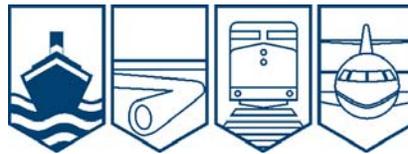




RAPPORT D'ENQUÊTE MARITIME
M03W0073



**INCENDIE DANS LA SALLE DES MACHINES ET
DÉFAILLANCE DE LA TUBULURE DE DISTRIBUTION DE CO₂
DU TRAVERSIER ROULIER À PASSAGERS *QUEEN OF SURREY*
DANS LE CANAL DE LA REINE-CHARLOTTE
(COLOMBIE-BRITANNIQUE)
LE 12 MAI 2003**



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

Incendie dans la salle des machines et défaillance de la tubulure de distribution de CO₂

du traversier roulier à passagers *Queen of Surrey*
dans le canal de la Reine-Charlotte
(Colombie-Britannique)
le 12 mai 2003

Rapport numéro M03W0073

Résumé

Le matin du 12 mai 2003, alors qu'il fait route par temps calme et dégagé, de la baie Horseshoe à Langdale (Colombie-Britannique), avec 318 passagers et 137 véhicules à bord, le *Queen of Surrey* subit un incendie de carburant diesel sur son moteur principal n° 2. La salle des machines est évacuée et rendue étanche aux gaz et aux fumées, et le dispositif au dioxyde de carbone (CO₂) est activé. Une défaillance de la tubulure de distribution de CO₂ permet à une partie du CO₂ de fuir, mais il se rend une quantité suffisante de gaz dans la salle des machines pour éteindre l'incendie. Le navire est remorqué à la gare maritime de Langdale où les passagers débarquent. Il n'y a eu aucune perte de vie.

This report is also available in English.

© Ministre des Travaux publics et des Services gouvernementaux 2006
N° de cat. TU3-7/03-3F
ISBN 0-662-71076-2

1.0	Renseignements de base	1
1.1	Fiche technique du navire	1
1.1.1	Description du navire	1
1.2	Déroulement du voyage	4
1.2.1	Incendie dans la salle des machines	4
1.2.2	Dégagement de CO ₂	5
1.2.3	Retour à Langdale	6
1.3	Système d'échappement et circuit d'alimentation en combustible du moteur principal	6
1.4	Dispositif d'extinction au CO ₂	7
1.4.1	Compartiment de stockage de CO ₂	7
1.4.2	Tubulure de distribution de CO ₂	8
1.4.2.1	État de la tubulure de distribution	9
1.5	Exigences en matière de protection structurale contre l'incendie	9
1.5.1	Protection structurale contre l'incendie autour de la salle des machines ...	10
1.6	Système de gestion de la sécurité	10
1.6.1	Procédures d'inspection, d'entretien préventif et de réparation	10
1.6.2	Formation du personnel du navire et supervision des tâches d'entretien ..	11
1.6.3	État de préparation aux urgences à bord du navire	12
1.6.4	Sécurité des passagers	12
1.6.5	Analyse des accidents et des cas de non-conformité	13
1.6.6	Rôle de la personne désignée	13
1.6.7	Procédures visant les mesures correctives	13
1.6.8	Enquête de la British Columbia Ferry Corporation sur l'incendie dans la salle des machines et recommandations	14
1.7	Visites et inspections réglementaires	14
1.8	Événements antérieurs analogues	15
1.8.1	Mesures prises par la British Columbia Ferry Corporation sur réception des bulletins de la sécurité des navires	15
1.9	Avaries et dommages	16
1.9.1	Salle des machines et moteur n° 2	16

1.9.2	Compartiment de stockage de CO ₂ et tubulure de distribution de CO ₂	17
1.9.3	Pont-garage principal	17
2.0	Analyse	19
2.1	Cause de l'incendie	19
2.1.1	Rupture du tuyau de manomètre du moteur principal n° 2	19
2.1.2	Raccord du manomètre	20
2.1.3	Incendie du moteur principal n° 2	21
2.2	Protection structurale contre l'incendie autour de la salle des machines . . .	22
2.2.1	Plafond de la salle des machines	22
2.3	Dégagement de CO ₂ et défaillance de la tubulure de distribution	22
2.4	Normes de construction et d'essai des dispositifs au CO ₂	23
2.4.1	Conception de la tubulure de distribution de CO ₂	23
2.4.2	Méthode de conception, de fabrication et d'approbation de la tubulure de distribution de CO ₂	25
2.4.3	Inspection et essai de la tubulure de distribution de CO ₂	27
2.5	Système de gestion de la sécurité du <i>Queen of Surrey</i>	28
2.5.1	Communications internes	28
2.5.2	Responsabilités à l'égard de l'entretien et des réparations	29
2.5.3	Procédures d'inspection à bord du navire	30
2.5.3.1	Moteur principal n° 2	30
2.5.3.2	Compartiment de stockage de CO ₂	30
2.5.4	État de préparation aux urgences	31
2.5.5	Analyse des accidents, suivi et clôture des recommandations	31
2.5.6	Validité continue du système de gestion de la sécurité	32
2.5.7	Mesures prises par la British Columbia Ferry Corporation sur réception des bulletins de la sécurité des navires	33
2.6	Visites et inspections réglementaires	33
3.0	Conclusions	35
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	35
3.2	Faits établis quant aux risques	35

4.0	Mesures de sécurité	37
4.1	Mesures prises	37
4.2	Mesures à prendre	38
4.2.1	Conception, inspection et essai du dispositif au CO ₂	38
4.2.2	Protection structurale contre l'incendie	40
4.3	Préoccupations liées à la sécurité	42
4.3.1	Inspection réglementaire	42
4.3.2	Système de gestion de la sécurité de la British Columbia Ferry Corporation	43

Annexes

Annexe A	– Croquis des lieux de l'événement	47
Annexe B	– Diagramme de la tubulure de distribution de CO ₂	49
Annexe C	– Liste des rapports de laboratoire	51
Annexe D	– Sigles et abréviations	53

Figures

Figure 1	Disposition générale des compartiments au milieu du navire	2
----------	------------------------------------------------------------------	---

Photos

Photo 1	Le <i>Queen of Surrey</i> remorqué vers la gare maritime de Langdale	3
Photo 2	Batterie de bouteilles de CO ₂ et tubulure de distribution	8
Photo 3	Domages à la salle des machines et aux câbles électriques	16
Photo 4	Section de tubulure fracturée	17
Photo 5	Orientation spatiale du raccord du manomètre	20
Photo 6	Coupe d'un tuyau de série 40	26

1.0 Renseignements de base

1.1 Fiche technique du navire

Nom du navire	<i>Queen of Surrey</i>	
Numéro officiel	396048	
Port d'immatriculation	Victoria (Colombie-Britannique)	
Pavillon	Canada	
Type	Traversier roulier amphidrome pour passagers et véhicules	
Jauge brute	6968,91	
Longueur ¹	139,35 m	
Tirant d'eau ²	Avant : 5,25 m	Arrière : 5,35 m
Construction	1981	
Groupe propulseur	Deux moteurs diesels MaK de type 12 M551 AK développant 11 860 BHP et entraînant deux hélices à pas variable (une à chaque extrémité du navire)	
Cargaison	Passagers et véhicules (capacité : 360 véhicules; 1442 passagers et membres d'équipage)	
Passagers	318	
Équipage	28 personnes	
Véhicules	137	
Propriétaires	British Columbia Ferry Corporation (BCFC) ³ , Victoria	

1.1.1 Description du navire

Le *Queen of Surrey* est un navire amphidrome doté d'une timonerie, d'un propulseur et d'un gouvernail à chaque extrémité. La salle des machines se trouve au milieu du navire. Les deux extrémités du navire sont presque identiques; elles sont identifiées respectivement par les numéros 1 et 2, ce qui sert à déterminer les côtés bâbord et tribord du navire et la numérotation des moteurs dans la salle des machines (voir figure 1).

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.

² Voir l'annexe D pour la signification des sigles et abréviations.

³ Le nom a depuis lors été changé à BC Ferry Services, mais par souci d'uniformité, seul le nom British Columbia Ferry Corporation (BCFC) est utilisé dans le présent rapport.

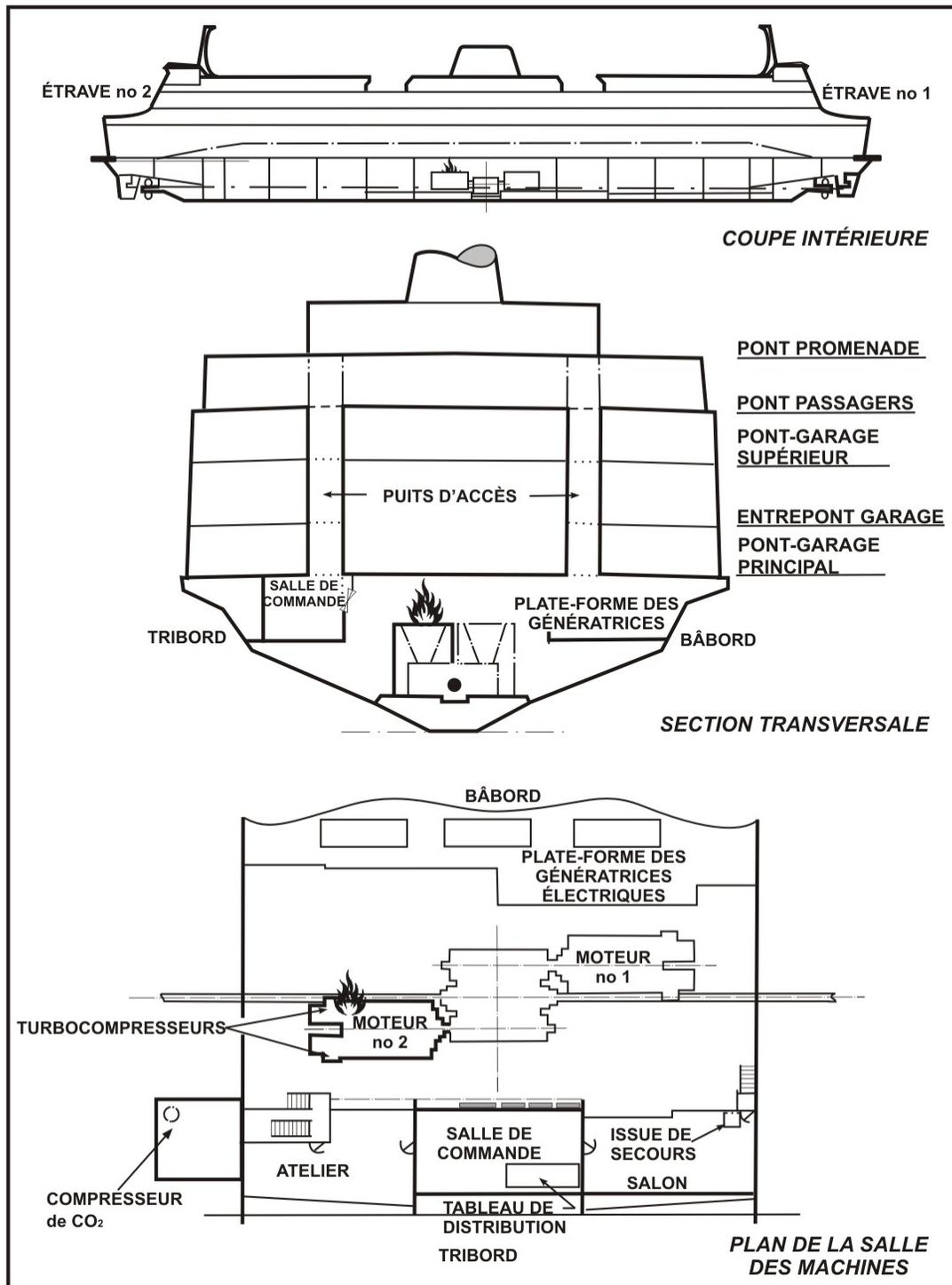


Figure 1. Disposition générale des compartiments au milieu du navire

Le navire compte trois ponts-garages : le pont-garage supérieur, l'entrepont garage (au milieu) et le pont-garage principal (au niveau inférieur). Le pont-garage supérieur et le pont-garage principal sont accessibles de la terre au moyen des rampes du terminal; l'entrepont garage est accessible au moyen de rampes à partir du pont-garage principal.

Deux étroits puits d'accès verticaux s'étendent sur 60 % de la longueur des ponts-garages. Chaque puits d'accès se situe environ à mi-chemin entre chaque côté du navire et son axe longitudinal, divisant les ponts-garages supérieur et principal en trois zones roulières continues pour véhicules. Les puits d'accès encloués offrent aux passagers un accès protégé des ponts-garages aux aires de loisirs supérieures et aux ponts passagers. Ils permettent aussi le passage des conduits d'échappement des moteurs, de tuyaux, de conduits de ventilation et de câblage électrique; ils donnent à l'équipage accès aux locaux machine et autres aires opérationnelles du navire et ils servent de voies d'issue de secours.



Photo 1. Le *Queen of Surrey* remorqué vers la gare maritime de Langdale

La salle des machines contient deux moteurs de propulsion principaux (diesel) et trois moteurs auxiliaires servant à la production d'électricité, ainsi que divers locaux machine et pièces d'équipement connexes. Deux arbres porte-hélice, leurs arbres intermédiaires et leurs réducteurs relient les moteurs principaux aux hélices. Les arbres se trouvent dans des logements qui peuvent être isolés de la salle des machines au moyen de portes étanches automatiques.

