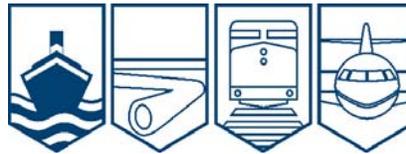


Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE MARITIME
M04M0013



EXPLOSION DANS LE FOYER
DE LA CHAUDIÈRE AUXILIAIRE TRIBORD

DU TRAVERSIER ROULIER À PASSAGERS *CARIBOU*
À 14 nm AU NORD-NORD-EST DE
SYDNEY-NORD (NOUVELLE-ÉCOSSE)
LE 4 MARS 2004

Canada

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

Rapport d'enquête maritime

Explosions dans le foyer de la chaudière auxiliaire tribord

du traversier roulier à passagers *Caribou*
à 14 nm au nord-nord-est de
Sydney-Nord (Nouvelle-Écosse)
le 4 mars 2004

Rapport numéro M04M0013

Sommaire

Le matin du 4 mars 2004, le traversier roulier à passagers *Caribou* appareille de Port aux Basques (Terre-Neuve-et-Labrador) pour effectuer une traversée régulière de six heures à destination de Sydney-Nord (Nouvelle-Écosse).

Vers 16 h 20, à environ 14 milles marins de la gare maritime de Sydney-Nord, il se produit une série d'explosions dans le foyer de la chaudière auxiliaire tribord. Les incendies qui en résultent sont rapidement éteints, et le *Caribou* peut terminer son voyage. Deux officiers ont subi des brûlures, dont un a été évacué par voie aérienne vers un hôpital de Halifax (Nouvelle-Écosse) pour recevoir un traitement médical spécial.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Fiche technique du navire

Nom du navire	<i>Caribou</i>
Numéro officiel	803736
Port d'immatriculation	St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)
Pavillon	Canada
Type	Traversier roulier à passagers et véhicules
Jauge brute	27 212
Longueur ¹	172,8 m
Tirant d'eau	AV : 6,7 m AR : 6,4 m
Construction	1985, M.I.L. Davie, Lauzon (Québec)
Groupe propulseur	4 moteurs diesels MAK 8M552, 20 600 kW, 2 hélices à pas variable
Cargaison	Véhicules automobiles personnels, camions semi-remorque, remorques seules
Équipage	70 personnes
Tiers	4 employés de Marine Atlantique Inc., 3 cadets
Passagers	23
Propriétaires	Marine Atlantique Inc., St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)

Description du navire



Photo 1. Le traversier *Caribou*

¹ Les unités de mesure utilisées dans le présent rapport respectent les normes de l'Organisation maritime internationale (OMI) ou, à défaut, celles du Système international d'unités.

Le *Caribou* a été construit en 1985 comme un traversier roulier pour le transport de passagers et de véhicules entre la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve. Les véhicules sont transportés sur les ponts 1 et 3, et les installations pour les passagers sont situées sur les ponts 3 à 7. Le navire peut transporter 1313 passagers ainsi que 370 véhicules automobiles ou 77 camions semi-remorque; il peut compter jusqu'à 87 membres d'équipage.

Déroulement du voyage

À 11 h 30, heure normale de Terre-Neuve (HNT)² le 4 mars 2004, le traversier *Caribou* avec à son bord 23 passagers, 3 cadets, 4 employés de Marine Atlantique et un équipage de 70 personnes appareille de Port aux Basques (Terre-Neuve-et-Labrador) pour une traversée régulière à destination de Sydney-Nord (Nouvelle-Écosse). Les deux premières heures du voyage se déroulent sans incident. Trois moteurs de propulsion sont en marche avant l'événement.



Photo 2. Chaudière auxiliaire tribord

À 13 h 40, le système d'alarme et de surveillance des machines détecte une extinction de la flamme dans la chaudière auxiliaire tribord. On éteint la chaudière, puis on tente de la faire redémarrer, mais le brûleur ne s'allume pas. Le deuxième mécanicien vérifie les filtres à combustible, en trouve un qui est sale et le remplace. Il enlève ensuite la veilleuse et, soupçonnant que l'injecteur pourrait être obstrué, il le remplace par un injecteur d'une capacité nominale de 2 gal/h alors que l'injecteur qu'il vient d'enlever avait une capacité de 2,5 gal/h. La veilleuse est remise en place et un redémarrage est tenté. Encore une fois, le brûleur ne s'allume pas.

On enlève la veilleuse et on fait une série de tests pour vérifier la présence d'une étincelle d'allumage et évaluer la qualité de la forme du jet de l'injecteur. La forme du jet est correcte, mais l'étincelle semble faible, ce qui exige de régler les électrodes d'allumage. La veilleuse est remise en place, mais la nouvelle tentative de redémarrage échoue.

On enlève de nouveau la veilleuse. Peu après, le chef mécanicien, qui se rendait à la salle de commande des machines pour y prendre le journal machine, est informé des problèmes de chaudière. Il se rend immédiatement à la chaudière tribord pour aider le deuxième mécanicien.

²

Les heures sont exprimées en HNT (temps universel coordonné moins trois heures et demie).

Le chef électricien, qui passait par la salle des machines, s'arrête aussi pour apporter son aide. Le deuxième mécanicien quitte les lieux pour aller chercher un injecteur de rechange, tandis que le chef mécanicien et le chef électricien procèdent aux mêmes vérifications que celles effectuées précédemment. Ils découvrent qu'une des électrodes est mise à la masse. On ne trouve pas d'injecteur de rechange, mais on met en place un nouveau jeu d'électrodes et on fait les réglages nécessaires, puis on tente de nouveau de faire redémarrer la chaudière, mais en vain.

Après avoir enlevé la veilleuse, on constate qu'une des électrodes s'est déplacée. On règle l'électrode, et la veilleuse est remise en place, mais la nouvelle tentative de redémarrage est infructueuse. Après une nouvelle série de vérifications et de réglages infructueux, on décide de mettre la chaudière en marche en mode de fonctionnement d'urgence. On fait une autre tentative, voire deux, pour redémarrer la chaudière de cette façon, mais sans succès.

