est joint à Marine Link Transportation Ltd. en avril 2020.

Le matelot de pont possédait 9 années d'expérience en mer, dont 5 à bord de navires de pêche. Il ne détenait pas de certificat FUM. Il s'est joint à Marine Link Transportation Ltd. en février 2020.

1.7 Certification et inspection du navire

En tant que navire d'une jauge brute d'au plus 15 exploité à des fins commerciales, le *Risco Warrior* devait être immatriculé auprès de Transports Canada (TC), mais il n'était pas tenu de faire l'objet d'inspections périodiques par TC ou d'avoir un certificat d'inspection pour être exploité⁵. Toutefois, aux termes de l'article 106 de la *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada* (LMMC 2001), le RA doit veiller à ce que le navire se conforme à tous les règlements applicables.

Même si des inspections périodiques ne sont pas requises, TC peut effectuer une inspection aléatoire de tout navire pour vérifier sa conformité à la LMMC 2001 et à ses règlements⁶.

À la suite de l'enquête sur le naufrage du remorqueur *Syringa* au large de Sechelt (Colombie-Britannique) en 2015, le Bureau a émis la préoccupation suivante liée à la sécurité⁷ :

à défaut d'une surveillance appropriée par le ministère des Transports, les lacunes de gestion de la sécurité et d'exploitation des remorqueurs de moins de 15 tonneaux de jauge brute pourraient n'être pas traitées.

Selon les résultats de l'enquête, rien n'indique que TC avait déjà inspecté le *Risco Warrior*.

1.8 Programme de conformité des petits bâtiments

Le Programme de conformité des petits bâtiments (PCPB) est un programme volontaire de TC qui fournit des outils pour aider les RA (ou les propriétaires) à respecter leurs obligations légales⁸. Dans le cadre du PCPB, les RA sont tenus d'inspecter eux-mêmes leurs navires. Le programme est disponible pour les RA de bâtiments qui ne sont pas des embarcations de plaisance dont la jauge brute ne dépasse pas 15 tonneaux, de bâtiments à

⁵ Transports Canada, DORS/2021-135, *Règlement sur les certificats de sécurité de bâtiment* (modification le 23 juin 2021), section 2, alinéa 11(1)b).

⁶ Gouvernement du Canada, *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada* (L.C. 2001, ch. 26) (modification le 30 juillet 2019), alinéa 16(2)c).

⁷ Rapport d'enquête maritime M15P0037 du BST, section 4.2 : Préoccupations liées à la sécurité.

⁸ Transports Canada, Inscrivez-vous au PCPB : Ce que vous devez savoir avant de vous inscrire, à l'adresse : <https://tc.canada.ca/fr/transport-maritime/inspection-certification-batiments/programmes-conformite-volontaire-bateaux-commerciaux-recreatifs/inscrivez-vous-programme-conformite-petits-batiments> (dernière consultation le 28 juin 2021).

passagers d'une jauge brute maximale de 15 tonneaux et transportant 12 passagers ou moins, et de bâtiments de pêche dont la jauge brute ne dépasse pas 15 tonneaux.

Avant qu'un navire ne soit inscrit au PCPB, il doit être immatriculé auprès de TC. Pour amorcer le processus du PCPB, et sur demande, TC fournit au RA un modèle de rapport et une liste de vérification qui offrent une explication simplifiée des exigences réglementaires applicables, comme les procédures de sécurité, les opérations, l'équipement, la maintenance et la préparation aux situations d'urgence. Ce document est rempli au mieux des connaissances et de la compréhension du RA, bien que le RA puisse demander l'aide de TC ou d'un consultant maritime indépendant.

Une fois que TC a examiné le dossier soumis et conclu que son contenu est satisfaisant, TC inscrit le navire au PCPB et envoie une lettre de confirmation au RA. TC émet également une vignette pour indiquer la conformité; le RA doit l'afficher visiblement sur le navire inscrit.

TC n'effectue pas d'inspections systématiquement lorsqu'un navire est inscrit au PCPB. L'inscription est valide pour une période de 5 ans, au cours de laquelle le RA remplit un rapport annuel pour démontrer la conformité du navire aux exigences réglementaires. Tous les 5 ans, le RA doit soumettre un rapport de conformité détaillé.

Les statistiques fournies par TC au BST le 9 septembre 2020 indiquent qu'un total de 28 728 navires commerciaux immatriculés d'une jauge brute de moins de 15 tonneaux sont exploités au Canada. De ces 28 728 navires, 12 742 sont des navires à passagers et des bateaux de travail, et de ce nombre, 2047 navires (environ 16 %) sont inscrits au PCPB. Cependant, aucun des navires inscrits à ce programme n'est un remorqueur. Le Plan national de surveillance intégré de la Sécurité et sûreté maritimes de TC a enregistré 950 inspections de la conformité des petits bâtiments en vertu de ce plan pendant l'exercice 2019-2020 et 359 en 2020-2021 (soit moins d'inspections que prévu en raison des restrictions en place pendant la pandémie de COVID-19).

Un programme de conformité des petits bâtiments de pêche (PCPB-P) d'une jauge brute de moins de 15 a été établi en juillet 2017 pour aider les propriétaires à satisfaire aux exigences du nouveau *Règlement sur la sécurité des bâtiments de pêche*.

TC a également élaboré un PCPB pour les remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15 (PCPB-R). Ce programme n'était pas en vigueur au moment de l'événement. Un bulletin de la sécurité des navires annonçant l'ajout des remorqueurs au PCPB a été publié le 13 janvier 2022⁹.

1.9 Campagnes d'inspection concentrées de Transports Canada

Sécurité et sûreté maritimes de TC effectue des campagnes d'inspection concentrées (CIC) au moins tous les 2 ans. Une CIC a pour objectif d'aborder certains points particuliers où les

⁹ Transports Canada, Bulletin de la sécurité des navires 01/2022, Nouveau programme de conformité des petits bâtiments destiné aux remorqueurs (13 janvier 2022), à l'adresse <https://tc.canada.ca/sites/default/files/2022-01/SSB-01-2022F.pdf> (dernière consultation le 4 février 2022).

inspecteurs ont noté un nombre élevé de lacunes, ou encore lorsque de nouvelles exigences réglementaires ou de conventions internationales sont récemment entrées en vigueur. Par le passé, TC effectuait seulement des inspections de CIC sur des navires internationaux dans le cadre du Mémoire d'entente de Paris et du Protocole d'entente de Tokyo sur le contrôle des navires par l'État du port. Par la suite, TC a adopté l'approche internationale et a commencé à effectuer des CIC sur des navires canadiens en 2014-2015.

Lors de la CIC menée entre janvier et mars 2017, 30 remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15 et 30 remorqueurs d'une jauge brute égale ou supérieure à 15 ont été inspectés. TC a conclu que les remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15 présentaient plus de cas de non-conformité à la réglementation que les remorqueurs d'une jauge brute égale ou supérieure à 15¹⁰.

La CIC réalisée en 2018-2019 était la quatrième CIC visant des navires canadiens. Selon le rapport découlant de cette CIC¹¹, 83 navires ont été inspectés à l'échelle nationale, dont 49 dans le cadre d'inspections annuelles et 34, d'inspections quadriennales conformément au *Règlement sur l'inspection des coques*¹². Parmi les navires inspectés, aucun n'avait une jauge brute de moins de 15 et 19 étaient des remorqueurs. Les données recueillies ont révélé que les navires inspectés tous les 4 ans présentaient davantage de lacunes que ceux inspectés chaque année.

1.10 Règlements régissant l'inspection des remorqueurs dans d'autres pays

Compte tenu du taux élevé d'incidents mettant en cause des remorqueurs battant pavillon américain, le Congrès américain a revu leur classification en 2004 afin de faire en sorte qu'ils soient assujettis à une inspection. Ainsi, les remorqueurs et les remorques sont désormais visés par une règle précise, élaborée par la U.S. Coast Guard, qui a pour but de réduire le taux d'incidents. En juin 2016, de nouveaux règlements sur les remorqueurs ont été publiés. Ils visaient notamment les remorqueurs qui n'étaient pas inspectés auparavant et dont la longueur est égale ou supérieure à 26 pieds (7,9 m), ainsi que certains remorqueurs de moins de 26 pieds lorsqu'ils remorquent un chaland transportant du pétrole ou d'autres marchandises dangereuses. Un règlement¹³ exigeant que ces remorqueurs soient inspectés par la U.S. Coast Guard ou d'autres organismes tiers (comme les sociétés de classification) est maintenant en vigueur.