La salle de commande des machines est située à l'intérieur de la salle des machines, sur tribord⁴. Elle contient le tableau de distribution électrique principal et permet de commander à distance le démarrage, l'arrêt et la surveillance des moteurs principaux et de leurs machines connexes. Le

⁴ Dans les références de direction, l'étrave n° 1 est considérée comme étant l'avant.

côté intérieur de la salle de commande des machines est doté de vitres permettant d'observer diverses parties de la salle des machines. Le moteur principal n° 2, qui est le plus proche de la salle de commande des machines, est clairement visible, quoique pas en entier.

La salle des machines a deux entrées à partir du pont-garage principal, une dans chacun des puits d'accès bâbord et tribord. L'entrée et le tunnel de circulation tribord de la salle des machines sont très près du moteur principal n° 2. On peut entrer dans la salle de commande des machines par le côté arrière tribord en passant par l'atelier de mécanique ainsi que par une entrée avant donnant sur le salon de l'équipe machine, d'où une trappe d'évacuation située au plafond mène directement dans le puits d'accès tribord sur le pont-garage principal.

1.2 *Déroutement du voyage*

1.2.1 *Incendie dans la salle des machines*

À 6 h 20, heure avancée du Pacifique (HAP)⁵, le 12 mai 2003, le *Queen of Surrey* entame son parcours régulier entre sa base à Langdale et la baie Horseshoe. La traversée de 9,8 milles marins se fait en 40 minutes, et le traversier fait trois trajets sans incident.

À 9 h 23, le navire appareille de la baie Horseshoe par temps calme et dégagé, avec 318 passagers, 137 véhicules et 28 membres d'équipage à son bord. Il n'y a aucun trafic maritime dans les parages. Après que les moteurs ont été mis sur en avant toute, le capitaine confie la conduite du navire au premier lieutenant et descend à son bureau.

À 9 h 32, le troisième mécanicien effectue sa ronde de la salle des machines. Alors qu'il s'approche du moteur principal n° 2 par l'extrémité du turbocompresseur, il constate qu'un jet de liquide est projeté vers le haut, ricochant du plafond sur le corps du turbocompresseur et les tuyaux d'échappement du moteur. Peu après, le liquide pulvérisé s'enflamme.

L'alarme incendie du panneau des détecteurs de fumée dans la timonerie se déclenche et la passerelle est informée qu'une épaisse fumée noire s'échappe de l'entrée arrière de la salle des machines, sur le pont-garage principal. Le capitaine regagne la timonerie pour assumer la conduite du navire et déclenche l'alarme générale. Les membres d'équipage se rassemblent à leurs postes d'incendie et le premier lieutenant dirige l'équipe d'incendie (l'équipe pont). Les passagers sont dirigés vers un lieu sûr, les portes pare-feu des salons passagers sont fermées et le système de ventilation est arrêté. On informe les Services de communications et de trafic maritimes (SCTM), la Garde côtière canadienne et les gares maritimes de la baie Horseshoe et de Langdale de l'incendie.

⁵ Les heures sont exprimées en HAP (temps universel coordonné moins sept heures).

Pendant ce temps, les flammes prennent rapidement de l'ampleur dans la salle des machines. Observant la scène depuis la fenêtre de la salle de commande des machines, le chef mécanicien alerte la timonerie, arrête les moteurs de propulsion principaux, les génératrices et les ventilateurs, et ordonne l'évacuation de la salle des machines. Il est 9 h 37, à peine 5 minutes après que le feu a été décelé.

En raison de l'intense chaleur entourant le moteur principal n° 2, les deux mécaniciens quittent la salle de commande des machines par la trappe d'évacuation menant au pont principal. La fumée limite la visibilité sur le pont principal et des radios VHF portatives servent aux communications entre le capitaine dans la timonerie et les autres officiers à bord.

Vers 9 h 43, après une consultation entre le chef mécanicien et le capitaine, il est décidé de noyer la salle des machines de dioxyde de carbone (CO₂) au moyen du dispositif fixe d'extinction de l'incendie. Les soupapes d'alimentation en combustible des moteurs et les volets de ventilation sont fermés à distance puis, une fois la salle des machines évacuée et rendue étanche, le dispositif au CO₂ est activé à partir du poste de commande à distance tribord.

À ce moment, la chaleur qui se dégage de la salle des machines peut être perçue sur le pont-garage principal directement au-dessus de la salle des machines, et le système de diffuseurs est activé pour prévenir des feux secondaires dans les véhicules stationnés.

1.2.2 *Dégagement de CO₂*

Le poste de commande à distance du dispositif au CO₂ est situé à côté de l'entrée tribord de la salle des machines, sur le pont principal, au-dessus du compartiment de stockage de CO₂ où sont situés les bouteilles de gaz comprimé et leur mécanisme de contrôle. Une écoutille étanche donne un accès vertical à partir du pont principal au compartiment de stockage de CO₂.

Lorsque l'on tire sur les manettes de commande à distance, une forte détonation est entendue dans le compartiment de stockage de CO₂, et le panneau recouvrant l'écoutille est ouvert par le souffle. (L'enquête révélera qu'il n'avait pas été fermé correctement.) On peut voir d'en haut que la tubulure de distribution de CO₂ s'est fracturée et que, par conséquent, une partie du contenu des bouteilles de CO₂ s'est répandu dans le compartiment de stockage de CO₂.

Initialement, une partie de l'eau répandue par le système de diffuseurs se vaporise sur le pont-garage principal surchauffé, surtout à proximité du moteur principal n° 2. Cependant, comme l'évaporation cesse éventuellement, il devient évident qu'une quantité suffisante de gaz a rejoint la salle des machines pour éteindre l'incendie.

1.2.3 *Retour à Langdale*

À 9 h 39, on demande au centre des SCTM d'obtenir l'aide de remorqueurs pour le navire. Le Centre de coordination des opérations de sauvetage charge le traversier *Queen of Capilano* et les remorqueurs *Seaspan Cavalier* et *Seaspan Crusader* de fournir l'aide requise.

Privé de propulsion, le *Queen of Surrey* perd de la vitesse et commence à dériver vers l'île Finisterre, à environ trois milles de la gare maritime de la baie Horseshoe (voir l'annexe A). Des ancres sont préparées pour pouvoir servir immédiatement au besoin. Le *Queen of Capilano* arrive sur les lieux à 10 h 1, et un câble de remorque est fixé entre les deux navires.

Le *Seaspan Cavalier* arrive à 11 h 10 et est arrimé au *Queen of Surrey*. Le deuxième remorqueur, le *Seaspan Crusader*, arrive à 11 h 38, et le remorquage vers Langdale débute.

Durant le remorquage, les cloisonnements d'entourage de la salle des machines sont surveillés. Aucune élévation de la température n'est constatée.

À 13 h 39, le navire accoste à la gare maritime de Langdale. Après que tous les passagers ont débarqué, des pompiers du service d'incendie de Langdale accompagnés de deux mécaniciens du navire pénètrent dans la salle des machines pour s'assurer que l'incendie est éteint. Les passagers qui avaient des véhicules à bord sont alors autorisés à revenir sur le traversier pour reprendre leurs véhicules.

1.3 *Système d'échappement et circuit d'alimentation en combustible du moteur principal*

Les moteurs principaux du navire sont des moteurs en V comptant 12 cylindres répartis en deux rangées (A et B) de 6 cylindres. Les collecteurs d'échappement de chaque rangée de cylindres sont situés à l'intérieur du V et mènent à deux turbocompresseurs situés à leur extrémité libre. Il est prévu que les tuyaux d'échappement soient recouverts d'un matériau ignifuge et que l'ensemble du dispositif soit recouvert d'un doublage.

Une caisse journalière fournit le carburant diesel nécessaire à chaque moteur. Une pompe de gavage électrique amène le combustible par des tuyaux qui passent par des filtres à une rampe d'alimentation basse pression. Les tuyaux de dérivation de la rampe d'alimentation mènent à des pompes d'injection qui alimentent sous haute pression les injecteurs.

La rampe d'alimentation basse pression est faite de tuyaux en acier doux et est munie de divers manomètres fixés au moyen de tubes d'un matériau approprié et de raccords à compression filetés vissés à des protubérances en acier soudées à la rampe. Le raccord du manomètre carburant est situé à l'extrémité du moteur du côté du turbocompresseur; il est doté d'un robinet d'arrêt au manomètre.

Après l'incendie, l'inspection a révélé les faits suivants :

- le tuyau du manomètre carburant fixé au raccord de compression de la rangée de cylindres A est fait en cuivre et s'est fracturé;
- les tuyaux de combustible à haute pression sont munis d'une chemise, tandis que la rampe d'alimentation ne l'est pas⁶;
- les doublages qui auraient dû être sur le collecteur d'échappement du moteur principal sont absents;
- les tuyaux d'échappement sont mal calorifugés.

1.4 Dispositif d'extinction au CO₂

Le navire est doté d'une installation fixe d'extinction de l'incendie par noyage total de la salle des machines, l'agent extincteur étant le CO₂. Les exigences concernant la construction, l'inspection et la mise à l'essai d'un tel dispositif au CO₂ sont précisées dans le *Règlement sur le matériel de détection et d'extinction d'incendie* pris en application de la *Loi sur la marine marchande du Canada*.

1.4.1 Compartiment de stockage de CO₂

Le compartiment de stockage de CO₂, à l'arrière de la salle des machines sous le puits d'accès tribord du pont principal, contient 53 réservoirs en acier ou bouteilles de CO₂ sous pression. Le compartiment est accessible du pont principal par une écoutille qui peut être rendue étanche au gaz et aux fumées au moyen d'un panneau d'écoutille étanche aux intempéries. L'écoutille est normalement fermée.

Le compartiment a deux puits d'aération; un conduit d'évacuation à tirage forcé et un conduit d'alimentation. Chaque puits est doté de trois volets à clapet (deux à fermeture automatique par élément fusible et un à commande manuelle); la fermeture d'un ou l'autre permet d'isoler le compartiment de stockage de CO₂. On a constaté qu'un des volets à élément fusible du conduit d'alimentation était fermé, l'élément fusible ayant été brisé à une date indéterminée.

⁶ S'agissant d'un navire ne ressortissant pas à la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (Convention SOLAS), rien n'exigeait que les tuyaux de combustible soient munis d'une chemise.

1.4.2 Tubulure de distribution de CO₂

Les bouteilles de CO₂ étaient disposées en trois batteries solidement fixées à l'aide de colliers de serrage aux cloisons extérieures, avant et intérieures du compartiment de stockage de CO₂. Chaque bouteille était reliée à une tubulure de distribution au moyen d'un tuyau flexible tressé de néoprène renforcé formant un U inversé entre le sommet de la bouteille et la tuyauterie. La tubulure de distribution était faite de sections de sous-tubulures et branchements tous faits de tuyaux d'acier galvanisé et fileté de série 40 (ou série 80, selon le diamètre). Une structure constituée de membrures d'acier et de goussets était soudée aux cloisons au-dessus des bouteilles; elle soutenait la tuyauterie de distribution au moyen de colliers de serrage en U qui passaient autour des tuyaux et étaient boulonnés aux supports (voir photo 2).



Photo 2. Batterie de bouteilles de CO₂ et tubulure de distribution

Parmi les bouteilles de CO₂ se trouvaient 4 bouteilles pilotes et 49 bouteilles asservies, chacune contenant environ 45 kg de CO₂ liquide à une pression de 6300 kPa (à 24 °C). Deux des bouteilles pilotes étaient munies de soupapes à commande manuelle qui pouvaient être ouvertes soit de l'intérieur du compartiment de stockage de CO₂, soit à partir de postes de commande à distance (voir l'annexe B).

Les bouteilles asservies étaient dotées de clapets de non retour qui s'ouvraient au moyen de pistons à ressort qui étaient enfoncés par la contre-pression du CO₂, une fois le gaz libéré dans le collecteur de déchargement depuis les bouteilles pilotes⁷. Une soupape d'arrêt séparait les bouteilles pilotes et les bouteilles asservies, les isolant effectivement les unes des autres. Cette soupape comportait un câble de commande semblable à celui des bouteilles pilotes, qui pouvait aussi être actionné soit à distance, soit localement à l'intérieur du compartiment de stockage de CO₂.

Un dispositif de temporisation était aussi incorporé du côté des bouteilles pilotes; sa fonction consistait à retarder de 25 à 30 secondes la libération de CO₂ pour permettre aux membres d'équipage d'évacuer la salle des machines en toute sécurité. Pour prévenir l'équipage de la libération imminente de CO₂, des commutateurs électriques permettant d'arrêter les pompes de combustible et des ventilateurs actionnés par des transducteurs de pression fixés au dispositif de temporisation étaient également incorporés au système.

1.4.2.1 *État de la tubulure de distribution*

Au moment de l'événement, la tubulure de distribution de CO₂ était dans l'état suivant :

- diverses sections de tuyau avaient selon toute évidence été endommagées par une clé à tuyau;
- certaines sections étaient désalignées aux raccords;
- à d'autres endroits, le filetage de certains raccords était brisé;
- les tuyaux flexibles étaient pliés selon des courbures différentes.