Vers 16 h 20, le chef mécanicien et le deuxième mécanicien décident de se rendre à la salle de commande des machines, loin du bruit, pour discuter du problème. Pendant ce temps, le chef électricien se rend à la chaudière bâbord pour comparer les réglages des deux chaudières. Lorsque le chef mécanicien et le deuxième mécanicien arrivent à la salle de commande des machines, ils entendent une forte détonation. Un nuage de fumée noire apparaît dans la partie avant tribord de la salle des machines. Le chef mécanicien se rend à la chaudière tandis que le deuxième mécanicien met en marche la pompe d'incendie. La timonerie est informée de la situation, les ventilateurs de la salle des machines sont éteints et les moteurs de propulsion principaux sont mis au ralenti. L'incendie qui s'est déclenché à la chaudière tribord au moment de la première explosion est rapidement éteint à l'aide d'un extincteur portatif.

Le chef mécanicien et le chef électricien sont tous deux debout à proximité de la chaudière tribord lorsque survient une deuxième explosion. Le chef mécanicien subit des brûlures causées par l'explosion et se rend à un local adjacent. Le chef électricien subit également des brûlures en éteignant l'incendie qui a éclaté.

Peu après, une troisième explosion survient. On utilise des extincteurs portatifs et de la mousse pour lutter contre l'incendie. On coupe l'alimentation électrique principale à la chaudière tribord. L'équipe d'incendie arrive pour lutter contre toute apparition de flammes et l'équipe de premiers soins s'occupe des blessés.

À 16 h 30, l'incendie est déclaré éteint. Les ventilateurs de la salle des machines sont remis en marche et un quatrième moteur de propulsion principal est mis en marche.

À 16 h 45, le *Caribou* reprend son voyage. À 17 h 49, il arrive à la gare maritime de Sydney-Nord où une équipe des services d'urgence de santé l'y attend. Les deux membres d'équipage blessés sont transportés à l'hôpital pour être soignés. (Voir Annexe A – Croquis des lieux de l'événement.)

Blessés

Le chef électricien a subi des brûlures du deuxième degré à la main gauche et au poignet. Le chef mécanicien a subi des brûlures du premier, deuxième et troisième degrés aux jambes, au torse, aux bras et au visage.

Avaries au navire et dommages à l'environnement

Les avaries ont été limitées à la chaudière auxiliaire tribord. Les quatre tourniquets de serrage de la porte du brûleur de la chaudière ont été arrachés. Les tubes du brûleur principal et de la veilleuse ainsi que le registre d'air tertiaire ont été délogés. La tringlerie du régulateur de débit d'air du brûleur principal s'est rompue et les briques réfractaires protégeant le fond de la chaudière se sont déplacées de façon importante. Le câblage électrique à l'arrière de la chaudière tribord a subi des dommages dus au feu et à la chaleur.

Il n'y a pas eu de dommages au milieu marin.

Certificats du navire

L'équipage, les certificats et l'équipement du *Caribou* répondent aux exigences de la réglementation en vigueur. Le navire a la classe Lloyd 100A1 et la cote glace 1A super. Selon les exigences de Transports Canada, le navire doit faire l'objet d'une inspection régulière en tant que navire à passagers ne ressortissant pas à la Convention de sécurité. Le navire possède un certificat d'inspection (SIC 16) délivré le 4 février 2004 valable jusqu'au 15 avril 2004. La chaudière auxiliaire tribord doit être inspectée deux fois par année, et la dernière inspection par Transports Canada a eu lieu en avril 2002. Le navire possède un certificat ISM (*Code international de gestion pour la sécurité et l'exploitation des navires et la prévention de la pollution*)³ délivré par le Registre de la Lloyd.

Brevets du personnel

Le capitaine et les officiers du *Caribou* sont titulaires des brevets requis pour la classe du navire et le type de voyage qu'il effectue. Tous les officiers et membres d'équipage ont reçu une formation sur les fonctions d'urgence en mer.

Antécédents de l'équipage

Le capitaine travaille pour Marine Atlantique depuis 31 ans et commande des navires de la flotte de la compagnie depuis environ 16 ans. Le chef mécanicien a environ 22 ans d'expérience en mer, dont 9 ans comme chef mécanicien. C'est son deuxième voyage sur le *Caribou*. Le deuxième mécanicien travaille pour Marine Atlantique depuis juin 2002 et il a quatre mois d'expérience à bord du *Caribou*. Le chef électricien travaille à bord du *Caribou* depuis 16 ans.

Conditions météorologiques

Vents du nord-ouest de 22 à 33 nœuds; hauteur des vagues estimée entre 1 et 2 m; température de l'air de moins 3 °C.

³

En vertu de la *Loi sur la marine marchande du Canada*, un certificat ISM n'est pas impératif pour un navire canadien ne ressortissant pas à la Convention de sécurité.

Manifeste des passagers et des véhicules

Le manifeste des passagers indique qu'il y avait à bord 13 passagers, 10 conducteurs de camion, 13 camions semi-remorque et 22 remorques sans tracteur.

Chaudières auxiliaires

Description de la chaudière auxiliaire tribord

La chaudière auxiliaire tribord est un générateur de vapeur SUNROD CPH-120 à cylindre vertical au mazout. Elle est dotée d'une tête de brûleur NU-WAY QF3 alimentée en air par un ventilateur primaire et un ventilateur secondaire. Le brûleur est contrôlé par un dispositif fonctionnant soit en mode pleinement automatique, soit en mode semi-automatique. La durée du balayage de la chaudière⁴ était réglée à 30 secondes.

La chaudière est aussi dotée de tous les dispositifs de sécurité obligatoires, y compris un dispositif de mise en circuit et de mise hors circuit de la pression vapeur, un dispositif de verrouillage en cas de bas niveau d'eau et un dispositif de verrouillage en cas de défaillance de la flamme.

Bien qu'elles puissent utiliser du combustible lourd, les deux chaudières sont alimentées exclusivement en mazout marin. Leur alimentation principale provient d'un circuit principal en boucle, et les deux chaudières partagent une alimentation en combustible à rampe commune pour leur veilleuse respective; cette alimentation à rampe commune est indépendante de l'alimentation principale. La pression de service de l'alimentation principale est de 3 bars alors que la pression de service de l'alimentation des veilleuses est de 7 bars.