¹⁰ Transports Canada, « Findings of the Pacific Region Spot Check Campaign », présentation faite lors d'une réunion de la division régionale du Pacifique du Conseil consultatif maritime canadien (22 mars 2018).

¹¹ Sécurité et sûreté maritimes de Transports Canada, *Rapport sur la Campagne d'inspection concentrée de 2018-2019*.

¹² Le *Règlement sur l'inspection des coques* a été abrogé en 2021, mais il était en vigueur au moment de l'événement.

¹³ U.S. *Code of Federal Regulations* (CFR) 46, sous-chapitre M : Towing Vessels, à l'adresse <https://www.dco.uscg.mil/Our-Organization/Assistant-Commandant-for-Prevention-Policy-CG-5P/Traveling-Inspector-Staff-CG-5P-TI/Towing-Vessel-National-Center-of-Expertise/SubIRegulations-Copy/> (dernière consultation le 29 septembre 2021).

En Australie, les remorqueurs sont considérés comme des navires commerciaux intérieurs et doivent détenir un certificat d'inspection à moins d'avoir une exemption (par exemple, les petits navires en eaux abritées, les petits voiliers et les navires existants qui ne devaient pas faire l'objet d'une inspection avant 2013)¹⁴. Les navires commerciaux intérieurs sont régis par la *Marine Safety (Domestic Commercial Vessel) National Law Act 2012* (Loi nationale de 2012 sur la sécurité maritime [bâtiments commerciaux intérieurs]), qui soutient le système national de sécurité des bâtiments commerciaux intérieurs.

1.11 Rapport découlant d'une inspection indépendante

En juin 2020, une inspection indépendante du *Risco Warrior* a été effectuée pour Glory Days Towing Ltd. afin de vérifier l'état du remorqueur et de l'évaluer à des fins d'assurance. L'inspection a permis de relever un certain nombre de lacunes. Voici celles qui se rapportaient au système électrique (figure 4) :

- Les couvercles de protection des batteries de démarrage et d'alimentation du remorqueur étaient absents.
- Les batteries d'alimentation du remorqueur n'étaient pas fixées en place.
- Les fils et les câbles n'étaient pas protégés contre l'usure par frottement.
- Le système électrique n'était pas de dimension adéquate par rapport à la protection nominale des circuits contre la surcharge.
- Il a été recommandé d'imperméabiliser toutes les connexions du câblage électrique qui pouvaient être exposées à l'humidité.
- Le connecteur d'entrée de l'alimentation à quai en courant alternatif (c.a.) devait être remplacé par un connecteur approprié.

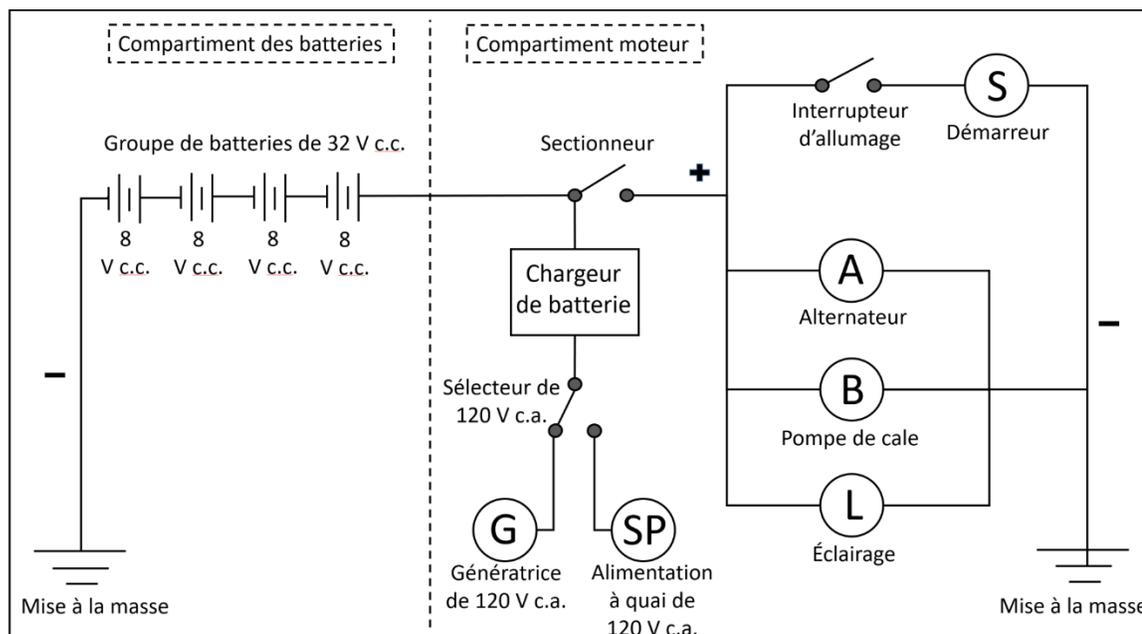
Dans ce rapport, il a également été conseillé aux propriétaires de se conformer aux règlements de TC et de WorkSafeBC ainsi qu'aux autres règles et règlements de sécurité applicables.

1.12 Distribution de la charge électrique

Le groupe de batteries de 32 V c.c. alimentait les démarreurs des moteurs principaux bâbord et tribord, les pompes de cale pour le compartiment des batteries et la salle des machines, 2 projecteurs et tous les appareils d'éclairage de la salle des machines (figure 8).

¹⁴ Australian Maritime Safety Authority, "Certificates of Survey", à l'adresse <https://www.amsa.gov.au/vessels-operators/domestic-commercial-vessels/certificates-survey> (dernière consultation le 28 septembre 2021).

Figure 8. Schéma de distribution de l'alimentation du groupe de batteries de 32 V c.c. montrant comment la charge du groupe de batteries peut être transférée entre la génératrice et l'alimentation à quai (Source : BST, d'après un schéma de Glory Days Towing Ltd.)



Remarque : « V c.a. » signifie « volts en courant alternatif ».

Lorsque les moteurs du remorqueur n'étaient pas en marche et que le sectionneur était enclenché, le groupe de batteries de 32 V c.c. fournissait au besoin la tension nécessaire à l'éclairage de la salle des machines, aux pompes de cale et au démarreur du moteur tribord. Le groupe de batteries de 32 V c.c. était chargé au moyen d'une connexion directe à partir d'un chargeur de batterie de 120 volts en courant alternatif (V c.a.), qui lui fournissait une sortie stable de 32 V c.c. Le chargeur était alimenté soit par une génératrice embarquée, soit par une alimentation à quai, tel qu'il est décrit ci-dessus.

Lorsque le moteur tribord était en marche et que le sectionneur était enclenché, l'alternateur du moteur tribord fournissait au groupe de batteries une tension de recharge de 32 V c.c. La tension de sortie de l'alternateur était de 34 à 36 V c.c. Par conséquent, la tension provenant de l'alternateur tribord était plus forte que la tension provenant du chargeur de batterie.

Quand le moteur tribord était mis hors tension, le chargeur de batterie prenait la relève pour recharger le groupe de batteries de 32 V c.c.

La sortie de la batterie de 12 V c.c. était convertie en 110 V c.a. par un onduleur et était utilisée comme alimentation de secours pour les équipements de navigation et de communication.

L'entreprise changeait le groupe de batteries de 32 V c.c., qui nécessitait un entretien régulier, environ une fois tous les 3 ans. En février 2019, le technicien de l'entreprise a remplacé le groupe de batteries de 32 V c.c. par un nouveau groupe de batteries du même type et de la même configuration.

En mai 2019, l'entreprise a installé une nouvelle génératrice diesel de 7 kW dans la salle des machines pour fournir 120 V c.a. et alimenter tous les services hôteliers, y compris la table de cuisson et le réfrigérateur, ainsi que tous les équipements de navigation et de communication à bord.

1.13 Installation et ventilation des batteries

La cambuse, où étaient installées les batteries, ne disposait d'aucun moyen de ventilation. L'équipage a indiqué que, lorsqu'il devait accéder au compartiment, il laissait l'écouille ouverte pendant quelques heures afin d'aérer le compartiment de façon naturelle. Le compartiment des batteries était un espace clos selon la réglementation de WorkSafeBC¹⁵ et la partie 14 du *Règlement sur la santé et la sécurité au travail en milieu maritime*¹⁶.

Fait établi : Autre

Le groupe de batteries de 32 V c.c. était conservé dans un compartiment non ventilé, qui était un espace clos. WorkSafeBC exige que l'employeur fournisse des procédures écrites à l'intention des membres d'équipage visant à minimiser ou à éliminer les dangers au moment d'entrer dans un espace clos; cependant, aucune procédure écrite de ce genre n'était disponible à bord du *Risco Warrior*.