1.5 *Exigences en matière de protection structurale contre l'incendie*

Le *Règlement sur la construction de coques*, partie III, de la *Loi sur la marine marchande du Canada* précise le niveau d'isolation ignifuge nécessaire sur les cloisons et les ponts de divers compartiments d'un navire et, selon le cas, prescrit le recours à un système de diffuseurs, comme moyen de contrôler le risque d'incendie inhérent à ces compartiments. Ce règlement a été adopté en 1958; il s'inspire de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (Convention SOLAS) de 1948. Des conventions SOLAS ultérieures et les modifications qui y ont été apportées ont rehaussé les exigences en matière de protection structurale contre l'incendie, mais le *Règlement sur la construction de coques* n'a pas été modifié en conséquence.

⁷ La contre-pression déterminée par les fabricants des soupapes était de 2585 kPa (+/- 175 kPa).

En 1979, Transports Canada a publié un document intitulé *Normes équivalentes de protection contre l'incendie des navires à passagers (TP 2237)*, tenant compte des concepts modernes de protection structurale contre l'incendie et intégrant les plus récentes exigences de la Convention SOLAS à ce moment. Le Bureau d'inspection des navires à vapeur a jugé que ces normes assuraient un niveau de protection équivalent à celui des dispositions du *Règlement sur la construction de coques*, partie III. Les propriétaires de navires ont par conséquent été autorisés à construire leurs navires en fonction soit de la réglementation existante, soit des normes équivalentes. Transports Canada examine actuellement la réglementation dans le cadre du Programme de réforme de la réglementation fédérale.

1.5.1 *Protection structurale contre l'incendie autour de la salle des machines*

Sur le *Queen of Surrey*, la cloison de la salle des machines (qui faisait partie du pont-garage principal semi-fermé) était faite d'acier nu non isolé. Le pont-garage supérieur situé au-dessus de la salle des machines était équipé d'un système de diffuseurs en vue de limiter la propagation d'un incendie.

1.6 *Système de gestion de la sécurité*

Bien qu'elle n'était pas tenue d'observer les exigences du *Code international de gestion pour la sécurité de l'exploitation des navires et la prévention de la pollution (Code ISM)*, la BCFC avait volontairement choisi d'obtenir une attestation de conformité pour sa flotte ainsi qu'un certificat de gestion de la sécurité pour le *Queen of Surrey*.

Conformément au Code ISM, l'entreprise avait élaboré un système de gestion de la sécurité pour le *Queen of Surrey*. Ce système prévoyait entre autres la mise au point et l'exécution de programmes d'inspection et d'entretien planifié du navire ainsi que des plans d'urgence et des procédures face à diverses situations d'urgence possibles à bord. Un programme d'exercices d'urgence et d'exercices de manoeuvre avait aussi été élaboré pour permettre à l'équipage du navire de réagir efficacement dans de telles situations. Le tout était consigné dans le manuel du navire, ainsi que dans le manuel d'exploitation du navire et dans les ordres courants.

1.6.1 *Procédures d'inspection, d'entretien préventif et de réparation*

L'inspection de la salle des machines et des moteurs principaux et auxiliaires devait être effectuée périodiquement par le personnel de quart de la salle des machines. Les éléments à vérifier et la nature des vérifications étaient précisés dans des listes de vérifications préparées conformément au système de gestion de la sécurité du navire. Comme les listes de vérifications de la salle des machines ne pouvaient pas énumérer tous les détails pertinents, le personnel de quart devait aussi tirer parti de son expérience, de ses connaissances et de sa formation.

Les programmes d'entretien planifié visant les moteurs principaux exigeaient qu'ils soient démontés et révisés en fonction des heures de fonctionnement accumulées, et diverses opérations étaient prévues pour diverses composantes. Selon l'étendue des travaux en cause, ceux-ci étaient exécutés soit par le personnel machine du navire, soit par le personnel mécanique à terre.

En outre, les défauts de l'équipement utilisés constatés durant les rondes d'inspection étaient signalés au chef mécanicien qui, après les avoir évalués, les inscrivait sur une fiche de défauts propre à la salle des machines. Les problèmes qui ne pouvaient pas être réglés durant les heures d'exploitation du navire étaient réglés par l'équipe d'entretien de nuit lorsque le navire était accosté. Des descriptions des travaux effectués et des événements notables constatés durant un quart de travail étaient consignés dans une base de données informatisée sur l'entretien planifié de l'ensemble de la flotte appelée Maximo. En outre, les équipes de travail successives échangeaient de l'information verbalement. Les commentaires notés sur la fiche de défauts et dans Maximo servaient aussi à créer une boucle de rétroaction entre la personne réglant le problème et la personne qui l'avait signalé.

La fuite au raccord du manomètre sur le moteur principal n° 2 avait été constatée la première fois le 10 mai (deux jours avant l'événement). Les mécaniciens de l'équipe du matin avaient resserré le raccord puis, constatant que le problème n'était pas réglé, ils avaient fait une entrée en conséquence sur la fiche de défauts pour que l'équipe de nuit s'occupe de la situation. Outre la demande de réparation, une note avait été faite que le resserrement du raccord ne semblait pas normal.

Par ailleurs, l'ensemble du dispositif de stockage, de distribution et d'activation du dispositif d'extinction au CO₂ devait être régulièrement inspecté par le personnel du navire. Cependant, de telles inspections n'ont pas été effectuées régulièrement.

1.6.2 Formation du personnel du navire et supervision des tâches d'entretien

Tous les membres de l'équipage du navire étaient titulaires des brevets de capacité de Transports Canada voulus selon leur grade. La BCFC avait aussi élaboré un programme de formation pour ses officiers et membres d'équipage en vertu duquel, selon leur grade et le type de navire, ils recevaient une formation sur divers sujets dont le Code ISM. Les mécaniciens de rang supérieur devaient également assister à un cours sur la sécurité et la supervision. Ce cours visait à rehausser la sensibilisation à la sécurité au travail et aux méthodes de travail sûres. Il abordait notamment des sujets tels que les responsabilités et fonctions liées à la sécurité, l'hygiène industrielle, et l'inspection des machines et des locaux.

Les mécaniciens de rang supérieur étaient tenus de former et diriger leurs subalternes de façon à assurer de bonnes pratiques de travail aux plans de la mécanique et de la sécurité, mais la BCFC n'avait élaboré aucun programme officiel de formation en cours d'emploi à cette fin. Elle

comptait que les mécaniciens de rang supérieur transmettraient cette formation à leurs subalternes dans le cadre de leur supervision des activités courantes d'exploitation et d'entretien à bord du navire.

Le premier mécanicien avait la responsabilité de la supervision directe des tâches d'entretien effectuées durant son quart de travail. Les premiers mécaniciens assurant les quarts de l'avant-midi et de l'après-midi rendaient compte aux chefs mécaniciens, mais aucun chef mécanicien / mécanicien de rang supérieur n'était présent pour le quart de nuit. Le premier mécanicien avait la responsabilité du quart de nuit et de tous les travaux effectués durant cette période. Les premiers mécaniciens se rencontraient lors du changement de quart et pouvaient alors discuter des événements survenus. (Les chefs mécaniciens travaillaient selon des quarts décalés, de sorte qu'ils arrivaient plus tard que les premiers mécaniciens terminant le quart de nuit et ne les rencontraient pas.)

1.6.3 État de préparation aux urgences à bord du navire

L'entreprise avait élaboré des procédures pour traiter efficacement de diverses urgences et autres situations critiques à bord du navire. Cependant, aucun plan n'avait été préparé pour l'évacuation en toute sécurité des passagers et des membres d'équipage non essentiels, en cas de situation critique lorsque le navire était accosté.

1.6.4 Sécurité des passagers

Dans le cas présent, lorsque l'alarme incendie a été déclenchée et peu après qu'il est revenu dans la timonerie, le capitaine a dressé des plans adaptés à la situation en vue de protéger le navire, ses passagers et son équipage des divers dangers connus. Il l'a fait en consultation avec les officiers supérieurs à bord et en se reportant aux manuels pertinents.

Les passagers ont été rassemblés dans un salon éloigné de l'incendie, et ils ont été tenus au courant de la situation. Des gilets de sauvetage ont été préparés en vue d'une distribution aux passagers; ils ne devaient servir qu'au besoin, si l'instruction en était donnée.

Avant que le navire accoste à Langdale, il y a eu discussion avec les responsables de la gare maritime au sujet du protocole pertinent de débarquement compte tenu du fait que les véhicules contenaient d'importantes quantités d'essence, ce qui présentait un risque d'incendie et d'explosion. Un plan d'évacuation a été préparé pour les passagers, et des dispositions ont été prises pour assurer la présence des pompiers volontaires locaux, de personnel paramédical, d'ambulances, de dépanneuses et de policiers lorsque le traversier accosterait.

1.6.5 *Analyse des accidents et des cas de non-conformité*

Le Code ISM exige que tout système de gestion de la sécurité prévoie des procédures selon lesquelles le capitaine signale les accidents, les événements dangereux et les cas de non-conformité à la personne désignée à terre. Les faits en cause doivent faire l'objet d'une enquête et d'une analyse, et les mesures correctives pertinentes doivent être prises pour prévenir leur répétition.

La BCFC a donc élaboré de telles procédures et défini des niveaux de gravité des incidents à bord des navires. Les capitaines étaient tenus de signaler ces incidents à la personne désignée représentant la direction de l'entreprise à terre, selon la division opérationnelle de la flotte dont relevait leur navire. Selon le niveau de gravité de l'incident, il ferait l'objet d'une enquête menée par un groupe de cadres supérieurs compétents.

Le président du groupe devait produire un rapport comprenant des recommandations en vue d'éviter une répétition. Ce rapport était distribué à tous les gestionnaires et surintendants de la flotte.

1.6.6 *Rôle de la personne désignée*

Pour garantir que le système de gestion de la sécurité était mis en oeuvre efficacement et faisait l'objet de vérifications et d'examens périodiques, la BCFC avait nommé une personne désignée comme le prescrit le Code ISM. Ses responsabilités comprenaient les éléments suivants :

- examiner les constatations des enquêtes sur les accidents et présenter des recommandations visant les mesures correctives requises;
- veiller à l'exécution et à la clôture des demandes de mesures correctives;
- vérifier la conformité continue.

1.6.7 *Procédures visant les mesures correctives*

Les recommandations issues des enquêtes et examens devaient être suivies de mesures correctives pertinentes dans un délai précis. Les mesures correctives requises étaient mises en oeuvre par un bureau de première responsabilité désigné, qui était chargé de veiller à ce qu'elles soient menées à bien. Leur évolution était suivie et surveillée par le surintendant de la sécurité opérationnelle.

1.6.8 *Enquête de la British Columbia Ferry Corporation sur l'incendie dans la salle des machines et recommandations*

Une enquête interne tenue le 13 mai 2003 a donné lieu à 14 recommandations, dont 13 étaient pertinentes pour l'ensemble de la flotte. Leur mise en oeuvre a été confiée à différents bureaux de première responsabilité. Comme le prescrit le système de gestion de la sécurité, le surintendant de la sécurité opérationnelle a produit un document de suivi des recommandations, pour consigner l'état d'avancement de leur mise en oeuvre après 30, 60 et 90 jours.

La personne désignée n'a pas participé à l'enquête et les recommandations consécutives à l'enquête n'ont pas été traitées comme des demandes de mesures correctives au sens du système de gestion de la sécurité de la BCFC.

1.7 *Visites et inspections réglementaires*

Le *Queen of Surrey* devait faire l'objet d'un examen annuel de sa coque et de ses machines réalisé par sa société de classification, la Lloyd's Register of Shipping (Lloyd's), et subir des inspections annuelles réglementaires de l'équipement de sécurité et de la sécurité de la construction exécutées par Transports Canada. En vertu du système en place au moment de l'accident, Transports Canada et la Lloyd's effectuaient des visites annuelles et continues, et Transports Canada exécutait les inspections réglementaires. Selon le programme d'inspection continue des machines de Transports Canada et de la Lloyd's, le moteur principal n° 2 devait faire l'objet d'une visite tous les cinq ans.

Le *Règlement sur le matériel de détection et d'extinction d'incendie* pris en vertu de la *Loi sur la marine marchande du Canada* et le *Recueil international de règles applicables aux systèmes de protection contre l'incendie* pris en vertu de la Convention SOLAS précisent les exigences nationales et internationales concernant la construction, l'inspection et la mise à l'essai d'un dispositif d'extinction au CO₂ et de sa tubulure de distribution. Cependant, le *Queen of Surrey* n'était pas tenu d'observer les exigences de la Convention SOLAS puisqu'il était un navire ne ressortissant pas à la Convention. L'installation complète doit subir une inspection annuelle dans laquelle son mécanisme de commande, son dispositif de distribution du gaz et chacune de ses alarmes sonores doivent être examinés et mis à l'essai par les inspecteurs de Transports Canada. Cependant, des entrepreneurs peuvent aussi exécuter cette fonction et effectuer les réparations nécessaires, leurs rapports étant acceptés par Transports Canada. Sur le *Queen of Surrey*, divers entrepreneurs avaient été chargés de cette responsabilité au fil des ans.