⁴ Le balayage de la chaudière est une injection d'air selon un débit et un volume permettant d'éliminer efficacement tous les combustibles gazeux ou suspendus de la chambre de combustion de la chaudière.

L'air de combustion est amené en partie comme air primaire dans le brûleur lui-même, et en partie comme air secondaire et tertiaire qui est amené par la tête de brûleur en métal. Le ventilateur primaire⁵ fournit une forte pression et un faible volume, alors que le ventilateur secondaire⁶ fournit une faible pression et un fort volume. Environ 90 % de l'air de combustion est amené directement à l'enveloppe du brûleur par les deux volets d'air secondaire et tertiaire. Les 10 % restant de l'air de combustion passe par le ventilateur d'air primaire, qui augmente davantage la pression de l'air de façon à produire suffisamment d'énergie pour atomiser le mazout⁷. Le ventilateur primaire fournit aussi l'air de combustion à la veilleuse (Photo 3).



Photo 3. Ventilateurs primaire et secondaire

Historique de la chaudière tribord

Vers le 23 février 2004, le moteur du ventilateur primaire de la chaudière auxiliaire tribord a subi une panne électrique et a été envoyé à terre pour réparation. La chaudière auxiliaire bâbord a alors été mise en service et la chaudière tribord a été maintenue à température, comme chaudière de réserve. Cependant, vers 11 h 30 le 1^{er} mars 2004, le brûleur de la chaudière bâbord a subi un problème mécanique, de sorte que la chaudière tribord a dû être remise en service même s'il lui manquait le ventilateur d'air primaire. Le ventilateur de la chaudière bâbord n'a pas été transféré à la chaudière tribord.

Historique de la chaudière bâbord

Le 11 août 1997, il s'était produit une explosion semblable dans le foyer de la chaudière auxiliaire bâbord, et le brûleur avait dû être remplacé. L'explosion avait été attribuée à une accumulation de mazout dans le tube du brûleur principal et les chambres d'alimentation en air⁸. Aucune blessure n'avait été signalée.

⁵ capacité de 1330 m³/h, pression de 1000 mm de colonne d'eau

⁶ capacité de 13 300 m³/h, pression de 320 mm de colonne d'eau

⁷ Manuel d'utilisation de la chaudière SUNROD CPH-120, section 2, brûleur et ventilateurs

⁸ Dossier du BST M97M0096

Fonctionnement du brûleur

En mode automatique, le brûleur s'allume ou s'éteint selon un signal provenant de l'interrupteur pression vapeur. Un moteur régulateur est relié mécaniquement à la vanne modulatrice de combustible, aux volets d'air et au cône d'air interne; il contrôle le rapport air-combustible (taux d'allumage) en fonction de la demande en vapeur de la chaudière. En cas d'extinction de la flamme en cours de fonctionnement, le brûleur se verrouille pour éviter un redémarrage non autorisé.

En mode semi-automatique, le brûleur s'allume ou s'éteint automatiquement selon un signal de l'interrupteur pression vapeur, mais la chaudière fonctionne à un taux d'allumage fixe, indépendamment de la demande en vapeur de la chaudière. Le taux d'allumage est réglé en commandant manuellement le moteur régulateur pour augmenter ou diminuer les flux de combustible et d'air au brûleur. Comme pour le fonctionnement en mode automatique, si la flamme s'éteint en cours de fonctionnement, le brûleur se verrouille pour éviter un redémarrage non autorisé.

Système d'alarme et de surveillance

Les machines principales et auxiliaires, y compris les deux chaudières auxiliaires, sont surveillées par un système d'alarme et de surveillance. Lorsqu'un paramètre s'écarte d'une de ses valeurs prédéterminées, le système décèle l'anomalie et se met en état d'alarme. Le système surveille neuf paramètres des chaudières, y compris les défaillances de la flamme et de l'allumage. Chaque fois qu'une chaudière subit une extinction de la flamme non commandée, le système consigne l'événement. Habituellement, ces systèmes sont reliés à une imprimante pour compiler les données enregistrées pour aider au diagnostic des pannes ou déterminer la chronologie des événements. Le système d'alarme et de surveillance à bord du *Caribou* pouvait être relié à une imprimante, mais il ne l'était pas.

Pressions combustible

Les pressions combustible des chaudières enregistrées après l'événement étaient les suivantes :

1. pression combustible - brûleur principal : 2 bars;
2. pression combustible - veilleuse : 2,5 bars.

Démarrage en cas d'urgence

Lorsque le dispositif d'allumage automatique du brûleur connaît une défaillance, on peut faire démarrer la chaudière en urgence au moyen d'un commutateur à clé (Photo 4). Il faut alors procéder manuellement à toutes les étapes essentielles au démarrage de la chaudière, et tous les dispositifs de sécurité – y compris le dispositif de contrôle de la flamme – sont mis hors circuit.

Lorsque le chef mécanicien et le deuxième mécanicien ont quitté la chaudière auxiliaire tribord, l'interrupteur d'alimentation principal a été laissé sur ON, le commutateur de fonctionnement en mode d'urgence était en position automatique et le commutateur manuel-automatique était dans la position soit automatique, soit manuelle.



Photo 4. Commutateur à clé pour démarrage en cas d'urgence

Explosions dans le foyer

Généralités

Les explosions mineures dans le foyer d'une chaudière sont souvent appelées retour de flamme ou retour de gaz. La principale cause d'explosion dans le foyer d'une chaudière est l'allumage d'un mélange combustible accumulé dans la chambre de combustion. Ce mélange comprend une quantité de combustible qui, lorsque combiné à une quantité d'air dans une proportion se situant entre les limites supérieure et inférieure d'explosibilité⁹, produira une combustion rapide et incontrôlée en présence d'une source d'inflammation. L'importance et l'intensité de l'explosion dépendent en grande partie de la quantité de combustible et du rapport combustible-air au moment de l'allumage.

⁹

Il peut y avoir explosion en présence d'une source d'inflammation si le rapport vapeur-air est compris entre deux valeurs limites (la limite inférieure d'explosivité et la limite supérieure d'explosivité). Les limites sont exprimées en pourcentage dans l'air (par exemple, pour le mazout marin, entre 1 % et 8 %).