En plus des règlements, TC publie des normes, des pratiques sécuritaires et des lignes directrices qui régissent la construction et l'exploitation des navires. La norme TP 127 *Normes d'électricité régissant les navires*¹⁷ indique en détail comment les batteries doivent être entreposées, installées et disposées à bord. La norme identifie les risques associés à la charge des batteries à bord et décrit les exigences de ventilation nécessaires pour empêcher l'accumulation de gaz dangereux. La norme définit également les exigences relatives à la fixation des batteries, à la protection des connecteurs de batterie et aux mises à l'essai.

Des informations concernant l'installation des batteries étaient également fournies dans la fiche signalétique (FS) du fabricant des batteries¹⁸. La FS mentionne que de l'hydrogène gazeux hautement inflammable¹⁹ est dégagé pendant la charge et le fonctionnement des batteries. Elle indique également qu'il faut stocker les batteries sous le toit dans des zones

¹⁵ WorkSafeBC, *Occupational Health and Safety Regulation*, Part 9: Confined Spaces, à l'adresse <https://www.worksafebc.com/en/law-policy/occupational-health-safety/searchable-ohs-regulation/ohs-regulation/part-09-confined-spaces> (dernière consultation le 4 février 2022).

¹⁶ Transports Canada, DORS/2010-120, *Règlement sur la santé et la sécurité en milieu maritime* (modification le 1^{er} juillet 2021).

¹⁷ Transports Canada, TP 127 *Normes d'électricité régissant les navires* (2018), à l'adresse <https://tc.canada.ca/fr/transport-maritime/securite-maritime/normes-electricite-regissant-navires-2018-tp-127-f> (dernière consultation le 18 octobre 2021).

¹⁸ Canadian Energy, *Batterie d'accumulateurs au plomb, à électrolyte, remplie d'acide*, SDS Canada, version n° 01 (date d'émission : 05/01/2020).

¹⁹ L'hydrogène est inflammable sur une vaste plage de concentrations dans l'air (de 4 à 74 %) et nécessite moins d'énergie d'inflammation que l'essence ou le gaz naturel, ce qui signifie qu'il peut s'enflammer plus facilement.

fraîches, sèches, bien ventilées et à l'écart des matériaux incompatibles et des activités susceptibles de créer des flammes, des étincelles ou de la chaleur.

En 2016, le capitaine avait remarqué que le groupe de batteries se trouvait dans un compartiment fermé et non ventilé. Il avait informé par écrit le propriétaire et le superviseur de la maintenance des dangers potentiels dus au manque de ventilation. L'enquête n'a pas permis de déterminer si des mesures avaient été prises en réaction à ce signalement.

1.13.1 Système de charge de la batterie

Le chargeur du groupe de batteries de 32 V c.c. était une installation d'origine qui faisait partie du remorqueur lorsque l'entreprise a acheté ce dernier.

Le groupe de batteries de 32 V c.c. avait 2 moyens de charge. Le premier était un panneau de sélection de charge où la sortie d'une génératrice diesel (en mer) ou d'une alimentation à quai était sélectionnée selon les besoins.

Le deuxième moyen de charge était l'alternateur de 32 V c.c. du moteur tribord, qui alimentait directement le groupe de batteries en passant par un sectionneur (figure 8). Le sectionneur était utilisé pour déconnecter électriquement le circuit entre l'alternateur et d'autres équipements vers le groupe de batteries à des fins de maintenance. La génératrice diesel à bord était toujours en service, sauf quand le remorqueur était branché à l'alimentation à quai.

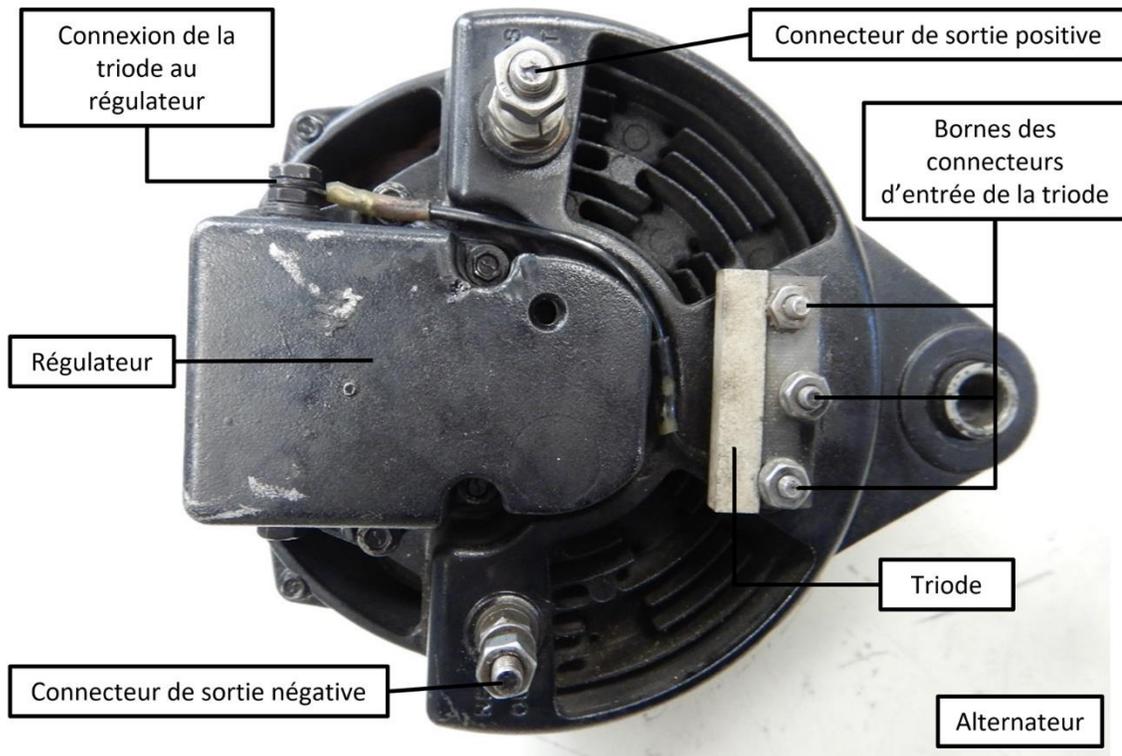
Le chargeur de batterie de 32 V c.c. n'était doté d'aucun système de protection des circuits contre la surcharge²⁰. Au moment de l'événement, les 2 moteurs principaux étaient en marche et le groupe de batteries de 32 V c.c. était chargé simultanément par l'alternateur du moteur tribord et le chargeur de batterie.

1.13.2 Alternateur chargeant le groupe de batteries de 32 V c.c.

L'alternateur n'avait aucun marquage autre qu'un autocollant indiquant « 32 volts » et quelques inscriptions manuscrites. L'enquête n'a pas permis de déterminer le fabricant, la date, le modèle ou le numéro de série de l'alternateur. Les composants de l'alternateur (le régulateur, la triode et les connecteurs) sont représentés sur la figure 9.

²⁰ La protection des circuits contre la surcharge permet d'éviter l'augmentation de la production de chaleur causée par un courant de surcharge.

Figure 8. L'alternateur et ses composants externes (Source : BST)



1.14 Batteries d'accumulateurs au plomb et leur maintenance

Les 4 batteries d'accumulateurs au plomb de 8 V c.c. étaient constituées de plusieurs éléments individuels connectés en série. Les batteries, numéro de modèle S827, ont été fournies par Canadian Energy. Le câble des batteries était un câble de soudage à l'arc, de calibre 2/0 AWG (calibrage américain normalisé des fils). Les câbles de sortie du chargeur étaient calibrés à 600 V et de taille 6 AWG.

Chaque batterie de 8 V c.c. sur le *Risco Warrior* était composée de 4 éléments de 2 V c.c. Dans chaque élément, des plaques de plomb étaient immergées dans l'électrolyte, une solution d'acide sulfurique hautement corrosive. Plus précisément, chaque élément était composé de 12 plaques négatives en plomb spongieux et de 11 plaques positives en dioxyde de plomb, placées en alternance, côte à côte, et immergées dans l'électrolyte. Les plaques positives étaient enveloppées individuellement dans des enveloppes poreuses en polymère pour éviter les courts-circuits. Chaque élément était doté d'un bouchon de remplissage d'eau dans lequel se trouvait une valve mécanique permettant de libérer la pression interne due à l'accumulation de gaz à l'intérieur de la batterie pendant la charge.