1.8 Événements antérieurs analogues

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a fait enquête sur d'autres cas d'incendie dans la salle des machines causé par la projection de carburant diesel sur les collecteurs d'échappement chauds⁸, et Transports Canada a publié les bulletins de la sécurité des navires (BSN) 13/1985 et 08/2000 sur ce sujet. Les bulletins sont diffusés au sein du milieu maritime au moyen d'une liste d'envoi à inscription volontaire; ils servent à sensibiliser les utilisateurs à des questions que Transports Canada considère importantes. Les bulletins sont aussi distribués aux inspecteurs de Transports Canada, qui y trouvent instructions et conseils, et ils se trouvent dans le site Web de Transports Canada.

Les BSN 13/1985 et 08/2000 recommandent tous deux vivement de porter attention aux points suivants :

- l'intégrité, la vulnérabilité aux avaries et l'épaisseur de la paroi des raccords, durant l'inspection des canalisations de combustible, d'huile et de liquide hydraulique;
- la possibilité de poser des écrans protecteurs au niveau des connexions, de manière à confiner ou faire dévier les projections d'huile en cas de bris, et de prévoir l'évacuation de l'huile vers un ramasse-gouttes en cas de fuite;
- la pose d'un doublage autour de l'isolation thermique si celle-ci risque d'être touchée par des fuites d'huile, quelle qu'en soit la source;
- la vérification fréquente de l'isolation thermique ainsi que des canalisations d'huile et de leurs raccords;
- la réalisation de toute réparation ou de tout remplacement des canalisations de combustible ou d'huile et de leurs composantes en tenant compte des dangers potentiels et en n'utilisant que des pièces de rechange conformes aux spécifications prévues pour les systèmes ou leurs composantes.

1.8.1 Mesures prises par la British Columbia Ferry Corporation sur réception des bulletins de la sécurité des navires

Les BSN sont reçus soit par la bibliothèque ou le service de contrôle de la documentation du siège social de la BCFC à Victoria. Des photocopies sont envoyées aux bureaux de gestion locaux de l'entreprise, et deux copies sont fournies à chaque navire de la flotte : une pour la timonerie et une pour la salle des machines, d'où un formulaire d'accusé de réception est alors renvoyé au siège social.

⁸ Rapports du BST M99F0023 (*Nanticoke*) et M01M0005 (*Thebaud Sea*).

La BCFC n'a pas prévu de procédures officielles de suivi en la matière; toute mesure à prendre (ou attendue) sur réception du BSN est laissée à la discrétion des surintendants de la flotte ou du personnel de rang supérieur des navires. À bord des navires, les BSN sont reçus par le capitaine principal et le chef mécanicien principal, qui peuvent choisir de disséminer l'information qu'ils contiennent aux autres membres d'équipage et prendre les mesures qu'ils jugent indiquées pour leur navire.

1.9 *Avaries et dommages*

1.9.1 *Salle des machines et moteur n° 2*

Le feu et la chaleur ont causé d'importants dommages aux câbles électriques situés le long du plafond de la salle des machines; de grandes sections du câblage ont dû être remplacées (voir photo 3).



Photo 3. Dommages à la salle des machines et aux câbles électriques

Le refroidisseur extérieur du moteur principal n° 2 a été gravement endommagé, au point où l'effondrement des tubes a permis à l'eau de mer de pénétrer dans les cylindres; le moteur a dû subir une révision complète.

La salle des machines et le moteur principal n° 2 ont été recouverts de suie. Il a fallu les nettoyer en profondeur et les repeindre.

1.9.2 *Compartment de stockage de CO₂ et tubulure de distribution de CO₂*

Le pont et le plafond du compartiment de stockage de CO₂ ont subi des déformations localisées; en outre, certaines des soudures sur les serres et membrures se sont séparées des tôles de pont.

L'examen de la tubulure de distribution de CO₂ a révélé que :

- les extrémités libres des tuyaux flexibles avaient fouetté et causé des dommages de contact à l'isolation sur la cloison arrière du compartiment de stockage de CO₂;
- des sections de la tubulure s'étaient fracturées et arrachées à cinq endroits différents (voir photo 4).



Photo 4. Section de tubulure fracturée

Les sections de tuyau fracturées ont été envoyées au Laboratoire technique du BST aux fins d'analyse⁹. L'examen au microscope électronique à balayage a confirmé que la rupture était attribuable à des précriques de fatigue ayant pris naissance au fond de filet, probablement par suite de vibrations excessives.

1.9.3 *Pont-garage principal*

On a observé une certaine déformation du côté tribord du pont-garage principal au droit de la salle des machines.

⁹ Rapports techniques LP 042/2003 et LP 001/2004 du BST.

2.0 Analyse

2.1 Cause de l'incendie

2.1.1 Rupture du tuyau de manomètre du moteur principal n° 2

Tous les raccords des manomètres fournis à l'origine par le constructeur du moteur étaient en acier. Cependant, le tuyau d'acier du manomètre avait été remplacé par un tuyau en cuivre.

Le cuivre a un point de fusion plus bas que l'acier et il se fragilise avec le temps et l'usage, ce qui le rend inadéquat pour les circuits d'alimentation en combustible. Le *Règlement sur les machines de navires*¹⁰ exige que tous les tuyaux de ce type soient en acier.

Le raccord à compression qui fixait le tuyau de manomètre défailant à la rampe d'alimentation en combustible avait commencé à fuir le 10 mai 2003, deux jours avant l'événement. Il avait été réparé en resserrant l'écrou à compression. L'analyse de ce raccord et du tuyau en cuivre défailant faite par le Laboratoire technique du BST a déterminé que la rupture était attribuable à des contraintes excessives exercées sur des précriques de fatigue au diamètre extérieur, probablement dues à des vibrations¹¹. Une marque faisant le tour du diamètre extérieur du tuyau donnait à penser qu'il avait été partiellement coupé, peut-être à la pose ou lorsqu'il avait été resserré.

Les vibrations engendrées par le moteur auraient causé un durcissement du tuyau en cuivre et aggravé la coupure partielle dans la paroi fragilisée du tuyau à hauteur de la bague de compression, qui entamait déjà la surface extérieure du tuyau et créait une zone de contraintes élevées. La coupure a laissé fuir du combustible et le personnel de la salle des machines, croyant à tort que la fuite de combustible provenait d'un raccord desserré, a resserré davantage l'écrou à compression, enfonçant encore la bague dans la paroi du tuyau.

La fuite a été temporairement colmatée, mais deux jours plus tard, le tuyau en cuivre a cédé complètement, projetant du carburant diesel sur le collecteur d'échappement chaud du moteur.

Un matériau inadéquat et les vibrations transmises par le moteur ont ainsi causé la rupture du tuyau de raccordement du manomètre, dans une importante zone de concentration de contraintes à hauteur de la bague de compression à l'intérieur du raccord de compression.

¹⁰ *Loi sur la marine marchande du Canada, Règlement sur les machines de navires, annexe XII, article 23.*

¹¹ Rapport technique LP 042/2003 du BST.

2.1.2 Raccord du manomètre

Le *Règlement sur les machines de navires* exige que les tuyaux et branchements soient disposés de sorte que les déversements et fuites n'arrivent pas sur des sources de chaleur¹².

Dans le cas présent, le raccord du manomètre pointait en haut vers le corps d'entrée des gaz d'échappement du turbocompresseur et le plafond de la salle des machines (voir photo 5). Le combustible qui fuyait a ainsi pu arriver sur une source de chaleur. D'autres sorties de raccordement de la rampe d'alimentation en combustible pointaient en bas vers le carlingage de machines.

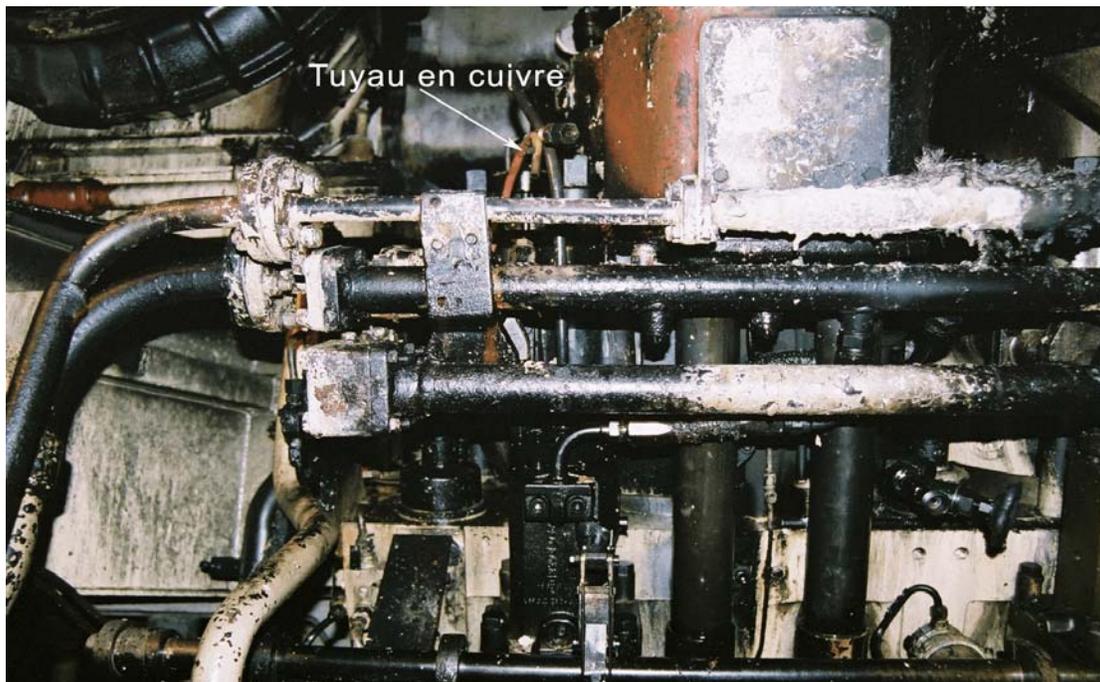


Photo 5. Orientation spatiale du raccord du manomètre

Ainsi, l'orientation inadéquate du point de sortie de la prise de raccordement du manomètre a fait en sorte que du carburant diesel sous pression provenant du tuyau de manomètre fracturé a été pulvérisé sur le collecteur d'échappement chaud du moteur.

Il y avait une soupape d'admission du combustible sur le moteur et une autre soupape sur la canalisation de retour reliant le moteur et la caisse journalière. Il n'y avait cependant aucun moyen d'isoler immédiatement le raccord du manomètre à la rampe d'alimentation en combustible, ni n'en fallait-il un. Faute de moyen direct de stopper la fuite, la seule solution

¹² *Loi sur la marine marchande du Canada, Règlement sur les machines de navires, annexe XII, article 21.*

consistait à arrêter le moteur et à fermer ses soupapes d'admission et de refoulement de combustible. Cependant, le *Règlement sur les machines de navires* n'aborde pas le moyen de limiter, contenir ou rediriger le flux de liquides inflammables sous pression en cas de rupture de canalisations à faible pression.

2.1.3 Incendie du moteur principal n° 2

On a constaté que les doublages qui auraient dû se trouver au-dessus du collecteur d'échappement du moteur principal étaient absents. Les doublages faisaient à l'origine partie de l'équipement monté sur le moteur, mais il semble qu'ils aient été enlevés en 1997 pour permettre le débranchement sans difficulté des tuyaux d'échappement des culasses.

Ces doublages devaient recouvrir les tuyaux d'échappement jusqu'à hauteur du collecteur d'admission des gaz du turbocompresseur, de façon à empêcher qu'une matière combustible puisse entrer directement en contact avec les surfaces chaudes de l'échappement. En l'absence des doublages, cette protection n'était pas assurée¹³.

Le collecteur d'échappement a été conçu par le fabricant en prévoyant qu'il soit entièrement recouvert d'un calorifugeage ignifuge. Le calorifugeage s'étendait certes sur toute la longueur des tuyaux d'échappement, mais il était endommagé à divers endroits, jusqu'à manquer complètement près d'une courte section de tuyau à hauteur du raccord d'admission du turbocompresseur.

Les températures de fonctionnement moyennes à la sortie des cylindres et sur la surface extérieure de cette section exposée du tuyau d'échappement se situaient entre 400 °C et 450 °C. Le jet de carburant diesel sous pression provenant de la tuyauterie fracturée s'est répandu tant sur le corps d'entrée des gaz d'échappement chauds du turbocompresseur que sur cette section non calorifugée du collecteur d'échappement chaud, où il s'est vaporisé, puis s'est rapidement enflammé¹⁴.

Les zones de combustion sans résidus créées par les flammes intenses et les surfaces « ombragées » créées par le dépôt de suie sur le corps d'entrée de l'air du turbocompresseur, la tuyauterie du moteur et les chemins de câbles situés sur le plafond indiquent que l'origine du feu se trouve entre le corps du turbocompresseur et le dernier cylindre de la rangée A du moteur (voir photos 3 et 5).

¹³ *Loi sur la marine marchande du Canada, Règlement sur les mesures de sécurité au travail, article 9.*

¹⁴ Le point d'éclair du carburant diesel est d'environ 70 °C, tandis que son point d'inflammation est d'environ 260 °C. Les brouillards et les embruns peuvent toutefois être inflammables à des températures inférieures au point d'éclair normal.

La présence d'un doublage et d'un calorifugeage ignifuge adéquat autour de l'échappement et du collecteur d'admission des gaz du turbocompresseur n'aurait peut-être pas empêché l'incendie, mais elle aurait retardé son apparition. Il y aurait ainsi eu une possibilité de prendre des mesures correctives.