Explosions secondaires

Lorsqu'une explosion primaire se produit dans un espace confiné, les dommages causés peuvent permettre un apport d'air dans le vide partiel créé par la combustion rapide ou l'explosion. L'explosion primaire peut entraîner une explosion secondaire en perturbant¹⁰, en dispersant et en enflammant de nouvelles sources de combustible. Les explosions secondaires sont considérées comme étant plus destructrices que les explosions primaires, et chaque explosion primaire peut causer plusieurs explosions secondaires.

Dans le cas qui nous occupe, la force des explosions a été supérieure à ce que pouvait supporter la porte du brûleur de la chaudière; les quatre tourniquets de serrage ont été arrachés et la porte s'est entrouverte. Les tubes du brûleur principal et de veilleuse ainsi que le registre d'air tertiaire ont été délogés, et la tringlerie du régulateur de débit d'air du brûleur s'est rompue. L'explosion a été suffisamment puissante pour déplacer les briques réfractaires dans le fond de la chaudière (Photo 5).



Photo 5. Avaries internes à la chaudière auxiliaire tribord.

Uniforme et vêtements protecteurs

Le chef mécanicien portait une chemise à manche courte en coton-polyester et un pantalon en laine-polyester. C'est ce qu'il portait habituellement pour exercer ses fonctions de supervision. Le chef électricien portait un uniforme semblable à celui du chef mécanicien, mais complété par un blouson d'officier de laine-polyester ainsi qu'un gilet de sécurité en polyester. Le deuxième mécanicien portait une combinaison¹¹.

Ils portaient tous les trois des vêtements fournis par Marine Atlantique. Aucun de ces vêtements n'était traité en vue de rehausser leurs propriétés ininflammables. La chemise et le pantalon d'uniforme du chef mécanicien ont en grande partie brûlé ou fondu au contact du front de flamme de la deuxième explosion. L'arrière du pantalon, du gilet de sécurité et du blouson du chef électricien ont pris feu et ont été consumés par suite de la troisième explosion.

¹⁰ Insuffisance d'air : entrée d'air dans une atmosphère trop riche en combustible.
Insuffisance de combustible : entrée de combustible dans une atmosphère trop riche en air.

¹¹ Les combinaisons étaient faites d'un mélange de 65 % polyester et 35 % coton.

Uniformes fournis par Marine Atlantique

L'uniforme et les vêtements de protection fournis aux employés de Marine Atlantique sont fabriqués de divers tissus dont la teneur en fibres varie de 100 % fibres naturelles à 100 % fibres synthétiques en passant par de nombreux mélanges. Aucun des vêtements fournis par la compagnie, sauf les vêtements de pluie, n'était traité en vue de rehausser leurs propriétés ininflammables. (Voir Annexe B – Uniformes fournis par Marine Atlantique.)

Caractéristiques d'inflammabilité de divers tissus

Les tissus sont fabriqués de fibres naturelles ou manufacturées ou d'un mélange des deux. Les fibres naturelles sont produites à partir de plantes (cellulose) ou de produits animaux (protéine). Les fibres manufacturées sont produites en combinant des composés simples (monomères) pour former des composés plus complexes ou polymères. Chaque fibre, qu'elle soit naturelle ou manufacturée, a ses propres caractéristiques de durabilité et d'inflammabilité. Les tissus faits de fibres cellulosiques ont tendance à être plus durables, mais ils sont aussi plus inflammables. Les tissus faits de fibres protéiniques, en revanche, sont moins durables mais moins inflammables. Les tissus de fibres synthétiques manufacturées, quoique durables, sont généralement sensibles à la chaleur. Les textiles modernes sont souvent produits en mélangeant des fibres naturelles et des fibres manufacturées afin d'obtenir des caractéristiques d'inflammabilité et de durabilité¹².

TISSU	TYPE DE FIBRES	TEMPÉRATURE D'INFLAMMATION	CARACTÉRISTIQUES D'INFLAMMABILITÉ		
			Réaction à une source de chaleur	Condition après l'élimination de la source de chaleur	Moyens d'améliorer les propriétés ignifuges
Coton	Fibres naturelles, cellulose	400 °C	Brûle aisément et entretient la combustion	Produit souvent une incandescence résiduelle	Augmenter l'épaisseur et resserrer le tissage ou ajouter des produits chimiques d'ignifugation
Laine	Fibres naturelles, protéine	590 °C	Propagation graduelle des flammes	S'éteint sans incandescence résiduelle	La moins inflammable de toutes les fibres naturelles

¹²

Palak Bhatt, *Flammability of Cabin Crew Uniforms*, UNSW Aviation, Air Transport Safety II, AVIA 3710, 16 novembre 2000.

TISSU	TYPE DE FIBRES	TEMPÉRATURE D'INFLAMMATION	CARACTÉRISTIQUES D'INFLAMMABILITÉ		
			Réaction à une source de chaleur	Condition après l'élimination de la source de chaleur	Moyens d'améliorer les propriétés ignifuges
Polyester	Polymères synthétiques	510 °C	Brûle facilement, fond et s'éloigne de la source de chaleur	Zones touchées raidissent en se refroidissant	Caractéristiques d'inflammabilité difficiles à modifier
Mélange polyester-coton	Fibres synthétiques et naturelles	Supérieure à 400 °C, mais inférieure à 510 °C	Rétrécit et fond avant de s'enflammer Propagation rapide des flammes	Formation d'une substance friable, semblable à du papier, en refroidissant	Seul le coton peut être traité avec des produits chimiques d'ignifugation

Pratiques de blanchissage et résistance à la flamme

De mauvaises pratiques de blanchissage peuvent détériorer les caractéristiques d'inflammabilité des tissus dotés de propriétés naturelles d'inflammabilité aussi bien que de ceux qui ont été traités avec des produits chimiques d'ignifugation. Le non-respect des instructions de blanchissage du fabricant, voire l'utilisation d'un liquide assouplissant, peut gravement altérer les propriétés ininflammables du tissu.