L'oxygène contenu dans la matière active (dioxyde de plomb) réagit avec les ions hydrogène pour former de l'eau, et le plomb réagit avec les ions sulfate pour former du sulfate de plomb. Le sulfate de plomb peut s'accumuler lorsque le niveau de la solution baisse et que les plaques sont exposées. Cela entraîne des dommages aux plaques, une réduction de la capacité et une baisse des performances. La solution électrolytique doit couvrir les plaques

en tout temps et il faut régulièrement ajouter de l'eau distillée ou désionisée aux batteries pour compenser les pertes dues à l'ébullition et à l'évaporation.

Un dépliant de 2 pages²¹ est offert à l'achat des batteries. L'une des mesures de sécurité décrites dans le dépliant précise que les plaques doivent être recouvertes avant de charger les batteries. De plus, on doit vérifier les niveaux d'électrolyte et ajouter de l'eau distillée si nécessaire une fois la charge terminée. La fréquence de l'ajout d'eau dépend de l'utilisation, de la méthode de charge et de la température de fonctionnement. Une nouvelle batterie doit être vérifiée toutes les quelques semaines pour déterminer les besoins.

1.15 Rapports de laboratoire du BST

Le BST a produit les rapports de laboratoire suivants dans le cadre de la présente enquête :

- LP140/2020 – Battery explosion [Explosion de la batterie]
- LP095/2021 – Alternator examination and testing [Examen et essais de l'alternateur]

1.16 Examen du groupe de batteries de 32 V c.c. et du système de charge

1.16.1 Groupe de batteries de 32 V c.c.

À la suite de l'événement, le Laboratoire d'ingénierie du BST a examiné le groupe de batteries de 32 V c.c., son chargeur, l'alternateur relié au groupe de batteries par le sectionneur, et le sectionneur lui-même. Dans la batterie endommagée, l'élément 4 avait explosé et l'élément 3 était endommagé. Les niveaux d'électrolyte dans la batterie endommagée étaient de 50 % dans l'élément 1, de 90 % dans l'élément 2, de 25 % dans l'élément 3 et nuls dans l'élément 4. Les niveaux d'électrolyte dans les 3 autres batteries se situaient entre 90 % et 100 % du niveau requis.

L'état de charge des éléments des batteries a également été estimé à l'aide de la méthode décrite dans le *Battery Technical Manual* [manuel technique des batteries] du Battery Council International. L'état de charge est le niveau de charge d'une batterie électrique par rapport à sa capacité et est évalué en pourcentage. Certains éléments affichaient un état de charge de 0 %, ce qui indique que les plaques internes et l'électrolyte avaient commencé à se dégrader, probablement à cause de surcharges.

Tous les éléments des batteries ont été examinés pour détecter des dépôts de sulfate de plomb sur la partie supérieure et visible des plaques. L'examen a révélé ce qui suit :

- Chaque élément de la 1^{re} batterie à partir du côté tribord présentait une accumulation de sulfate de plomb sur la partie supérieure des plaques négatives visibles. L'accumulation dans les éléments 2 et 4 était plus prononcée.

²¹ Canadian Energy, *Automotive Battery – Care and Maintenance*.

- Chaque élément de la 3^e batterie à partir du côté tribord présentait une accumulation de sulfate de plomb sur la partie supérieure des plaques négatives visibles. L'accumulation dans l'élément 3 était plus prononcée.
- Chaque élément de la 4^e batterie à partir du côté tribord présentait une accumulation de sulfate de plomb sur la partie supérieure des plaques négatives visibles. L'élément 2 présentait une plaque positive fissurée et l'élément 3 présentait une accumulation de sulfate de plomb plus prononcée.
- Une accumulation et une cristallisation de sulfate de plomb ont été observées dans l'élément 3 de la batterie endommagée (figure 10).
- Les plaques négatives de l'élément 4 de la batterie endommagée présentaient des signes d'accumulation de sulfate de plomb, de stratification²² et de détérioration du matériau. La 1^{re} plaque positive s'était désintégrée (figure 11).
- Le bouchon de remplissage d'eau de l'élément 4 de la batterie endommagée était absent. L'enquête n'a pas pu déterminer si le bouchon de remplissage était absent avant l'explosion ou à cause de l'explosion.
- Toutes les valves mécaniques de décharge du bouchon de remplissage des 3 batteries non endommagées se sont révélées fonctionnelles.

²² La stratification survient lorsqu'il y a des dommages aux plaques à cause de la présence d'une importante concentration acide sur la partie inférieure de l'élément de batterie et d'une légère concentration acide sur la partie supérieure.

Figure 10. Photos des plaques négatives et positives de l'élément 3 de la batterie endommagée montrant l'accumulation et la cristallisation de sulfate de plomb (Source : BST)

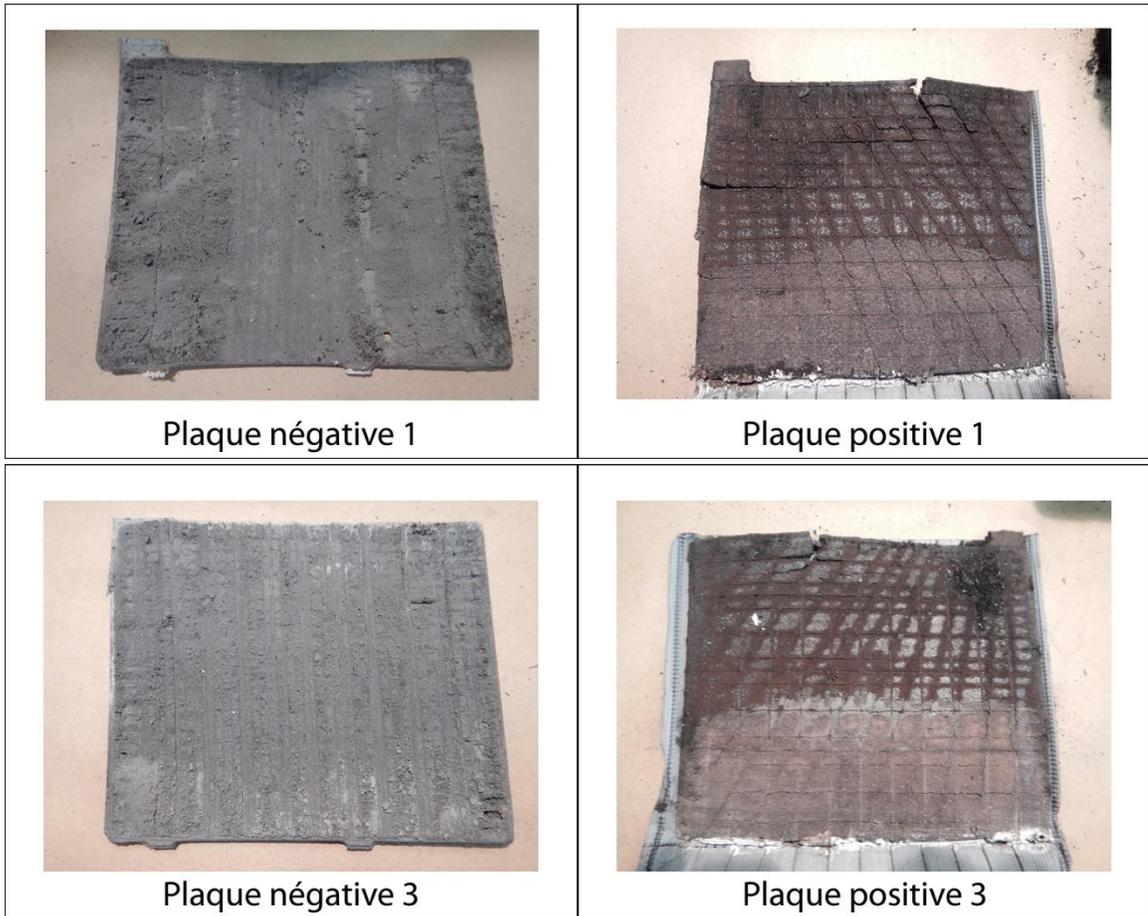
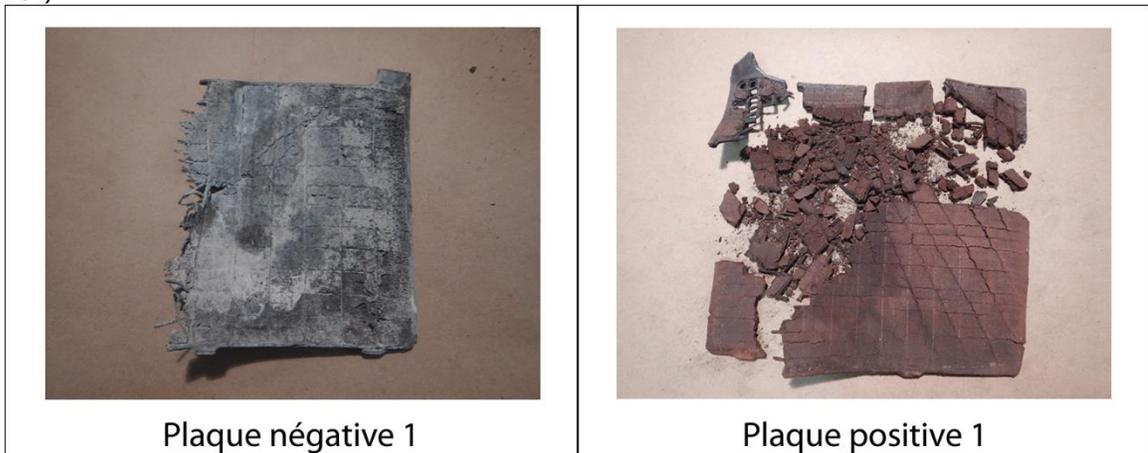