2.2 *Protection structurale contre l'incendie autour de la salle des machines*

2.2.1 *Plafond de la salle des machines*

La salle des machines contient de nombreuses substances inflammables et des sources de chaleur, ce qui l'expose particulièrement au risque d'incendie. Cependant, en adoptant des techniques de conception et des pratiques de fonctionnement adéquates, on peut réduire au minimum le risque qu'un incendie se propage aux compartiments adjacents.

Le plafond de la salle des machines du *Queen of Surrey* forme une partie du pont-garage principal, où les réservoirs d'essence des véhicules stationnés présentent un grand risque d'incendie. Ce risque peut être atténué en assurant un délai dans la propagation thermique au moyen d'un isolant ignifuge faisant barrière au transfert immédiat de chaleur. Ce délai donne la possibilité à la fois de combattre un incendie dans la salle des machines et de limiter le transfert de chaleur en refroidissant les cloisonnements. On le reconnaît dans le document *Normes équivalentes de protection contre l'incendie des navires à passagers (TP 2237)* de Transports Canada et dans la Convention SOLAS¹⁵ évoquant une isolation des cloisonnements de la salle des machines de type A-60 qui assurerait une protection thermique de 60 minutes.

Le plafond de la salle des machines du *Queen of Surrey* était construit selon la norme A-0 (acier nu, peint) conformément aux exigences réglementaires applicables. En conséquence, la chaleur de l'incendie de la salle des machines s'est propagée rapidement, faisant monter la température du pont-garage. Les véhicules qui y étaient stationnés ont ainsi été exposés à un risque d'incendie.

2.3 *Dégagement de CO₂ et défaillance de la tubulure de distribution*

Il n'y avait pas suffisamment de colliers de serrage entre les divers branchements de la tuyauterie de la tubulure et la structure de soutien, de sorte que des sous-sections entières étaient sans soutien, uniquement fixées à leur tuyau de distribution à une extrémité. Chaque section de tuyau non soutenue était aussi reliée à deux bouteilles de CO₂ au moyen de tuyaux flexibles haute pression en néoprène tressé disposés en U inversé.

¹⁵ Chapitre II-2, partie A, règle 3.3.

Les tuyaux non soutenus pouvaient être considérés comme des porte-à-faux, avec une extrémité fixée de façon rigide et l'autre extrémité libre, et subissant des charges qui s'exerçaient à deux endroits sur leur longueur. Ces charges produisaient des moments de flexion et des contraintes de cisaillement sur les sections de tuyau tandis que les tuyaux flexibles suivaient leur tendance naturelle à « s'ouvrir » pour reprendre leur forme initiale. Les charges qui s'exerçaient avaient aussi une composante de torsion puisque les tuyaux flexibles ne se trouvaient pas dans le même axe que les sections de tuyau.

À l'accostage et à l'appareillage, le navire subissait d'importantes vibrations qui étaient transmises à ses structures internes. Dans la disposition en porte-à-faux des sections de la tubulure, il en aurait résulté des vibrations induites de grande amplitude à l'extrémité libre des sections de tuyau. Ces charges cycliques ont éventuellement produit des fissures localisées de rupture par fatigue dans les zones de concentration de contraintes, comme les fonds de filet.

Lorsque les poignées de commande du CO₂ ont été tirées, du CO₂ sous pression (environ 6300 kPa) a pénétré les tuyaux flexibles, les sections de la tubulure et la tuyauterie de distribution. Les charges appliquées et les moments de flexion sur les tuyaux non soutenus en porte-à-faux ont augmenté instantanément, entraînant une rupture des tuyaux qui étaient déjà affaiblis par des précriques de fatigue, ce qui a permis à une quantité de CO₂ de fuir dans le compartiment de stockage de CO₂. Cependant, une quantité suffisante de CO₂ est parvenue à la salle des machines pour éteindre le feu.

2.4 Normes de construction et d'essai des dispositifs au CO₂

2.4.1 Conception de la tubulure de distribution de CO₂

Les dispositifs au CO₂ sont conçus suivant les exigences du *Règlement sur le matériel de détection et d'extinction d'incendie*. Entre autres, les prescriptions de sécurité figurant dans ce règlement¹⁶ comprennent les deux exigences suivantes :

- le dégagement de CO₂ dans une tranche des machines devra ne pouvoir se faire que par l'ouverture d'une soupape d'arrêt et d'une soupape de commande;
- les moyens doivent être prévus de déclencher une alarme sonore lorsque le gaz d'étouffement est sur le point d'être libéré à l'intérieur d'une des tranches des machines où des membres de l'équipage travaillent ordinairement et à laquelle ils ont normalement accès.

¹⁶ *Loi sur la marine marchande du Canada, Règlement sur le matériel de détection et d'extinction d'incendie, annexe III, sous-alinéa 3(8)a)(i) et alinéa 3(2)a).*

Les installations du *Queen of Surrey* ne permettaient pas d'isoler les bouteilles asservies du tuyau d'alimentation principal de la salle des machines. Les 4 bouteilles pilotes étaient séparées des 49 bouteilles asservies par une soupape d'arrêt dont la seule fonction consistait (au moyen d'une temporisation) à permettre aux membres de l'équipage se trouvant dans la salle des machines d'évacuer les lieux.

Par conséquent, il n'y avait pas de protection contre le risque que le contenu d'une ou plusieurs bouteilles asservies, malgré la présence de clapets de non retour, fuie à l'intérieur de la salle des machines sans déclencher l'alarme sonore – ce qui aurait exposé l'équipage et le navire à des risques indus.

L'alarme de CO₂ servant à prévenir le personnel de la salle des machines de l'imminence d'un noyage était une alarme à commande électrique actionnée par un pressostat situé du côté des bouteilles pilotes de la tubulure de distribution. Dans le cas de la fuite qui est survenue, la soupape d'arrêt entre les bouteilles asservies et les bouteilles pilotes aurait été fermée de sorte que l'alarme de CO₂ n'aurait pas été déclenchée et le personnel de la salle des machines n'aurait eu aucune indication qu'une ou plusieurs des bouteilles fuyaient dans la salle des machines.

En raison de l'effet de dispersion créé par les circuits de ventilation de la salle des machines, une petite fuite n'entraîne guère de danger pour les membres de l'équipage, à moins qu'elle ne se produise dans un petit compartiment fermé comme une salle de commande des machines. Il reste qu'elle réduit la quantité nette de CO₂ pouvant servir à éteindre un feu. Comme rien n'indique qu'une fuite est survenue, le personnel de la salle des machines le découvrirait seulement la prochaine fois qu'il vérifierait ou utiliserait les bouteilles de CO₂.

Le *Règlement sur le matériel de détection et d'extinction d'incendie* exige que des moyens soient prévus pour qu'une alarme sonore soit déclenchée lorsque le gaz d'étouffement est sur le point d'être libéré, mais il n'exige pas des moyens d'éviter la libération accidentelle d'un tel gaz dans un local. Les fabricants d'installations au CO₂ comme celle du *Queen of Surrey* peuvent satisfaire aux exigences en prévoyant que le CO₂ puisse seulement être libéré intentionnellement en ouvrant la soupape d'arrêt, sans toutefois protéger contre la libération accidentelle de CO₂.

Les dangers auxquels un navire et son équipage peuvent être exposés en cas de libération accidentelle de CO₂ dans la salle des machines ont été reconnus par l'Organisation maritime internationale dans la Convention SOLAS¹⁷ qui stipule que des moyens doivent être prévus pour contrôler les fuites. Cependant, comme le *Queen of Surrey* est un navire ne ressortissant pas à la Convention SOLAS, il n'était pas tenu de s'y conformer.

¹⁷

Convention SOLAS, chapitre II-2, règle 5, paragraphe 1.2.

2.4.2 Méthode de conception, de fabrication et d'approbation de la tubulure de distribution de CO₂

Un seul raccordement de tuyaux inadéquat peut compromettre l'intégrité d'une tubulure de distribution de CO₂ et, par conséquent, son aptitude à acheminer l'agent extincteur au lieu de l'incendie.

Une réglementation axée sur le rendement prend en considération les risques associés à chaque opération. Elle donne au propriétaire, à l'organisme de réglementation et au fabricant la souplesse d'adapter le produit selon les besoins particuliers de l'utilisateur tout en assurant une sécurité d'un niveau minimum acceptable. En outre, comme elle permet d'améliorer constamment la conception des installations en profitant des progrès technologiques, elle peut rehausser le seuil de la sécurité assurée. En ce qui concerne la conception des tubulures de distribution de CO₂, le *Règlement sur le matériel de détection et d'extinction d'incendie* est axé sur le rendement et dicte les critères auxquels une installation doit satisfaire. Le règlement précise entre autres la résistance minimale à l'éclatement, la nécessité de résister à la corrosion et le délai qu'il faut pour noyer un local, mais il ne spécifie pas les propriétés métallurgiques des tuyaux, leur diamètre ou la méthode de calcul des capacités de débit volumétrique des orifices et des diffuseurs.

Pour concevoir une installation au CO₂ qui satisfait aux exigences du *Règlement sur le matériel de détection et d'extinction d'incendie*, les fabricants recourent aux règles et lignes directrices de la National Fire Protection Association (NFPA)¹⁸. Les plans et les calculs sont ensuite présentés à Transports Canada pour approbation, puis l'installation est fabriquée et installée à bord du navire. Transports Canada vérifie les calculs en s'appuyant sur les lignes directrices de la NFPA.

À bord du *Queen of Surrey*, toute la tubulure de distribution, y compris le tuyau principal d'alimentation menant à la salle des machines, était construite de tuyaux en acier galvanisé de divers diamètres. Les extrémités des sections de tuyau étaient filetées et insérées dans des raccords droits, en T ou à 90° également filetés.

On a constaté que les filets des tuyaux avaient été coupés, et non roulés, probablement avec une matrice. Par conséquent, le profil du filetage n'était pas lisse; il comportait de nombreuses encoches qui sont devenues des points de concentration de contraintes où ont pris naissance des précriques qui ont éventuellement entraîné une fissuration multiple et la rupture de la tubulure¹⁹.

¹⁸ NFPA 12, *Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems* (norme relative aux dispositifs d'extinction au CO₂).

¹⁹ Rapport technique LP 001/2004 du BST.

Le nombre de filets coupés sur chaque section de tuyau excédait le nombre qui pouvait entrer dans les raccords filetés, ce qui laissait quelques filets coupés (*runout*) visibles à l'extérieur des raccords. Le nombre de filets visibles variait selon les raccords, mais faisait en moyenne de 10 à 12 mm de longueur.

Le fait de couper des filets sur le tuyau réduit l'épaisseur de sa paroi à hauteur du fond de filet. Pour mesurer cet effet, deux tuyaux de série 40 de 19 mm (3/4 po) de diamètre ont été coupés transversalement et l'épaisseur de la paroi au fond du premier filet à l'extérieur du raccord a été mesurée. Elle était respectivement de 1,62 mm (0,064 po) et 1,37 mm (0,054 po) (voir photo 6).

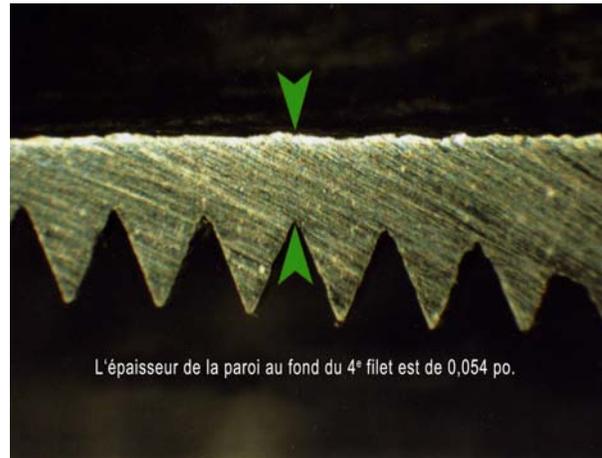


Photo 6. Coupe d'un tuyau de série 40

Un tuyau en acier de série 40 et d'un diamètre de 19 mm (3/4 po) a une paroi de 2,87 mm et une résistance à l'éclatement de 59 400 kPa. Toute réduction de l'épaisseur de la paroi diminue proportionnellement la résistance à l'éclatement. Si l'épaisseur de la paroi au fond de filet est inférieure de moitié à celle du tuyau non fileté, les contraintes longitudinales et transversales sont deux fois plus élevées dans cette région et la résistance à l'éclatement baisse de moitié.

La réduction de l'épaisseur de la paroi à 1,37 mm et 1,62 mm diminue la résistance des tuyaux à l'éclatement respectivement à 28 300 kPa et 33 500 kPa, ce qui est sensiblement inférieur à la valeur minimale requise de 41 500 kPa²⁰. (Les filets sur le tuyau étaient coniques, et tous les filets au-delà du premier filet coupé visible à l'extérieur du raccord (*runout*) auraient réduit l'épaisseur de la paroi à moins de 1,37 mm. Cependant, ces filets s'inséraient dans les filets correspondants des accouplements, de sorte que l'épaisseur réduite des parois n'aurait pas diminué la résistance à l'éclatement puisque les contraintes radiales auraient été transmises aux parois des accouplements.)

Nonobstant ces résultats de la mesure des filets des échantillons de raccords de tuyaux provenant du navire, les calculs indiquent qu'un tuyau de série 40 au filetage conique standard américain NPT et comportant même la plus petite quantité possible de filets coupés visibles à l'extérieur des raccords (*runout*)²¹ ne convient pas pour des tubulures de distribution de CO₂. En effet, la résistance à l'éclatement est inférieure au minimum exigé par la réglementation.