Exigences réglementaires

Les exigences maritimes en matière d'uniformes et de vêtements de protection sont précisées dans le *Règlement sur la sécurité et la santé au travail (navires)*¹³ et dans le *Règlement sur les mesures de sécurité au travail*¹⁴. La réglementation ne fournit toutefois aucune indication sur les tissus qui peuvent convenir pour les uniformes et vêtements de protection. On peut cependant se reporter à la Circulaire d'information aux transporteurs aériens n° 136 diffusée par la Sécurité du système de Transports Canada, bien que cette circulaire ne s'applique pas au secteur maritime.

¹³ Partie X – Matériel, équipement, dispositifs et vêtements de sécurité.

¹⁴ Paragraphe 78 – Équipement de protection personnel.

La circulaire informe les exploitants aériens des risques potentiels que présentent les uniformes d'agent de bord qui n'assurent pas une protection suffisante en cas d'incendie ou d'évacuation d'urgence¹⁵.

Analyse

Manuels d'utilisation

En 1996, Marine Atlantique a été le premier exploitant de traversiers au Canada à être certifié en vertu du code ISM. Grâce à l'application du code ISM par les entreprises de transport maritime comme Marine Atlantique, on réduit au minimum le nombre de décisions fondées sur des erreurs humaines qui pourraient occasionner un accident. La mise en place de politiques et de procédures adéquates permet aux équipages des navires de prendre des décisions éclairées dans le cadre de leurs opérations courantes. En adoptant le code ISM, Marine Atlantique a notamment établi des instructions et des procédures pour améliorer la sécurité et la protection de l'environnement.

Dans le cas des opérations liées aux machines, de telles procédures doivent reprendre les instructions d'utilisation de l'équipement fournies par les fabricants, et ces instructions doivent être aisément accessibles pour faire en sorte que l'équipement soit exploité en toute sécurité et efficacement.

Même s'il y avait à bord un manuel d'utilisation de la chaudière, les membres clés de l'équipe de mécaniciens ne savaient pas où il se trouvait. Par conséquent, les réglages des électrodes d'allumage ont été effectués au jugé plutôt qu'avec précision suivant le manuel. Il a également été constaté, après avoir obtenu le manuel (qui était incomplet et mal organisé), que la pression combustible à la veilleuse avait été réglée à un niveau très inférieur à celui prescrit. Un deuxième manuel d'utilisation de la chaudière trouvé à bord du navire quelques jours après l'accident était également incomplet et mal organisé.

Ventilateur primaire

Au moment de l'événement, le moteur électrique du ventilateur primaire était toujours à terre pour réparation, et la chaudière auxiliaire tribord était utilisée sans le moteur (Photo 6). Il en a résulté une atomisation insuffisante du combustible du brûleur principal, et une flamme principale instable. En outre, de grosses gouttelettes de mazout imbrûlé se seraient accumulées dans les boîtes d'alimentation en air des registres d'air secondaire et tertiaire ainsi que dans la chambre de combustion.

¹⁵

Circulaire d'information aux transporteurs aériens n° 136, en date du 5 décembre 1997.

Même si le moteur du ventilateur primaire de la chaudière auxiliaire bâbord défectueuse était disponible, on avait espéré initialement que les réparations à cette chaudière seraient achevées plus tôt. Il n'a donc pas été envisagé d'utiliser ce moteur pour remplacer le moteur manquant sur la chaudière tribord. Le bon fonctionnement du ventilateur primaire est essentiel au fonctionnement en toute sécurité de la chaudière.

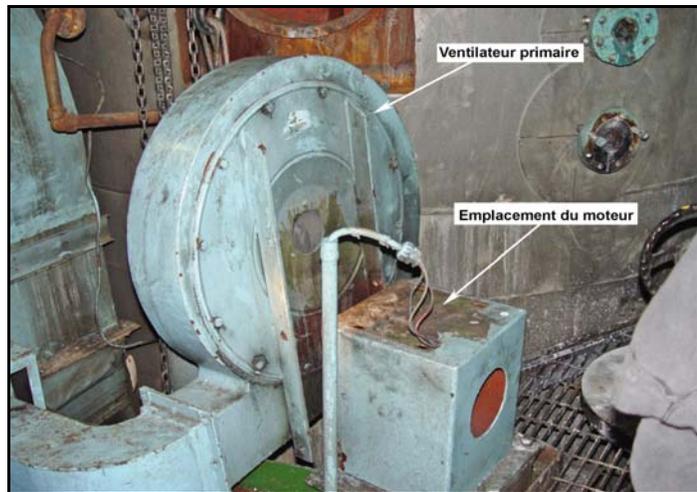


Photo 6. Ventilateur primaire (sans moteur)

Réglage de la pression combustible du brûleur

La pression combustible du brûleur principal observée de 2 bars se situait dans la plage acceptable de 1 à 3 bars indiquée pour le mazout léger dans le manuel d'utilisation de la chaudière¹⁶. Cependant, la pression combustible de la veilleuse, qui était de 2,5 bars, était nettement inférieure à la pression de service prévue de 7 bars. À cette pression inférieure, l'atomisation du combustible de la veilleuse aurait été très mauvaise et aurait entraîné l'accumulation de gouttelettes de combustible imbrûlé dans la chambre de combustion.

L'injecteur de la veilleuse en place au moment de l'extinction initiale de la chaudière avait une capacité de 2,5 gal/h et il a été remplacé par un injecteur de 2,0 gal/h. Le manuel d'utilisation de la chaudière fourni par SUNROD recommande un injecteur de veilleuse de 4,5 à 5,5 gal/h. Le fabricant de la chaudière indiquait toutefois qu'un injecteur de 2,0 gal/h serait acceptable si la pression combustible était réglée à 7 bars.

Au moment de l'événement, la chaudière n'était pas exploitée conformément aux instructions et aux spécifications du fabricant. L'injecteur plus petit et la pression combustible inférieure, ainsi que l'insuffisance d'air de combustion provenant du ventilateur primaire, ont fait en sorte que la flamme de la veilleuse était difficile à allumer. C'est ce qui a entraîné les extinctions répétées de la flamme du brûleur principal avant l'explosion.