Figure 11. Photos des plaques négative et positive de l'élément 4 de la batterie endommagée (Source : BST)

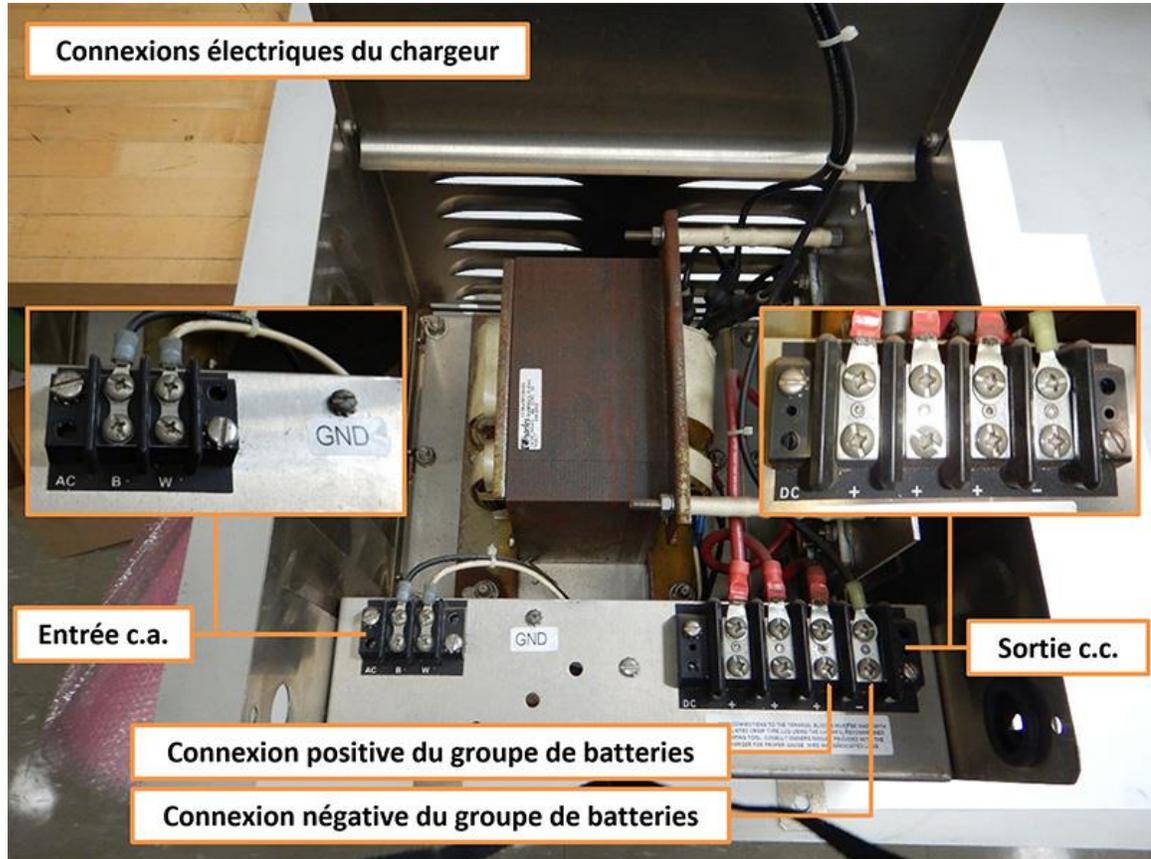


1.16.2 Chargeur de batterie de 32 V c.c.

Le chargeur de batterie de 32 V c.c. du remorqueur avait été retiré du marché par le fabricant. Le chargeur disposait de 3 sorties distinctes qui permettaient de charger simultanément 3 groupes de batteries. Au moment de l'événement, 1 seule sortie du

chargeur était utilisée pour charger le groupe de batteries de 32 V c.c. Lors de l'inspection visuelle effectuée par le Laboratoire d'ingénierie du BST, les circuits internes du chargeur semblaient propres et ne présentaient aucun signe de surchauffe (figure 12).

Figure 12. Connexions internes du chargeur de 32 V c.c. (Source : BST)



1.16.3 Alternateur

Le régulateur de l'alternateur a été retiré, et de la poussière de carbone a été trouvée à l'intérieur du boîtier de l'ensemble de balais. L'ensemble de balais était composé de 2 balais en bon état.

La triode a été retirée aux fins d'inspection. Les orifices de borne du connecteur d'entrée de la triode avaient été modifiés pour s'adapter aux bornes du connecteur de l'alternateur, ce qui indique que la triode n'était pas approuvée pour être utilisée dans cet alternateur (il ne s'agissait pas d'une pièce du fabricant de l'équipement d'origine). La triode a été déconnectée de l'alternateur et testée pour détecter des fuites électriques. Elle était en bon état de fonctionnement.

Le régulateur a été retiré pour être testé et s'est révélé en bon état de fonctionnement. L'alternateur a été testé avec le régulateur connecté et il a produit une sortie stable de 32 V c.c. Il s'est révélé entièrement fonctionnel.

1.17 Responsabilités du représentant autorisé

La LMMC 2001 et ses règlements et normes établissent certaines responsabilités à l'intention des propriétaires et des exploitants de petits navires commerciaux. Le RA est tenu de fournir ce qui suit, peu importe que le navire soit inspecté ou non :

- les procédures d'urgence et d'exploitation sécuritaire du navire²³;
- des instructions écrites destinées au capitaine, qui, à tout le moins, définissent les procédures et, le cas échéant, les politiques²⁴ à suivre pour s'assurer que chacun des membres de l'équipage connaît bien ses fonctions et l'équipement de bord avant qu'une tâche lui soit assignée²⁵.

Le RA doit veiller à ce que le navire ainsi que ses machines et son équipement satisfassent aux exigences réglementaires et à ce que les membres d'équipage reçoivent une formation en matière de sécurité²⁶. Le capitaine, de même que le RA, doit utiliser tous les moyens raisonnables pour garantir la navigabilité du navire avant et pendant chaque voyage, pour protéger le navire et les personnes à bord contre les dangers, et pour exploiter le navire dans les limites légales²⁷.

Dans l'événement à l'étude, les documents à bord et la tenue des dossiers, à l'appui des membres de l'équipage, sur certains aspects comme la formation, la familiarisation, les exercices et la maintenance étaient limités. Par exemple, le manuel sur les batteries ne se trouvait pas à bord du remorqueur.

L'entreprise n'a pas été en mesure de fournir de la documentation sur la maintenance du remorqueur.

1.18 Culture de sécurité et systèmes de gestion de la sécurité

La culture de sécurité renvoie à la façon dont la sécurité est abordée et communiquée en milieu de travail.

La culture de sécurité est la manière dont la sécurité est perçue, valorisée, priorisée et gérée à tous les niveaux d'une entreprise. Elle englobe les attitudes, les croyances, les perceptions et les valeurs de tous les employés d'une organisation en ce qui concerne la sécurité. L'un des facteurs les plus importants de la culture de sécurité est le degré d'engagement de la

²³ Gouvernement du Canada, *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada* (L.C. 2001, ch. 26) (modification le 30 juillet 2019), paragraphe 106(1).

²⁴ Les procédures et les politiques sont telles qu'elles sont décrites dans le *Code de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille* de l'Organisation maritime internationale, tel que modifié, partie A, chapitre I, section A-I/14.