²⁰ Loi sur la marine marchande du Canada, Règlement sur le matériel de détection et d'extinction d'incendie, annexe III, article 6.

²¹ Des calculs semblables produisent des résultats analogues pour des tuyaux d'autres diamètres.

À la suite de l'événement, les dispositifs de distribution de CO₂ sur de nombreux autres navires de la flotte de la BCFC ainsi que sur d'autres navires de la côte de la Colombie-Britannique ont été inspectés. Parmi les navires inspectés figurent de très petits bâtiments construits dans les années 1960 jusqu'à de très grands, construits dans les années 1990. Sur tous ces navires, des raccords filetés de tuyau de série 40 ont été amplement utilisés et nombre d'entre eux avaient des filets coupés visibles à l'extérieur des raccords (*runout*), entraînant un risque semblable pour ces navires.

Sur le *Queen of Surrey*, la conception, la construction et le soutien insuffisant de la tubulure de distribution de CO₂ ont entraîné de multiples ruptures des raccords de tuyaux attribuables à de la fatigue induite par les vibrations.

2.4.3 Inspection et essai de la tubulure de distribution de CO₂

Une installation fixe d'extinction par étouffement comme le dispositif d'extinction de l'incendie au CO₂ dont il est question ici contient suffisamment de gaz pour une seule tentative d'extinction dans la salle des machines. Il faut donc y recourir uniquement après avoir soigneusement éliminé les autres moyens de lutte contre l'incendie.

Pour assurer l'intégrité opérationnelle continue d'une installation, la réglementation nationale et internationale exige que l'ensemble de l'installation soit soumis chaque année à une inspection et des essais. La méthode de ces essais n'est pas précisée dans la réglementation, mais la pratique courante (comme c'était le cas sur le *Queen of Surrey*) veut qu'on vérifie la tubulure de distribution de gaz et toute la tuyauterie en y soufflant de l'air comprimé. Comme le test n'est pas effectué à la pression de fonctionnement, il confirme uniquement que les tuyaux sont dégagés. Aucune forme de recherche de fuites ou d'essai non destructif de la tuyauterie n'est prévue.

Par ailleurs, si la réglementation exige qu'une installation ait une résistance à l'éclatement d'une certaine valeur minimale et qu'elle soit soumise à un essai initial de pression au moment de la construction, elle n'exige pas la réalisation périodique d'un test de pression par la suite.

Même si toutes les bouteilles de CO₂ doivent être soumises à une épreuve hydraulique à intervalles réguliers²², ce principe n'est pas appliqué à l'installation de distribution.

D'autres installations à bord de navires, comme le collecteur principal d'incendie, le collecteur principal d'assèchement et le circuit d'eau de refroidissement, sont au moins soumis à leur pression de fonctionnement dans leur exploitation courante. Par conséquent, toute anomalie est immédiatement décelée et rectifiée.

²² *Loi sur la marine marchande du Canada, Règlement sur le matériel de détection et d'extinction d'incendie, article 12.*

Les dispositifs d'extinction au CO₂ peuvent servir une seule fois, ne sont pas utilisés couramment et doivent être en état de marche en cas d'incendie. Les criques de fatigue qui se trouvaient dans au moins cinq sections de la tubulure de distribution de CO₂ du *Queen of Surrey* sont passées inaperçues jusqu'à ce que le dispositif soit utilisé pour éteindre l'incendie. Les régimes d'inspection et d'essai des dispositifs au CO₂ devraient donc prévoir des dispositions qui aideraient à garantir l'intégrité structurale continue de ces dispositifs. Or, ce n'est pas le cas de la réglementation canadienne ni internationale, ni de celle de la société de classification.

2.5 *Système de gestion de la sécurité du Queen of Surrey*

2.5.1 *Communications internes*

Les trois équipes de travail successives de la salle des machines n'ont pas toutes communiqué entre elles. L'information communiquée ainsi que les demandes de mesures correctives face aux problèmes relevés durant les quarts de l'avant-midi et de l'après-midi (par l'entremise de la fiche de défauts et du système informatisé Maximo) étaient insuffisamment détaillées.

Le fait que l'équipe de l'avant-midi avait constaté que le raccord du manomètre carburant du moteur principal n° 2 fuyait et l'avait resserré était noté sur la fiche de défauts et dans le système Maximo, mais rien n'indiquait si le raccord avait été démonté et inspecté. De même, l'équipe de nuit a travaillé à la réparation de la fuite sans que des détails soient donnés sur l'état du raccord.

L'observation faite par l'équipe de travail de l'avant-midi que le resserrement du raccord ne semblait pas normal était importante, mais les mécaniciens du quart de nuit n'ont pas ajouté de commentaires à ce sujet. Ils ont toutefois noté qu'ils avaient aussi resserré le raccord et que celui-ci devait être surveillé. Cependant, cela ne communiquait pas une information adéquate à l'initiateur du rapport de défauts (le chef mécanicien du quart de l'avant-midi de la veille) quant à la raison pour laquelle le raccord avait commencé à fuir.

La conception graphique de la fiche de défauts et de la page du journal de quart dans le système Maximo n'exigeait pas que l'on consigne une information détaillée. La fiche de défauts contenait une colonne pour la description du problème, mais aucun espace pour noter la nature de la réparation ou toute anomalie constatée durant la réparation. La page du journal de quart ne comportait aucun format particulier, de sorte que les mécaniciens devaient y consigner l'information qu'ils jugeaient opportune. En l'absence d'instructions précises, ils ne consignaient pas d'informations descriptives.

Tous les mécaniciens de rang supérieur ne se rencontrent pas personnellement aux changements de quart. La fiche de défauts et la page du journal de quart sont donc essentielles :

- pour garantir qu'une information détaillée sur les défauts relevés, les résultats d'inspection et les mesures correctives prises est remise à l'équipe de mécaniciens de relève;
- pour garantir que les mécaniciens ont la possibilité de réexaminer et surveiller les réparations effectuées;
- pour garantir que le responsable du service technique à terre est informé des défauts relevés et des réparations effectuées de façon à pouvoir juger de l'état du navire;
- pour permettre au personnel à bord et à terre de détecter rapidement les tendances et prendre des mesures correctives en temps utile.

En revanche, une information incomplète ou imprécise annule les avantages d'un tel système – qui est un élément essentiel à l'exploitation du navire en toute sécurité.

Ainsi, même si la mise en place de systèmes de communication interne répondait aux exigences du Code ISM, l'absence de communications détaillées ne respectait pas l'intention sous-jacente. Par conséquent, les avantages d'un système de communication efficace ne pouvaient pas être réalisés.

2.5.2 Responsabilités à l'égard de l'entretien et des réparations

Les mécaniciens avaient reçu de la formation à la lutte contre l'incendie et connaissaient les situations propices aux incendies. Cependant, aucune des équipes de travail n'a pleinement compris que l'orientation du raccord fuyant faisait en sorte qu'en cas d'aggravation de la fissure, du carburant diesel serait projeté sur le collecteur d'échappement chaud qui n'était pas muni de doublages.

Le système de gestion de la sécurité du *Queen of Surrey* mise sur le bon sens et les bonnes pratiques de travail dans l'exécution des tâches d'entretien dans la salle des machines. Comme le traversier est en exploitation continue le jour, la plupart des tâches d'entretien et des réparations exigeant l'arrêt du navire est effectuée durant le quart de nuit. Il est donc essentiel que les travaux exécutés ne compromettent pas les capacités opérationnelles du navire.

Le système des trois quarts de travail indépendants engendre des relations entre pairs. La responsabilité qu'ont les équipes de jour de préciser adéquatement les tâches à accomplir par l'équipe de nuit et la responsabilité qu'a l'équipe de nuit d'exécuter adéquatement les tâches

demandées reviennent aux officiers en charge de chaque équipe. Le risque associé au commentaire selon lequel le resserrement du raccord fuyant du manomètre ne semblait pas normal n'a pas été adéquatement évalué, et faute d'indication que le raccord devait être démonté et inspecté, la fissure dans le tuyau de cuivre n'a pas été décelée.

2.5.3 *Procédures d'inspection à bord du navire*

Le système de gestion de la sécurité exigeait que toutes les parties du navire et tout l'équipement à bord du navire soient inspectés périodiquement. Les tâches d'inspection étaient réparties entre le service pont, le service machine et le service de restauration, chaque service ayant des domaines de responsabilité définis. Pour les aider à exécuter leurs tâches, des listes de vérifications avaient été préparées pour un grand nombre de domaines.

2.5.3.1 *Moteur principal n° 2*

L'enquête n'a pas permis de déterminer quand le raccord en acier du manomètre du moteur n° 2 a été remplacé par un raccord en cuivre. Le changement est passé inaperçu durant les inspections et l'entretien courants, même lorsqu'il a commencé à fuir et qu'il a été réparé. Aucun des mécaniciens n'a réalisé que l'utilisation d'un tuyau en cuivre à cette fin contrevenait à la réglementation²³.

2.5.3.2 *Compartiment de stockage de CO₂*

Le service pont et le service machine devaient tous deux inspecter le compartiment de stockage de CO₂, mais aucune procédure périodique ou liste de vérifications n'avait été prévue à cette fin. Par conséquent, l'inspection du local était sporadique et irrégulière. Par surcroît, l'entretien et les essais annuels et ponctuels étaient habituellement effectués par des entrepreneurs basés à terre. Il était donc supposé que les inspections et les réparations majeures du compartiment de stockage de CO₂ et du dispositif d'extinction de l'incendie ne relevaient pas du personnel du navire.

Quant aux entrepreneurs, ils étaient chargés de fonctions précises et n'étaient pas toujours tenus d'inspecter l'installation complète en tant qu'entité intégrée et codépendante. Compte tenu des contraintes opérationnelles du navire, le travail était souvent effectué lorsque le navire était au radoub ou la nuit lorsqu'il était désarmé. Les procédures n'exigeaient pas que les mécaniciens de rang supérieur inspectent la qualité des réparations ou commentent sur leur efficacité et soulignent toute préoccupation aux dirigeants à terre de l'entreprise. Le travail effectué la nuit par des entrepreneurs se faisait en présence de l'équipe de nuit. Cependant, le mécanicien

²³ Les règles de la Lloyd's permettent l'utilisation de tuyaux en cuivre pour les raccords de manomètre carburant pourvu que le tuyau soit sans soudure et qu'il ait été entièrement recuit. En revanche, au Canada, le *Règlement sur les machines de navires* ne permet que des tuyaux en acier à cette fin. La réglementation canadienne est plus rigoureuse et supprime les règles de la Lloyd's.

responsable du quart de nuit ne communiquait pas directement avec le mécanicien principal ou le chef mécanicien de l'équipe de l'avant-midi. Les communications entre les deux se faisaient par l'entremise du premier mécanicien de la nouvelle équipe, du système Maximo ou de la liste de défauts; les lacunes de ces moyens sont décrites en 2.5.1.

L'enquête a révélé qu'un des volets à élément fusible du conduit d'alimentation à hauteur du pont-garage était en position fermée et que l'élément fusible était brisé depuis une date indéterminée, ce qui était passé inaperçu jusqu'au jour de l'incendie. Un volet fermé prive le système de ventilation forcée du local de CO₂ de toute efficacité. Il importe donc qu'une inspection rigoureuse de ce système soit prévue dans les rondes de veille du navire.

Du fait qu'il n'y avait pas de procédures d'inspection formelles, ni d'outils de travail connexes ou autres exigences précises visant la vérification adéquate des travaux effectués, des défauts sont passés inaperçus.

2.5.4 *État de préparation aux urgences*

L'entreprise avait élaboré des plans d'urgence pour diverses situations critiques afin de préparer et aider les capitaines et le personnel à terre à évaluer les dangers et à prendre de façon éclairée les décisions qui peuvent être déterminantes pour la rapidité et l'efficacité des mesures prises. Cependant, aucun plan n'avait été dressé pour l'évacuation en toute sécurité des passagers lorsque le navire était à quai. Dans le cas qui nous occupe, ce fait n'a pas nui au processus puisqu'il ne s'est pas écoulé plus de trois heures entre la libération de CO₂, l'arrivée des remorqueurs et l'accostage final du navire.

Les situations d'urgence sont foncièrement stressantes, et la rapidité d'action est cruciale. Le fait de déterminer quelles sont les situations d'urgence possibles à bord d'un navire et d'élaborer des plans d'urgence en conséquence donne un cadre en vue d'une réaction rapide et efficace. Les plans d'urgence permettent d'éviter la confusion et sont des outils essentiels pour prendre des décisions adaptées et en temps utile. Dans le cas présent, les décisions du capitaine ont permis l'évacuation en toute sécurité des passagers et de l'équipage.

2.5.5 *Analyse des accidents, suivi et clôture des recommandations*

Le système de gestion de la sécurité de l'entreprise comportait des exigences contradictoires pour ce qui était de recommander des mesures correctives à la suite d'enquêtes internes sur les accidents de navires. Pour garantir une prise de mesures exhaustive et objective, il importe que les recommandations et les mesures correctives soient examinées, suivies et vérifiées par une personne indépendante.