Commutateur de fonctionnement en mode d'urgence

Le commutateur de fonctionnement en mode d'urgence, comme son nom l'indique, doit servir uniquement en cas d'urgence ou lorsqu'on effectue des essais de la chaudière. Comme l'utilisation du commutateur doit être soigneusement contrôlée, il est doté d'une clé. Malgré les risques liés à l'utilisation non autorisée du commutateur de fonctionnement en mode d'urgence,

¹⁶

la clé était laissée dans le commutateur. Après l'événement, on a constaté une résistance considérable en retirant la clé. Ce fait et la présence de signes de corrosion indiquent que la clé n'avait pas été retirée récemment.

Explosion dans le foyer

Pendant tout l'après-midi, des tentatives infructueuses ont été faites pour faire démarrer la chaudière aussi bien en mode automatique qu'en mode de fonctionnement d'urgence. Comme le système d'alarme et de surveillance du navire n'était pas relié à une imprimante, le nombre exact de tentatives n'a pas pu être déterminé. Au moins quatre tentatives ont été faites en mode automatique, et une ou deux en mode de fonctionnement d'urgence. Lors d'un allumage en mode de fonctionnement d'urgence, la durée de l'injection de combustible est contrôlée manuellement par l'opérateur. Le manuel d'utilisation de la chaudière met

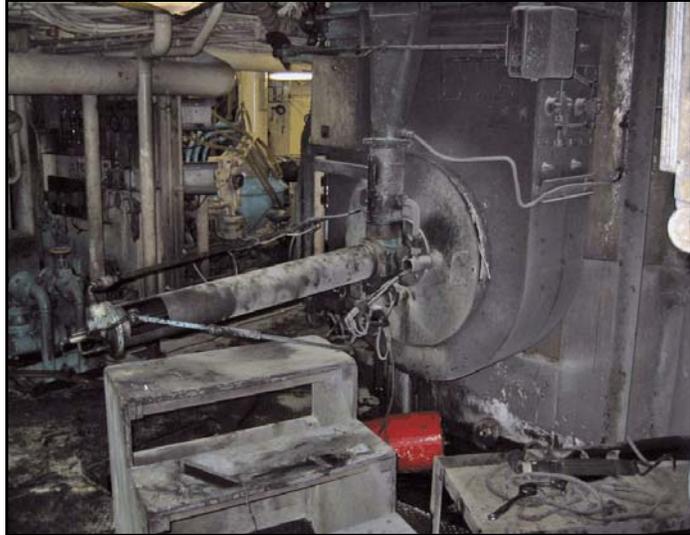


Photo 7. Avaries externes à la chaudière auxiliaire tribord

en garde contre l'introduction de combustible pendant plus de 5 secondes sans refaire le balayage de la chaudière pendant au moins 30 secondes. Il n'a toutefois pas été possible de déterminer si cette indication avait été observée. On sait en revanche que les mécaniciens ne pouvaient pas aisément consulter le manuel d'utilisation fourni par le fabricant. À chaque tentative infructueuse, du combustible imbrûlé aurait été pulvérisé dans la chambre de combustion et les boîtes d'alimentation en air et sur les briques réfractaires recouvrant le fond du foyer de la chaudière. Au moment de l'événement, la chaudière avait fonctionné toute la journée et sa température aurait été de beaucoup supérieure au point d'éclair du combustible imbrûlé. Une partie du combustible se serait vaporisée dans le foyer de la chaudière et le résidu aurait probablement coulé entre les joints des briques réfractaires.

Lorsque le chef mécanicien et le deuxième mécanicien ont quitté la chaudière auxiliaire tribord, l'interrupteur d'alimentation principal a été laissé sur ON, le commutateur de fonctionnement en mode d'urgence était en position automatique et le commutateur manuel-automatique était dans la position soit automatique, soit manuelle. Il est donc vraisemblable que peu après que le commutateur de fonctionnement en mode d'urgence a été réglé sur la position automatique, le dispositif d'allumage du brûleur a entamé un cycle normal de démarrage. La première explosion de la chaudière a été causée par l'allumage et la combustion instantanée d'un mélange air-combustible inflammable (provenant des boîtes d'alimentation en air des registres d'air secondaire et tertiaire) qui s'était accumulé dans la chambre de combustion et le conduit d'échappement. La source d'inflammation probable est l'allumeur de la veilleuse. Les deuxième et troisième explosions étaient fort probablement des explosions secondaire et tertiaire.

Les incendies qui ont suivi chacune des trois explosions dans le foyer de la chaudière résultent vraisemblablement de l'inflammation du mazout accumulé dans les boîtes d'alimentation en air des registres d'air secondaire et tertiaire et qui aurait été évacué de la chaudière à chaque explosion (Photo 8).

Comme la chaudière auxiliaire tribord n'était pas dans un état de fonctionnement idéal du fait que son ventilateur primaire était hors d'usage, il aurait fallu prendre toutes les mesures de sécurité possibles avant d'utiliser la chaudière.



Photo 8. Combustible accumulé dans les boîtes d'alimentation en air

Blessés

Trois personnes travaillaient à la chaudière auxiliaire tribord l'après-midi de l'événement, mais comme le deuxième mécanicien n'était pas à proximité de la chaudière lors des explosions, il n'a pas été blessé.

Le chef mécanicien se tenait debout près de la chaudière. Lors de la deuxième explosion, il a subi des blessures aux jambes, au torse, aux bras et au visage correspondant aux effets d'un front de flamme. En l'occurrence, si ses vêtements avaient eu des propriétés ininflammables, ses blessures au torse et aux jambes auraient été moins graves. Il portait une chemise à manches courtes, mais pour qu'une chemise soit considérée comme ayant des propriétés ininflammables, elle doit avoir des manches longues pour assurer une certaine protection aux bras.

Le chef électricien n'a pas été directement touché par le front de flamme des première et deuxième explosions. Par contre, le front de flamme de la troisième explosion a mis le feu à son pantalon, son gilet de sécurité et son blouson d'officier. Ces flammes ont cependant été éteintes avant qu'il ne subisse des blessures graves. Ses brûlures à la main gauche et au poignet sont survenues pendant qu'il luttait contre les incendies qui ont suivi les explosions. Ses blessures ne sont pas attribuables aux caractéristiques des vêtements qu'il portait, mais comme son pantalon, son gilet de sécurité et son blouson d'officier étaient dépourvus de propriétés ignifuges, il a été exposé à un risque accru de blessures graves.