²⁵ Transports Canada, DORS/2007-115, *Règlement sur le personnel maritime* (modification le 23 juin 2021), partie 2, article 206.

²⁶ Gouvernement du Canada, *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada* (L.C. 2001, ch. 26) (modification le 30 juillet 2019), paragraphe 106(1).

²⁷ Ibid., articles 85 et 109.

direction de l'entreprise envers la sécurité. Il est essentiel que les propriétaires et les exploitants démontrent activement leur engagement en faisant preuve de leadership et en fournissant des ressources pour gérer la sécurité. Par exemple, la direction devrait appuyer les employés afin qu'ils exercent leurs activités de manière sécuritaire et signalent les problèmes de sécurité, et elle devrait leur fournir des procédures documentées.

Une façon de favoriser une bonne culture de sécurité est d'utiliser un système de gestion de la sécurité (SGS) officiel. L'objectif principal d'un SGS à bord d'un navire est de garantir la sécurité en mer, de prévenir les blessures et les pertes de vie, et d'éviter les dommages aux biens et à l'environnement. La gestion de la sécurité concerne les personnes à tous les niveaux d'une organisation et exige l'adoption d'une approche systématique pour déterminer les dangers et atténuer les risques.

Voici certains des éléments constituant un SGS efficace :

- les procédures d'exploitation du navire et d'utilisation des listes de vérification connexes;
- les procédures de maintenance du navire et de son équipement;
- les procédures de documentation et de tenue des dossiers;
- les procédures de détermination des dangers et de gestion des risques;
- les procédures de préparation et d'intervention pour faire face aux situations d'urgence;
- les exercices, la formation et la familiarisation de l'équipage du navire.

À l'heure actuelle, seuls les navires canadiens qui effectuent des voyages internationaux et qui sont assujettis au chapitre IX de la *Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer* sont tenus de se conformer au *Règlement sur la gestion pour la sécurité de l'exploitation des bâtiments* en vigueur. Ce règlement ne vise pas la majorité des navires canadiens (ou « navires non visés par la convention »).

En 2010, TC a entamé des consultations officielles sur un projet de règlement en vue de mettre en place des dispositions sur la gestion de la sécurité visant les navires canadiens non visés par la convention, y compris ceux d'une jauge brute de moins de 15. À ce moment-là, des représentants de l'industrie ont exprimé des préoccupations quant au fait que le nouveau règlement pourrait être trop onéreux pour les petites entreprises qui exploitent des petits navires, notamment en ce qui concerne les coûts et la faisabilité. Afin de donner suite aux préoccupations des intervenants, TC a modifié son projet de règlement en 2012 pour y inclure seulement les navires de plus de 24 m de longueur et ceux transportant plus de 50 passagers.

Cependant, TC a récemment proposé d'élargir l'application du règlement. Il a tenu des consultations²⁸ lors de la réunion de l'automne 2020 du Conseil consultatif maritime canadien et a également discuté de ce projet de règlement avec des groupes de l'industrie en 2020.

TC procédera à la publication préalable du projet de règlement²⁹ dans la Partie I de la *Gazette du Canada* au printemps 2022. La publication dans la Partie II de la *Gazette du Canada* est prévue en 2023.

En vertu du Règlement sur le système de gestion de la sécurité maritime, 2021 proposé, les bâtiments de niveau 4 (tels que les remorqueurs comme le *Risco Warrior*) seraient tenus d'avoir un SGS documenté qui mentionne le nom d'un gestionnaire de bâtiment³⁰. Ce SGS documenté comprendrait des instructions et des procédures écrites aux fins d'inspection, de maintenance et de mise à l'essai de l'équipement, et indiquerait un niveau d'autorité et des lignes de communication définis entre le personnel à terre et à bord, ainsi que des procédures pour les examens internes du SGS.

Dans l'événement à l'étude, même si l'entreprise n'avait pas de procédure de sécurité écrite, il existait une pratique informelle selon laquelle le capitaine du *Risco Warrior* devait, avant le premier voyage chaque mois, vérifier que les batteries ne présentaient pas de dommages visibles, contrôler les niveaux d'électrolyte des batteries, ajouter de l'eau distillée si nécessaire, et consigner cette action dans une liste de vérification. Le brevet que le capitaine devait détenir pour exploiter le remorqueur n'exigeait pas que le capitaine possède des connaissances sur les batteries ou leur maintenance. L'entreprise n'avait pas donné au capitaine de la formation, des cours de familiarisation ou des procédures relatives à la maintenance des batteries. Cette liste de vérification était le seul document écrit qui, une fois rempli par le capitaine, était remis au personnel à terre. Toutefois, l'enquête n'a pas permis de déterminer si la direction effectuait une surveillance active des éléments de la liste de vérification.

L'enquête a permis de déterminer que les batteries n'avaient pas fait l'objet d'une vérification en juillet 2020 ni avant ou pendant le voyage à l'étude. L'entreprise n'avait aucun document indiquant la date à laquelle elle ou le personnel du remorqueur avait effectué l'inspection ou fait l'appoint en eau du groupe de batteries de 32 V c.c. pour la dernière fois.

²⁸ Une consultation en ligne a eu lieu de la fin juillet au début octobre 2020. (Source : Gouvernement du Canada, Parlons Transports : Règlement sur le système de gestion de la sécurité maritime, 2021 proposé, à l'adresse <https://parlonstransport.ca/rglement-sur-le-systme-de-gestion-de-la-scurit-maritime-2021-propos> (dernière consultation le 28 septembre 2021)).

²⁹ Document aux fins de consultation publique sur le Règlement sur le système de gestion de la sécurité maritime – CMCC [Conseil consultatif maritime canadien] (avril 2021).

³⁰ Conformément au Règlement sur le système de gestion de la sécurité maritime, 2021 proposé, le gestionnaire d'un bâtiment est « une personne qualifiée responsable de gérer les opérations à terre et à bord d'un bâtiment ».

1.19 Liste de surveillance du BST

La Liste de surveillance du BST énumère les principaux enjeux de sécurité qu'il faut s'employer à régler pour rendre le système de transport canadien encore plus sûr.

La gestion de la sécurité figure sur la Liste de surveillance 2020. Le *Risco Warrior* n'avait pas de SGS officiel ni de procédure d'exploitation sécuritaire ou d'urgence, comme l'exige la LMMC 2001.

MESURES À PRENDRE

La **gestion de la sécurité** restera sur la Liste de surveillance du secteur du transport maritime jusqu'à ce que :

- TC mette en œuvre de la réglementation obligeant tous les exploitants commerciaux à adopter des processus formels pour la gestion de la sécurité;
- les transporteurs qui ont un SGS démontrent à TC qu'il fonctionne bien et qu'il permet donc de cerner les dangers et de mettre en œuvre des mesures efficaces pour atténuer les risques.

La surveillance réglementaire figure sur la Liste de surveillance 2020. Le *Risco Warrior* n'était pas assujéti à des inspections périodiques par TC, car il s'agissait d'un remorqueur d'une jauge brute de moins de 15. Il n'avait pas non plus fait l'objet d'une inspection aléatoire de la conformité. Le Bureau a aussi déjà indiqué que le manque de surveillance réglementaire à l'égard de ce type de navire constituait une préoccupation liée à la sécurité³¹.

MESURES À PRENDRE

La **surveillance réglementaire** restera sur la Liste de surveillance du secteur du transport maritime jusqu'à ce que :

- TC assure une plus grande surveillance des processus d'inspection des navires commerciaux en démontrant que sa supervision et sa surveillance sont efficaces pour veiller à ce que les RA et les organismes reconnus respectent les exigences réglementaires.

1.20 Événements antérieurs

Voici les événements antérieurs relatifs à des incendies et à des explosions de batteries qui ont été signalés au BST depuis 1987 :

M19A0419 – Le 19 octobre 2019, l'équipage du navire à passagers *Kawartha Spirit* a signalé que la batterie de démarrage avait explosé lorsque le capitaine tentait de démarrer le moteur. Aucune blessure n'a été signalée.

M16P0052 – Le 2 février 2016, l'équipage du navire de la Garde côtière canadienne (GCC) *W.E. Ricker* a signalé que la batterie de démarrage de la génératrice de secours avait explosé

³¹ Rapport d'enquête maritime M15P0037 du BST, section 4.2 : Préoccupations liées à la sécurité.

alors qu'un membre de l'équipage démarrait la génératrice de secours, à Sydney (Colombie-Britannique). La batterie en question a été remplacée.