En général, la personne désignée était aussi tenue d'examiner les conclusions des enquêtes et de présenter des recommandations quant aux mesures correctives et préventives, mais dans la réalité, cela se faisait uniquement par le président du comité d'enquête. Par conséquent, la

personne désignée ne s'est pas préoccupée des demandes de mesures correctives faisant suite aux conclusions de l'enquête interne de la BCFC (dont il est question en 1.6.8) même si elle était chargée de suivre l'évolution des mesures, leur conclusion et la vérification de leur conformité continue.

L'enquête effectuée par l'entreprise sur l'incendie à bord du *Queen of Surrey* a donné lieu à 13 recommandations visant leur flotte. Toutes ont été finalisées par le bureau de première responsabilité en janvier 2004, et la personne désignée a été invitée à vérifier si elles avaient été mises en oeuvre intégralement. Cependant, il s'est avéré que tous les navires de la flotte n'avaient pas donné suite à toutes les 13 recommandations, certaines recommandations devant être mises en oeuvre à un moment opportun ou lors d'un radoub futur du navire. La personne désignée n'a pas été tenue au courant et ignorait ce fait ainsi que son rôle pour ce qui est de garantir la mise en oeuvre intégrale des recommandations.

La personne désignée n'a joué aucun rôle dans l'élaboration des recommandations visant le navire ou l'ensemble de la flotte, alors que le système de gestion de la sécurité de l'entreprise prévoit que la personne désignée le fasse. Comme les recommandations n'ont pas été transformées en demandes de mesures correctives, la personne désignée ne pouvait pas assurer leur surveillance et leur suivi continu. Certaines recommandations n'ont pas été mises en oeuvre et d'autres n'ont pas été mises en oeuvre intégralement sur certains navires de la BCFC. Ainsi, l'avantage à ce que le système de gestion de la sécurité exige que l'on fasse enquête sur les accidents et que l'on détermine les lacunes de sécurité pour pouvoir prendre des mesures correctives efficaces ne pouvait pas être pleinement réalisé.

2.5.6 *Validité continue du système de gestion de la sécurité*

Un système de gestion de la sécurité doit être un système vivant pour qu'il demeure efficace et pertinent. C'est pourquoi il faut prévoir les moyens permettant à l'entreprise d'évaluer constamment le système de gestion de la sécurité. On peut ainsi cerner les domaines à améliorer, et y faire suite.

Le système de gestion de la sécurité de la BCFC exigeait des vérifications périodiques, effectuées sous la responsabilité et l'autorité de la personne désignée, pour assurer sa conformité et son efficacité par rapport à ses objectifs.

Ce système de vérifications internes était assez efficace pour déceler les défauts et les cas de non-conformité en ce qui concerne les navires de la flotte de la BCFC. Par contre, il n'était pas efficace pour déceler les lacunes et anomalies des pratiques réelles par rapport aux pratiques prévues au niveau de la haute direction de l'entreprise. Ainsi, même si la personne désignée devait aussi examiner les conclusions des enquêtes internes sur les accidents, formuler des recommandations quant aux mesures correctives et veiller à leur mise en oeuvre en temps voulu et à leur clôture, en réalité elle ne le faisait pas.

La pratique réelle dans le cas présent était différente de ce qui était prévu dans le système de gestion de la sécurité, et aucun système n'était en place pour permettre que la personne désignée, ou la personne dont elle relevait (le vice-président exécutif de l'entreprise), constate la différence et y fasse suite.

2.5.7 *Mesures prises par la British Columbia Ferry Corporation sur réception des bulletins de la sécurité des navires*

L'objectif des BSN de Transports Canada consiste à alerter le milieu maritime à des conditions potentiellement dangereuses qui peuvent exister dans l'environnement de la navigation, à des changements apportés à sa réglementation et à la réglementation internationale ou à d'autres questions jugées dignes d'intérêt par Transports Canada.

Pour profiter au maximum des BSN et réduire au minimum les risques auxquels sont exposés les navires, les membres d'équipage et l'environnement, il est essentiel que leur destinataire prenne connaissance de l'information qu'ils contiennent et y fasse suite. Compte tenu du rôle du Code ISM et de l'importance des BSN pour la sécurité, il est impératif que le contenu des bulletins soit, s'il y a lieu, incorporé au système de gestion de la sécurité et aux procédures d'entretien du navire. Ainsi, les BSN demeureront d'actualité pendant toute la vie du navire nonobstant les changements d'équipage.

La BCFC veillait à ce que des exemplaires des BSN soient transmis au personnel de la flotte, mais n'avait prévu aucune procédure pour l'intégration de leur information pertinente à son système de gestion de la sécurité. C'est ainsi que les recommandations contenues dans les BSN 08/2000 et 13/1985 sur la prévention des incendies dans la salle des machines n'ont pas été observées.

2.6 *Visites et inspections réglementaires*

L'exploitation en toute sécurité d'un navire est assurée grâce à l'action combinée de son équipage, de ses propriétaires et de ses gestionnaires, des autorités portuaires, nationales et internationales, et des sociétés de classification. Les inspections constituent un élément important pour garantir la sécurité fonctionnelle continue du navire, et il est essentiel qu'elles répondent en pratique aux normes les plus élevées.

Dans le cas présent, les doublages des tuyaux d'échappement du moteur principal n° 2 avaient été enlevés en 1997. Depuis lors, le navire avait fait l'objet d'au moins cinq visites annuelles par la société de classification et par Transports Canada, et le moteur principal n° 2 avait subi une inspection continue des machines en mars 2003.

Après l'incendie, le moteur a été complètement démonté et révisé, et ses tuyaux d'échappement ont reçu un nouveau calorifugeage. Pourtant, même un an plus tard, on a constaté que les doublages n'avaient pas été remplacés. L'absence de doublages a joué un rôle dans le déclenchement de l'incendie, et ce fait était bien connu de la direction de l'entreprise, de l'équipage du navire, des inspecteurs de Transports Canada et des experts de la Lloyd's. Après l'incendie, la BCFC a demandé au constructeur du moteur de fournir des doublages conformes à la Convention SOLAS, mais ceux-ci n'étaient pas immédiatement disponibles. Des doublages ont été fabriqués localement pour le *Queen of Oak Bay* et le *Queen of Cowichan*, mais pas pour le *Queen of Surrey*. Cette lacune constituant une condition dangereuse est donc demeurée non résolue.

Le compartiment de stockage de CO₂ du navire et sa tubulure de distribution de CO₂ avaient fait l'objet de plus de 20 inspections annuelles en vertu du régime réglementaire de Transports Canada. Certaines lacunes étaient aisément observables (fixations et soutiens inadéquats, tuyaux désalignés et rongés, tuyaux flexibles pliés de façon irrégulière), mais elles n'avaient pas été identifiées.

Il se peut que la qualité des inspections réalisées par Transports Canada et par la société de classification ne permette pas d'assurer des conditions d'exploitation en toute sécurité.

3.0 Conclusions

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. L'incendie du moteur principal n° 2 résulte de la rupture par fatigue, induite par des vibrations, d'un tuyau de manomètre et de son orientation qui ont fait en sorte que du combustible sous pression a été projeté sur le collecteur d'échappement chaud du moteur.
2. Le tuyau défaillant était fait de cuivre et non d'acier conformément aux prescriptions.
3. Du fait que le doublage qui protégeait le collecteur d'échappement du moteur de projections de combustible avait été enlevé, le collecteur a été exposé à une source de chaleur directe et d'inflammation.
4. La conception, la construction et le soutien insuffisant de la tubulure de distribution de dioxyde de carbone (CO₂) ont entraîné la rupture par fatigue, induite par des vibrations, de raccords de tuyaux inadéquats.

3.2 Faits établis quant aux risques

1. L'absence d'isolant ignifuge sur la face inférieure du plafond de la salle des machines a augmenté le risque que le feu dans la salle des machines se propage au pont-garage.
2. Il n'y avait pas de procédures d'inspection ou autres exigences précises visant la vérification adéquate des travaux effectués par des entrepreneurs sur le dispositif d'extinction au CO₂.
3. Le *Règlement sur les machines de navires* ne prévoit pas actuellement de dispositions sur les moyens de limiter ou contenir le jaillissement de liquides inflammables sous pression s'échappant de tuyaux à basse pression rompus.
4. La conception du dispositif au CO₂ était telle qu'elle créait un risque de libération accidentelle de CO₂ dans la salle des machines, et ce sans avertissement sonore.
5. La réglementation actuelle ne prévoit pas de moyen de garantir l'intégrité continue des dispositifs d'extinction au CO₂.
6. Les faiblesses relevées dans la formation, les communications, l'entretien, l'inspection, la planification d'urgence et les programmes de vérification ainsi que les lacunes dans la surveillance, le suivi et la rectification des lacunes de sécurité révèlent que le système de gestion de la sécurité pour le *Queen of Surrey* laissait à désirer.

7. Il se peut que la qualité des inspections réalisées par Transports Canada et par la société de classification ne permette pas d'assurer des conditions d'exploitation en toute sécurité.

4.0 *Mesures de sécurité*

4.1 *Mesures prises*

La British Columbia Ferry Corporation (BCFC) a choisi de son propre chef de se conformer au document intitulé *Normes équivalentes de protection contre l'incendie des navires à passagers (TP 2237)* et à d'autres exigences prévues. Avec l'aide et les conseils de Transports Canada, l'entreprise a repéré tous les navires de sa flotte dont la protection structurale contre l'incendie a besoin d'une amélioration. Elle prévoit apporter les améliorations voulues lorsqu'il sera temps de procéder au radoub de mi-vie de ces navires. On procède actuellement au radoub de mi-vie du *Queen of Surrey*.

À la suite de l'accident, les installations d'alimentation en combustible et de CO₂ de toute la flotte de la BCFC ont été inspectées par la direction. Les mesures de sécurité suivantes ont été prises :

Mesures visant la flotte

- Le 16 juin 2003, les services techniques de l'entreprise ont donné instruction de repérer tous les tuyaux en cuivre sur les circuits d'alimentation en combustible sous pression ou par gravité, en vue de les remplacer aussitôt que possible par des tuyaux et des raccords en acier.
- L'intégrité de toutes les conduites de combustible et la solidité de leurs raccords doivent être vérifiées.
- Le revêtement et les doublages de tous les systèmes d'échappement doivent être vérifiés et les éléments manquants doivent être remplacés aussitôt que possible.
- L'intégrité, l'état et les raccords de toutes les installations de distribution de CO₂ doivent être vérifiés sur tous les 35 navires, et toute réparation requise doit être effectuée aussitôt que possible.
- Une procédure a été prévue pour faire en sorte que tout travail effectué sur un dispositif au CO₂, de même que son inspection annuelle par des entrepreneurs, soit inspecté et effectué à la satisfaction du chef mécanicien du navire.

Mesures visant le Queen of Surrey

- Toutes les conduites de combustible ont été examinées et les conduites en cuivre ont été remplacées par des conduites en acier.

- Le tuyau du manomètre carburant a été doté d'un robinet d'arrêt situé à la prise sur le raccordement.
- Les collecteurs d'échappement des moteurs principaux et auxiliaires ont été protégés par un calorifugeage adéquat et suffisant.
- Les zones chaudes autour de la chaudière ont été dotées d'un doublage.
- Les conduites de CO₂ endommagées ont été réparées et l'installation a été mise à l'essai en déchargeant six bouteilles de CO₂; l'essai a été réussi. Des goussets supplémentaires ont été fabriqués pour mieux soutenir le dispositif et amortir les vibrations.
- Une procédure d'inspection mensuelle du dispositif au CO₂ et d'essais des alarmes et des dispositifs d'arrêt a été mise en oeuvre.

4.2 Mesures à prendre

4.2.1 Conception, inspection et essai du dispositif au CO₂

Un incendie à bord d'un navire est une des situations les plus dangereuses pour la vie, l'environnement et les biens. À terre, en cas d'incendie dans un immeuble ou des installations industrielles, on peut compter sur de vastes ressources de secours et de lutte contre l'incendie, mais sur un navire en mer, ces ressources sont limitées, aisément épuisables et non reconstituables. Les secours peuvent aussi être impossibles au large ou par mauvais temps. Il est donc essentiel que les dispositifs de secours et de lutte contre l'incendie fonctionnent d'emblée convenablement lorsqu'ils sont nécessaires dans une situation d'urgence. La décision de recourir à un dispositif d'extinction à usage unique est habituellement prise seulement après que toutes les options possibles de lutte contre l'incendie ont été envisagées. La conception d'un tel dispositif doit donc comporter les éléments voulus pour qu'il demeure en état de marche et prêt à servir entre les inspections. En outre, les dispositifs fixes d'extinction de l'incendie doivent être entretenus et inspectés adéquatement de sorte que l'on puisse compter qu'ils rempliront la fonction prévue au besoin.

Tous les grands navires à passagers et à marchandises sont dotés de dispositifs fixes d'extinction de l'incendie visant à protéger les machines et autres locaux très vulnérables au feu. Lors de sa construction en 1981, le *Queen of Surrey* a été doté d'un dispositif fixe d'extinction de l'incendie au CO₂ pour protéger la salle des machines. Lors de l'incendie à bord du *Queen of Surrey*, plusieurs composantes de la tuyauterie de distribution ont connu des défaillances lorsqu'on a activé le dispositif d'extinction au CO₂. Par conséquent, le dispositif n'a pas pu livrer la pleine quantité de gaz dans l'espace machine. L'inspection d'autres navires de la flotte de la

BCFC a révélé d'autres problèmes semblables à ceux constatés sur le *Queen of Surrey*. Ceux-ci mettaient en cause l'utilisation de tuyaux et raccords en fonte malléable galvanisée, la corrosion de tuyaux, la pose inadéquate de tuyaux flexibles, des tuyaux au filetage en prise, des tuyaux endommagés par des outils, des tubulures de distribution mal soutenues et des installations de piètre qualité.