Fourniture de vêtements de protection

On trouve sur le marché des vêtements de protection fabriqués avec des tissus contenant 88 % de coton et 12 % de nylon haute ténacité, traité de façon à ne pas entretenir la combustion une fois que la source de feu est éliminée. Cependant, les combinaisons fournies par les propriétaires du navire comme vêtement de protection pour travailler dans la salle des machines étaient faites soit d'un mélange de 65 % polyester et 35 % coton, soit de 100 % coton, et n'étaient pas résistantes au feu. Compte tenu du risque d'exposition au feu pour le personnel de bord, l'équipement de protection fourni ou mis à la disposition de l'équipage n'était pas adéquat par rapport au profil d'exposition au risque.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. La chaudière auxiliaire tribord n'était pas exploitée conformément aux instructions et aux spécifications du fabricant.
2. Les manuels d'utilisation de la chaudière fournis par le fabricant n'étaient pas facilement accessibles avant l'accident; ils n'ont pas été consultés par l'équipage et ils étaient mal organisés et incomplets.
3. La chaudière auxiliaire tribord était utilisée sans ventilateur d'air primaire et a été laissée sans surveillance avec l'interrupteur d'alimentation principal sur ON et le commutateur de fonctionnement en mode d'urgence sur la position automatique.
4. Un mélange air-combustible accumulé dans la chambre de combustion et le conduit d'échappement de la chaudière s'est enflammé, causant des explosions dans le foyer de la chaudière.
5. Du mazout accumulé dans les boîtes d'alimentation en air des registres d'air secondaire et tertiaire a été évacué de la chaudière à chaque explosion, déclenchant des incendies.

Faits établis quant aux risques

1. La clé du commutateur de fonctionnement en mode d'urgence du brûleur de la chaudière se trouvait en permanence dans le commutateur.
2. Les vêtements du chef mécanicien et du chef électricien n'avaient pas de propriétés ininflammables et n'assuraient aucune protection contre le front de flamme des explosions. Ce fait a contribué à la gravité des blessures du chef mécanicien et a exposé le chef électricien à des blessures plus étendues et plus graves.
3. Les vêtements de protection fournis à l'équipage par les propriétaires n'étaient pas adéquats par rapport au profil d'exposition au risque.

Mesures de sécurité

Mesures prises

Marine Atlantique Inc. a pris les mesures suivantes :

- Une version complète du manuel d'utilisation de la chaudière qui était conservée à terre a été imprimée et deux copies ont été placées à bord du navire.
- Les pressions de service et de réserve de la pompe à combustible de la veilleuse ont été réglées conformément aux spécifications.

- Les pressions de service et de réserve de la pompe à combustible du brûleur principal ont été réglées conformément aux spécifications.
- Deux dispositifs d'arrêt d'urgence des chaudières auxiliaires ont été installés à des endroits stratégiques de la salle des machines.
- La chaudière auxiliaire tribord a été équipée d'un nouveau brûleur sous la supervision d'un spécialiste de l'entretien du fabricant.
- La chaudière auxiliaire bâbord a été réglée suivant les spécifications du fabricant par un spécialiste de l'entretien du fabricant.
- La compagnie a l'intention d'équiper chaque chaudière d'un système d'alimentation en combustible indépendant en mai 2005.
- Le programme d'équipement de protection individuelle a été amélioré pour prévoir qu'une évaluation adéquate de toute tâche soit effectuée et que l'équipement de protection individuel convenable soit obtenu afin d'assurer la protection nécessaire aux employés.
- Un programme d'analyse des tâches a été élaboré. Il prévoit que les tâches seront évaluées en vue de cerner les risques encourus avant d'entreprendre les travaux.
- Des changements ont été apportés au système de gestion de la sécurité pour assurer que tous les employés travaillant dans la salle des machines portent des combinaisons ignifuges fournies par Marine Atlantique.

Mesures requises

Le *Règlement sur la sécurité et la santé au travail (navires)* pris en vertu de la partie II du *Code canadien du travail* vise à protéger les employés des risques pour la santé et la sécurité en milieu de travail. La prévention devrait consister avant tout dans l'élimination des risques ou, lorsque ce n'est pas possible, dans leur réduction, et enfin dans la fourniture de matériel, d'équipement, de dispositifs ou de vêtements de protection, en vue d'assurer la santé et la sécurité des employés¹⁷. Le système de gestion de la sécurité de chaque compagnie vise notamment à repérer et à gérer les risques à bord des navires, mais tous les risques ne peuvent pas être entièrement éliminés.

Sur les navires, de nombreux éléments peuvent causer un feu à inflammation instantanée, notamment les chaudières, les carters moteur, l'équipement électrique moyenne tension, le matériel de la cuisine et la cargaison. Comme ces feux peuvent se déclarer sans prévenir, le fait de reconnaître les risques et d'utiliser de l'équipement de protection individuel adéquat est très important.

¹⁷

Code canadien du travail, partie II, article 122.2

Le *Règlement sur la sécurité et la santé au travail (navires)* comprend des dispositions sur la protection de la tête, des pieds, des yeux, du visage, de la peau et des voies respiratoires ainsi que sur la protection contre les chutes. La *Loi sur la marine marchande du Canada* fixe des normes pour les casques protecteurs, les chaussures et les dispositifs de protection des yeux et du visage et contre les chutes. Cependant, de telles normes ne sont pas établies pour les vêtements de protection. En ce qui concerne la protection de la peau, la loi prévoit une protection sous forme de « vêtement de protection approprié ». Une mention d'ordre si général ne donne peut-être pas aux exploitants et aux membres d'équipage des navires des indications suffisantes au moment de choisir des vêtements qui pourraient les protéger contre des risques reconnus, comme les feux à inflammation instantanée.