M11L0146 – Le 19 octobre 2011, le bateau de pêche *Jean Philippe* a pris feu et a coulé le long du quai, à Forillon (Québec), à la suite de l'explosion de 2 batteries. Le capitaine s'est fait soigner à l'hôpital après avoir inhalé de la fumée. Un incident mineur de pollution par les hydrocarbures a été signalé.

M11L0058 – Le 31 mai 2011, la batterie de démarrage de la génératrice du navire de la GCC *F.C.G. Smith* a explosé alors que celui-ci était à quai, à Sorel-Tracy (Québec). Aucune blessure ou pollution n'a été signalée.

M10C0034 – Le 22 mai 2010, une explosion de batterie a eu lieu dans la salle des machines du navire de la GCC *Isle Rouge* alors qu'il effectuait une mission de sécurité maritime. La source d'inflammation n'a pas été déterminée.

M09C0030 – Le 31 juillet 2009, une explosion de batterie a eu lieu dans la salle des machines du navire de la GCC *Cove Isle* alors que celui-ci s'apprêtait à quitter la base de la GCC de Prescott. Le navire a subi des dommages mineurs.

M08L0074 – Le 14 juin 2008, l'équipage du navire de la GCC *Louis M Lauzier* a signalé une explosion de batterie.

M06M0075 – Le 4 août 2006, l'équipage de l'*Atlantic Odyssey* a signalé que le navire était privé d'électricité et hors d'usage en raison d'un feu de batterie. La GCC a remorqué le navire jusqu'à Shelburne (Nouvelle-Écosse).

973-21-938 – Le 12 mars 1987, l'équipage du remorqueur *Seaspan Discovery* a signalé qu'une explosion était survenue dans le compartiment des batteries alors que le navire était amarré à Roberts Bank (Colombie-Britannique). Le groupe de batteries comprenait 6 batteries de 12 V c.c., disposées à raison de 2 batteries par plaque et de 3 plaques connectées en série. Le groupe de batteries était rangé dans un vestiaire sur le pont principal arrière. La ventilation de la salle des batteries était inadéquate, et l'hydrogène gazeux explosif qui s'y était accumulé a été enflammé par une source d'étincelle inconnue. Des dommages structurels au compartiment des batteries ont été signalés.

2.0 ANALYSE

L'enquête a permis de déterminer que la maintenance, la familiarisation avec les exigences réglementaires, la culture de sécurité et la surveillance réglementaire par Transports Canada (TC) ont été des facteurs dans cet événement.

2.1 Explosion de la batterie

L'hydrogène gazeux est un sous-produit habituel de la charge des batteries. La concentration d'hydrogène gazeux dans le compartiment non ventilé avait probablement atteint sa limite inférieure d'explosivité, de sorte qu'une étincelle dans le compartiment a provoqué l'explosion.

On n'ajoutait pas d'eau régulièrement aux batteries; par conséquent, pendant la charge des batteries, la résistivité accrue de la partie supérieure exposée des plaques a entraîné une surchauffe. Cela a accentué les problèmes suivants : surchauffe de l'électrolyte, évaporation, accumulation de gaz, augmentation de la pression interne dans le compartiment et transformation de la partie aqueuse de l'électrolyte en hydrogène et en oxygène. Tous ces facteurs ont augmenté le risque d'explosion des gaz.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Il y a eu une accumulation d'hydrogène gazeux, car il n'y avait pas de ventilation dans le compartiment des batteries, ce qui a engendré une situation dangereuse.

L'étendue de l'accumulation, de la cristallisation et de la stratification du sulfate de plomb observée dans les 4 batteries indique que les niveaux d'électrolyte étaient bas pendant un certain temps avant l'événement et qu'ils n'avaient donc pas été maintenus conformément aux normes du fabricant. De plus, l'enquête a révélé qu'on n'avait pas ajouté d'eau au groupe de batteries en juillet et en août (avant l'événement), et il n'a pas été possible de déterminer la dernière fois où on avait ajouté de l'eau à la solution électrolytique. Toutefois, les niveaux d'électrolyte dans les 3 autres batteries se situaient entre 90 % et 100 % au moment de l'événement, ce qui ne correspondait pas à l'état des batteries.

Les batteries étaient connectées à un chargeur qui n'était pas muni d'un système de protection des circuits contre la surcharge. On pouvait donc présumer, d'après l'accumulation de sulfate de plomb sur les plaques négatives de ces batteries, que la charge continue avait réduit la quantité d'eau, entraînant la diminution et la dégradation de l'électrolyte et augmentant la température, ce qui a provoqué la fissuration des plaques positives de l'élément 3 de la batterie endommagée.

Les faibles niveaux d'eau ont causé la stratification des plaques, des fissures et la désintégration des plaques positives, ainsi que l'accumulation de sulfate de plomb sur les plaques, ce qui a augmenté la résistivité interne de la batterie endommagée. En outre, les 3 plaques négatives de l'élément 4 de la batterie présentaient une sulfatation et une réduction du matériau de surface, ce qui indique également qu'elles étaient surchauffées en raison d'une surcharge et de faibles niveaux d'électrolyte.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

La charge continue non réglementaire de la batterie endommagée a fait en sorte que l'eau dans l'électrolyte s'est décomposée en hydrogène et en oxygène et s'est évaporée. Il s'en est alors suivi une baisse des niveaux d'électrolyte qui, conjuguée à un manque d'entretien, a provoqué une surchauffe et des dommages internes aux plaques de la batterie.

Le rapport de juin 2020 découlant de l'inspection indépendante du *Risco Warrior*, laquelle a été effectuée afin de vérifier l'état du remorqueur et de l'évaluer à des fins d'assurance, indiquait que les batteries (figure 4) n'étaient pas munies de couvercles de protection et n'étaient pas fixées en place, ce qui ne répondait pas aux normes du TP 127 *Normes d'électricité régissant les navires*. De plus, les fils et les câbles n'étaient pas imperméabilisés ou protégés contre l'usure par frottement. L'entreprise n'a pas tenté de rectifier ces problèmes avant l'événement. Il est possible que des câbles endommagés, comme ceux des pompes de cale ou de mise à la masse, aient produit une étincelle dans le compartiment des batteries.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Une étincelle d'origine inconnue a enflammé l'hydrogène gazeux qui s'était accumulé dans le compartiment des batteries non ventilé, ce qui a provoqué l'explosion.

2.2 Surveillance réglementaire

Bien que la responsabilité de gérer la sécurité incombe avant tout aux propriétaires et aux exploitants de navires, il est essentiel que TC exerce une surveillance efficace et intervienne de manière proactive pour veiller à ce qu'ils respectent la réglementation et les normes et qu'ils puissent gérer efficacement la sécurité de leurs activités.

Une surveillance efficace est nécessaire pour s'assurer que tous les représentants autorisés (RA), y compris les RA des remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15, respectent l'ensemble des règlements et des normes applicables. Contrairement aux remorqueurs de plus grande taille, les remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15 ne sont pas tenus d'être certifiés au titre du *Règlement sur les certificats de sécurité de bâtiment* en vigueur. Par conséquent, il arrive souvent que TC ne sache pas si l'état des remorqueurs répond aux exigences de conformité prévues dans la réglementation. Même si TC a le pouvoir de réaliser des inspections aléatoires à l'égard des remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15, il n'en effectue pas régulièrement.

TC a effectué sa première campagne d'inspection concentrée (CIC) officielle visant les bâtiments canadiens en 2014-2015. TC poursuit également ses travaux en vue d'élargir le Programme de conformité des petits bâtiments (PCPB) volontaire pour inclure les remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15 et ainsi aider les RA à assurer la conformité de leurs navires à la réglementation. Toutefois, le PCPB visant les remorqueurs de cette catégorie n'était pas en vigueur au moment de l'événement; l'inscription des navires à ce programme spécifique a commencé le 13 janvier 2022.

Les remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15 ne sont pas tenus de détenir des certificats d'inspection et, par conséquent, TC ne prévoit pas une surveillance réglementaire aussi structurée à leur égard. Cependant, les conséquences de ne pas gérer les risques peuvent être similaires qu'il s'agisse de ces remorqueurs ou de ceux ayant une jauge brute égale ou supérieure à 15. Les résultats de la CIC de 2017 indiquent qu'un échantillon de remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15 présentaient plus de lacunes qu'un échantillon de remorqueurs d'une jauge brute égale ou supérieure à 15. Il est donc important que les remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15 fassent l'objet d'une surveillance similaire à celle des remorqueurs de plus grande taille afin de s'assurer qu'ils sont exploités en toute sécurité.

Une inspection de TC comprend un examen des batteries, des dispositifs de fixation, de l'emplacement et de l'état des batteries, du câblage et d'autres points définis dans le TP 127 *Normes d'électricité régissant les navires*.

Fait établi quant aux risques

Sans une surveillance réglementaire complète et des mesures d'application de la réglementation, il y a un risque que les remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15 continueront d'être exploités avec de l'équipement et des pratiques non sécuritaires.

2.3 Responsabilités du représentant autorisé

TC surveille les navires pour s'assurer qu'ils sont exploités conformément à la *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada* (LMMC 2001) et à ses règlements d'application.

Toutefois, aux termes de cette loi, un RA est la personne chargée d'agir à l'égard de toute question relative au navire dont aucune autre personne n'est responsable au titre de celle-ci. Dans le cas du *Risco Warrior*, le RA était le propriétaire.

Le RA, de même que le capitaine, doit prendre tous les moyens raisonnables pour garantir la sécurité et la navigabilité du navire avant et pendant chaque voyage afin de protéger le bâtiment et les personnes à bord contre les dangers. Dans l'événement à l'étude, le capitaine, qui s'est joint à l'entreprise 4 ans avant l'événement, avait remarqué que les batteries étaient conservées dans un compartiment non ventilé, ce qui n'était pas conforme au TP 127, et avait avisé le RA par écrit. Toutefois, le groupe de batteries se trouvait toujours dans le compartiment non ventilé au moment de l'événement. De plus, le RA a continué d'exploiter le remorqueur en sachant que le groupe de batteries de 32 volts en courant continu (V c.c.) était conservé dans un compartiment non ventilé, ce qui a créé une situation dangereuse.

Fait établi quant aux risques

Si les exploitants de remorqueurs ne mettent pas en œuvre les normes applicables et ne se conforment pas à la réglementation, il y a un risque que les dangers ne soient pas repérés et gérés en toute sécurité.

Le capitaine n'avait pas suivi de formation sur les batteries d'accumulateurs au plomb et ne connaissait pas leur fonctionnement, mais il devait effectuer tout l'entretien général des

batteries et y ajouter de l'eau. Le personnel d'entretien à terre ne vérifiait pas la liste de vérification remplie par le capitaine et vérifiait les batteries seulement lorsque le capitaine l'informait d'un problème manifeste. Par conséquent, les lacunes relatives aux batteries, par exemple les faibles niveaux d'électrolyte, n'ont pas été relevées et corrigées.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Une répartition officieuse des responsabilités entre le personnel d'entretien à terre et le capitaine ainsi que l'absence d'instructions détaillées sur la maintenance des batteries ont contribué au mauvais entretien des batteries, ce qui a créé une situation dangereuse à bord.

2.4 Systèmes de gestion de la sécurité et culture de sécurité

Dans le secteur du transport maritime, les systèmes de gestion de la sécurité (SGS) sont largement reconnus comme une méthode efficace d'évaluation des risques. Cependant, les organisations ne sont pas toutes tenues d'avoir un SGS officiel en place. Le *Risco Warrior* n'était pas exploité conformément à un SGS et il n'était pas tenu de l'être selon la réglementation sur les SGS en vigueur au moment de l'événement. Cependant, des procédures d'urgence et d'exploitation sécuritaire du navire étaient tout de même requises en vertu de la LMMC 2001.

Si une entreprise n'a pas une solide culture de sécurité, les pressions commerciales peuvent entraîner l'adoption de pratiques dangereuses. Ainsi, elle pourrait mener ses activités en adhérant au niveau minimal de sécurité requis par la réglementation ou ne pas se conformer à la réglementation. Avec le temps, les pratiques dangereuses peuvent devenir courantes dans le cadre des activités, de sorte qu'elles ne sont plus considérées comme présentant des risques. Par exemple, dans l'événement à l'étude, le capitaine a accepté que les batteries soient placées dans un compartiment non ventilé, car le remorqueur avait été exploité sans aucun incident lié aux batteries depuis sa construction. Les capitaines peuvent se retrouver dans une position difficile s'ils reçoivent peu de soutien pour prendre des décisions opérationnelles qui priorisent la sécurité.

Les questions de sécurité relevées dans le cadre de l'événement mettant en cause le *Risco Warrior* suggèrent que la culture de sécurité de l'entreprise présentait des lacunes. Par exemple, l'équipage du *Risco Warrior* n'a pas atténué les risques associés au compartiment des batteries non ventilé lorsque le capitaine a soulevé des préoccupations à cet égard en 2016. Par ailleurs, l'entreprise n'a pas fourni d'instructions détaillées sur le moment où il fallait ajouter de l'eau aux batteries et sur la quantité d'eau requise, et n'a pas non plus prévu de procédure permettant au personnel à terre de surveiller physiquement l'état des batteries, ce qui a contribué au mauvais état de celles-ci.

Un SGS peut aider les propriétaires et les capitaines qui participent à des activités de remorquage à déceler les dangers et à atténuer les risques grâce à une sensibilisation accrue et à la mise en œuvre de procédures.

Fait établi quant aux risques

Si les entreprises ne fournissent pas de processus officiels de gestion de la sécurité, il est plus probable que les dangers ne soient pas cernés et que les risques connexes ne soient pas atténués.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

Il s'agit des conditions, actes ou lacunes de sécurité qui ont causé l'événement ou y ont contribué.

1. Il y a eu une accumulation d'hydrogène gazeux, car il n'y avait pas de ventilation dans le compartiment des batteries, ce qui a engendré une situation dangereuse.
2. La charge continue non réglementaire de la batterie endommagée a fait en sorte que l'eau dans l'électrolyte s'est décomposée en hydrogène et en oxygène et s'est évaporée. Il s'en est alors suivi une baisse des niveaux d'électrolyte qui, conjuguée à un manque d'entretien, a provoqué une surchauffe et des dommages internes aux plaques de la batterie.
3. Une étincelle d'origine inconnue a enflammé l'hydrogène gazeux qui s'était accumulé dans le compartiment des batteries non ventilé, ce qui a provoqué l'explosion.
4. Une répartition officieuse des responsabilités entre le personnel d'entretien à terre et le capitaine ainsi que l'absence d'instructions détaillées sur la maintenance des batteries ont contribué au mauvais entretien des batteries, ce qui a créé une situation dangereuse à bord.

3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des conditions, des actes dangereux, ou des lacunes de sécurité qui n'ont pas été un facteur dans cet événement, mais qui pourraient avoir des conséquences néfastes lors de futurs événements.

1. Sans une surveillance réglementaire complète et des mesures d'application de la réglementation, il y a un risque que les remorqueurs d'une jauge brute de moins de 15 continueront d'être exploités avec de l'équipement et des pratiques non sécuritaires.
2. Si les exploitants de remorqueurs ne mettent pas en œuvre les normes applicables et ne se conforment pas à la réglementation, il y a un risque que les dangers ne soient pas repérés et gérés en toute sécurité.
3. Si les entreprises ne fournissent pas de processus officiels de gestion de la sécurité, il est plus probable que les dangers ne soient pas cernés et que les risques connexes ne soient pas atténués.

3.3 Autres faits établis

Ces éléments pourraient permettre d'améliorer la sécurité, de régler une controverse ou de fournir un point de données pour de futures études sur la sécurité.

1. Le groupe de batteries de 32 V c.c. était conservé dans un compartiment non ventilé, qui était un espace clos. WorkSafeBC exige que l'employeur fournisse des procédures

écrites à l'intention des membres d'équipage visant à minimiser ou à éliminer les dangers au moment d'entrer dans un espace clos; cependant, aucune procédure écrite de ce genre n'était disponible à bord du *Risco Warrior*.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Glory Days Towing Ltd.

À la suite de l'événement, l'entreprise a pris les mesures de sécurité suivantes :

- Un moyen de ventilation forcée a été installé dans le compartiment des batteries.
- De nouvelles batteries de 32 volts en courant continu (V c.c.) et de 12 V c.c. ainsi que de nouveaux câbles et colliers de serrage ont été installés.
- L'alternateur de 32 V c.c. a été remplacé par un alternateur neuf.
- De nouveaux systèmes de charge dotés de systèmes de protection des circuits contre la surcharge ont été installés pour toutes les batteries.
- Les coffres à batteries, y compris leur revêtement et leur couvercle, ont été remplacés pour s'assurer que le système électrique est sûr et sécuritaire.
- Des politiques et des procédures d'urgence et d'exploitation sécuritaire écrites ont été élaborées.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 2 février 2022. Le rapport a été officiellement publié le 2 mars 2022.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada (www.bst.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les principaux enjeux de sécurité auxquels il faut remédier pour rendre le système de transport canadien encore plus sécuritaire. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.