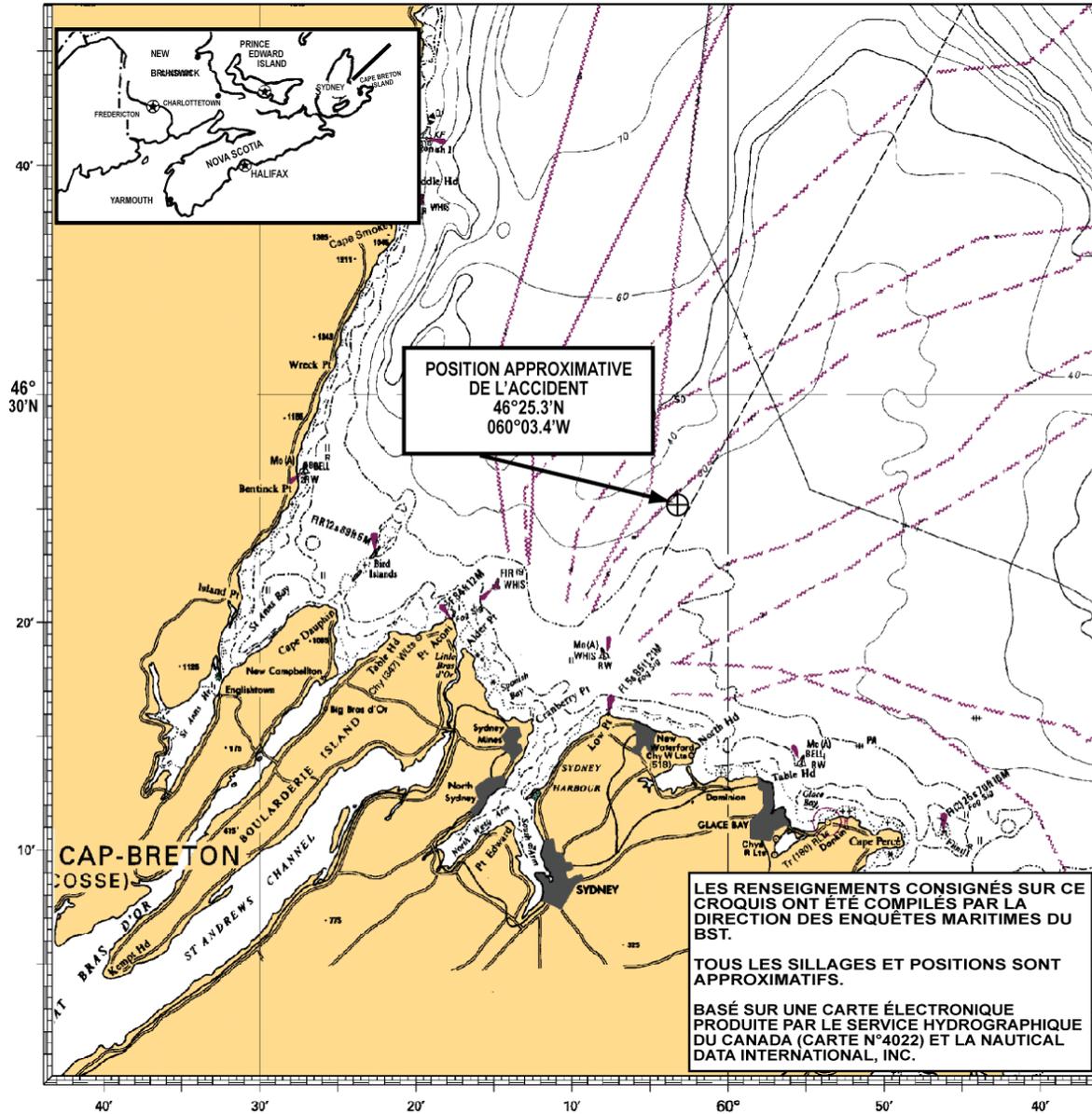
Le *Code canadien du travail* et le *Règlement sur la sécurité et la santé au travail (navires)* s'appuient sur l'exigence qu'un exploitant de navire évalue tous les risques inhérents, y compris le risque de feu à inflammation instantanée, et fournisse les vêtements de protection nécessaires. Le BST constate toutefois que peu d'entreprises de transport maritime canadiennes exigent le port de vêtements ininflammables dans les locaux à haut risque d'incendie. Par conséquent, comme le montre le présent événement, les membres d'équipage des navires canadiens peuvent être exposés à un risque inutile.

Le BST craint que le *Règlement sur la sécurité et la santé au travail (navires)* pris en vertu de la partie II du *Code canadien du travail* et les autres documents publiés par Transports Canada ne fournissent pas des indications suffisantes pour évaluer les risques de feu à inflammation instantanée ou pour choisir des vêtements de protection ininflammables adéquats. Le Bureau exercera un suivi de la situation pour voir si d'autres mesures de sécurité sont nécessaires.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 27 avril 2005.

Visitez le site Web du BST (www.bst.gc.ca) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.

Annexe A – Croquis des lieux de l'événement



Annexe B – Uniformes fournis par Marine Atlantique

Combinaison	65 % polyester 35 % coton
Combinaison	100 % coton
Vêtements de pluie	Ignifuges, résistants aux huiles
Sous-casque	100 % nylon
Sous-casque	100 % coton
Toque	100 % acrylique
Gilet de sécurité	100 % polyester
Parka orange	80 % polyester 20 % coton
Parka bleu	60 % polyester 40 % coton
Blouson aviateur	Extérieur 100 % nylon Doublure 100 % nylon Tricot 100 % polyester
Chemise de travail	65 % polyester 35 % coton
Pantalon de travail	65 % polyester 35 % coton
Pantalon de cuisinier	65 % polyester 35 % coton
Chemise rayée	65 % polyester 35 % coton
Chemise polo	50 % polyester 50 % coton
Jupe pour dames	55 % polyester 35 % coton
Jupe pour dames	100 % polyester
Pantalon pour dames	100 % polyester
Chandail	Pil-Trol® (100 % acrylique, à faible boulochage)
Chemise d'officier	65 % polyester 35 % coton
Pantalon d'officier	75 % polyester 25 % laine
Blouson d'officier	75 % polyester 25 % laine
Blouson de campagne	75 % polyester 25 % laine
Chandail	100 % laine