Un examen plus poussé de l'installation au CO₂ du *Queen of Surrey* a révélé que sa conception ne comprenait pas sur le collecteur de déchargement principal un dispositif qui préviendrait les fuites ou une libération accidentelle de CO₂ dans la salle des machines. En conséquence, une fuite ou la libération accidentelle de CO₂ pourrait entraîner un risque de blessure et d'asphyxie pour les membres d'équipage travaillant dans des locaux protégés par un dispositif fixe d'extinction, et miner l'efficacité du dispositif d'extinction.

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) connaît au moins un autre incident, sur un navire à passagers, où un dispositif fixe d'extinction par étouffement a connu une défaillance lorsqu'il a été activé. Le 22 août 2004, le traversier pour passagers *Superflyte* faisait route de Matiatia, sur l'île Waiheke, à Auckland (Nouvelle-Zélande) avec 6 membres d'équipage et 311 passagers à son bord lorsqu'un incendie a été découvert dans la salle des machines bâbord. Le dispositif d'extinction au CO₂ a été activé pour tenter d'éteindre le feu, mais sans succès en raison d'une défaillance non détectée dans la tuyauterie de distribution²⁴.

La réglementation canadienne et internationale ne prévoit pas d'exigences garantissant l'intégrité structurale continue des dispositifs d'extinction au CO₂; la réglementation canadienne n'exige pas non plus de moyens de protection contre les fuites ou les libérations accidentelles de CO₂. Bien que l'installation soit soumise à une forte pression lors de la libération du gaz, rien n'exige qu'un essai sous pression soit effectué de façon régulière. La méthode d'essai acceptée pour les dispositifs fixes d'extinction par étouffement consiste simplement à souffler de l'air comprimé dans la tuyauterie pour s'assurer qu'elle est dégagée, au contraire des rigoureux essais sous pression appliqués dans le cas d'autres dispositifs de secours à usage unique (radeaux de sauvetage, rampes d'évacuation, extincteurs). La méthode d'essai acceptée ne garantit pas le bon état structural de l'installation, qui peut comporter des défauts latents difficiles à déceler par une inspection visuelle.

Tout régime d'inspection et d'essais doit garantir que l'équipement en cause est en état de fonctionnement au moment de l'inspection, et donner une indication de la probabilité que l'installation demeure en état de fonctionner jusqu'à la prochaine inspection – l'intervalle entre inspections étant réglé en conséquence. Comme l'essai de soufflage ne permet de réaliser ni un ni l'autre objectif, il existe un besoin à l'échelle nationale et internationale de prévoir un moyen plus efficace de démontrer l'intégrité structurale continue des tubulures et autres tuyaux de distribution des installations fixes d'extinction par étouffement.

²⁴ Dossier 04-213 de la Commission d'enquête de la Nouvelle-Zélande (New Zealand Transportation Accident Investigation Commission).

Lorsqu'elle est conçue, entretenue et vérifiée convenablement, une installation fixe d'extinction au CO₂ est extrêmement efficace pour contenir et éteindre des feux qui ont pris trop d'ampleur ou qui sont devenus trop dangereux pour que l'on puisse les combattre par des interventions directes. Si l'activation d'une installation fixe d'extinction par étouffement ne parvient pas à éteindre un feu et que les autres méthodes de lutte contre l'incendie ont été éliminées, les passagers et les membres de l'équipage peuvent se trouver dans une situation très dangereuse. Reconnaissant la protection vitale prévue pour les locaux jugés très vulnérables au feu, le BST se préoccupe du fait que sans exigences adéquates quant aux moyens prévus pour prévenir les fuites ou libérations accidentelles de gaz d'étouffement et sans méthodes d'essai pouvant démontrer l'intégrité structurale et fonctionnelle continue des dispositifs fixes d'extinction de l'incendie, leur défaillance pendant une urgence peut exposer les navires, les membres d'équipage, les passagers et l'environnement à des risques indus. En conséquence, le Bureau recommande que :

le ministère des Transports, de concert avec d'autres intervenants, examine la réglementation maritime canadienne et internationale à l'égard des dispositifs fixes d'extinction de l'incendie pour garantir que leur conception et leurs régimes d'entretien, d'inspection et d'essais assurent efficacement leur intégrité structurale continue et fonctionnelle.

M05-05

4.2.2 *Protection structurale contre l'incendie*

Les incendies peuvent prendre de l'ampleur rapidement et exponentiellement sur un navire. Les moyens de limiter leur propagation, de les contenir dans leur lieu d'origine et de les éteindre rapidement et définitivement en courant le moins de risques possible sont des facteurs d'une importance critique dans la conception des navires. La protection structurale contre l'incendie est le premier moyen de contenir la chaleur au sein d'un compartiment, et l'obligation réglementaire de prévoir une construction et une isolation ignifuges dans la conception du navire vise à garantir que le feu ne se propage pas aux compartiments voisins avant un délai prédéterminé.

Les locaux qui contiennent des matériaux combustibles et une source de chaleur ont toujours été considérés comme ceux qui présentent le plus grand risque d'incendie à bord d'un navire. Vu la présence d'hydrocarbures sous pression à proximité des surfaces chaudes des moteurs, les locaux des machines sont jugés être à risque élevé. Le plafond de la salle des machines du *Queen of Surrey* était construit suivant la norme A-0 (acier nu, peint). Par conséquent, la chaleur qui se dégagait de l'incendie qui faisait rage dans la salle des machines s'est répandue rapidement, ce qui a fait monter la température du pont-garage. Les véhicules qui y étaient stationnés ont ainsi été exposés à un risque d'incendie.

Le *Règlement sur la construction de coques*, partie III, pris en application de la *Loi sur la marine marchande du Canada*, contient des prescriptions sur le degré d'isolation ignifuge des cloisons et ponts des divers compartiments à bord d'un navire et sur le système de diffuseurs permettant de gérer le risque d'incendie inhérent à ces compartiments. Le règlement a été adopté en 1958; il se fonde sur la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (Convention SOLAS) de 1948. Les conventions SOLAS ultérieures et leurs modifications ont encore rehaussé les exigences en matière de protection structurale contre l'incendie, surtout aux environs des locaux des machines, mais le *Règlement sur la construction de coques* n'a pas été modifié en conséquence et ne tient pas compte du risque d'incendie associé aux substances combustibles et aux sources de chaleur. Depuis 1990, 18 incendies dans la salle des machines de navires à passagers²⁵ et de traversiers ont été signalés au BST.

Il y a actuellement 118 navires à passagers d'une jauge brute de plus de 500 immatriculés au Canada²⁶. Le Bureau sait que la BCFC a doté le plafond (et les pénétrations des cloisons) de la salle des machines du *Queen of Coquitlam*, du *Queen of Cowichan* et du *Queen of Oak Bay* (navires jumeaux du *Queen of Surrey*) d'une protection structurale contre l'incendie de type A-60, et entend rehausser la protection des autres navires de sa flotte qui n'ont pas cette protection au moment de leur radoub de mi-vie. Le Bureau se préoccupe toutefois du fait que, faute d'exigences réglementaires visant cette protection, d'autres navires immatriculés au Canada peuvent avoir une protection structurale insuffisante près des compartiments posant un risque élevé d'incendie. Des modifications proposées à la réglementation intégreront des dispositions assurant une protection adéquate, mais les navires existants pourraient ne pas être modifiés en conséquence, ce qui exposerait le navire, les membres d'équipage, les passagers et l'environnement à des risques indus. En conséquence, le Bureau recommande que :

le ministère des Transports impose aux navires à passagers canadiens ayant une jauge brute supérieure à 500 une norme de protection structurale contre l'incendie assurant un niveau de sécurité équivalent à celui des navires conformes à la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (Convention SOLAS).

M05-06

²⁵ D'une jauge brute de plus de 500.

²⁶ Système de recherche d'informations sur l'immatriculation des navires, Services maritimes en direct, Transports Canada, <http://www.tc.gc.ca/ShipRegistry/advanced.asp?lang=f> (information datant du 30 août 2005, 7 h 45)

4.3 Préoccupations liées à la sécurité

4.3.1 Inspection réglementaire

Au moment de l'événement, les doublages qui auraient dû être au-dessus du collecteur d'échappement du moteur n° 2 étaient absents. En outre, contrairement à ce que prescrivent le *Règlement sur les machines de navires* et les bonnes pratiques techniques, le raccord du manomètre pointait en haut vers le corps d'entrée des gaz d'échappement du turbocompresseur sans doublage. Le combustible qui fuyait a ainsi pu arriver sur une source de chaleur. Les conditions peuvent changer entre les inspections annuelles, mais les doublages du système d'échappement étaient absents depuis six ans, au cours desquels le navire avait subi au moins cinq inspections annuelles effectuées par la société de classification et par Transports Canada, et une inspection continue du moteur principal n° 2 en mars 2003. Depuis 1985, Transports Canada a publié deux bulletins de la sécurité des navires abordant la nécessité d'une séparation efficace des liquides inflammables et des sources d'inflammation, en insistant sur la présence de doublages pour les surfaces chaudes. Néanmoins, ni Transports Canada ni la Lloyd's Register of Shipping (Lloyd's) n'ont noté l'absence des doublages avant l'événement. Un an après l'événement, les enquêteurs du BST ont visité le navire et constaté qu'il avait été remis en service alors que les doublages n'étaient toujours pas en place.

De la même façon, les défauts de fabrication et d'entretien de la tubulure de distribution de CO₂, qui ont entraîné des fuites lors de l'utilisation du dispositif au CO₂, n'avaient pas été décelés malgré les inspections annuelles effectuées par des entrepreneurs approuvés par Transports Canada et par la société de classification. En outre, ni Transports Canada, ni la Lloyd's, ni les entreprises chargées d'effectuer des inspections n'avaient constaté la tuyauterie inadéquate utilisée dans la tubulure de distribution de CO₂.

Il revient au propriétaire ou au capitaine du navire d'informer Transports Canada de toute modification qui pourrait avoir une incidence sur la conformité à la réglementation, mais il incombe aussi à l'inspecteur de navires à vapeur d'être vigilant.

À la suite du naufrage du petit navire à passagers *True North II* en juin 2000, le Bureau a recommandé que « le ministère des Transports établisse un calendrier visant à accélérer l'examen des lacunes du processus d'inspection et de délivrance des certificats, et qu'il présente au public des rapports d'étape indiquant l'envergure des mesures prises pour combler les lacunes qui ont été relevées. »²⁷ On s'est conformé à cette recommandation et le Bureau a estimé qu'une attention pleinement satisfaisante avait été accordée à la lacune. Transports Canada a fixé un échéancier précis pour terminer les trois initiatives mises en oeuvre.

²⁷

Recommandation M01-01 du BST.

Le Bureau reconnaît que Transports Canada a accompli d'importants progrès par rapport à la mise en oeuvre d'un système de gestion de la qualité, mais il s'inquiète du fait que la qualité de certaines inspections effectuées par Transports Canada ne permet pas nécessairement de réaliser l'objectif premier des inspections qui est de garantir qu'un système inspecté est en état de fonctionner en toute sécurité au moment de l'inspection.

Le Bureau est aussi encouragé du fait que le système de gestion de la qualité vise toutes les activités de Transports Canada liées à la sécurité maritime y compris la formation, l'inspection des navires, la certification et la documentation. Un tel système devrait servir à encadrer le travail des inspecteurs et à déceler les lacunes des inspections et les autres anomalies incompatibles avec le système. Le Bureau reconnaît qu'un système de gestion de la qualité fonctionnant convenablement peut être un mécanisme efficace d'amélioration continue du rendement organisationnel; il se préoccupe toutefois du fait que le système ne réalise pas nécessairement son potentiel. Le Bureau surveillera la situation.

4.3.2 *Système de gestion de la sécurité de la British Columbia Ferry Corporation*

Les objectifs du *Code international de gestion pour la sécurité de l'exploitation des navires et la prévention de la pollution* (Code ISM) consistent à assurer la sécurité en mer, à prévenir les blessures et les pertes de vie ainsi qu'à éviter les dommages à l'environnement maritime et aux biens. Le Code ISM prévoit non seulement la nomination fonctionnelle d'une personne désignée, mais spécifie également les responsabilités relevant de la direction et de la hiérarchie, les autorités et les méthodes de communication. Une entreprise créant un système de gestion de la sécurité en vertu du Code ISM doit veiller à ce que les mesures prises pour garantir que les conditions, activités et tâches ayant une incidence sur la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement sont soigneusement planifiées, exécutées et supervisées. Des vérifications internes et externes fondées sur des critères définis devraient garantir que les lacunes et les cas de non-conformité sont décelés et réglés efficacement.

Bien que les exigences du Code ISM puissent s'appliquer à tous les navires, les navires de commerce intérieur immatriculés au Canada comme les traversiers de la BCFC ne sont pas tenus de les observer. Cependant, reconnaissant les avantages pour la sécurité qui peuvent découler de la mise en oeuvre d'un système de gestion de la sécurité, la BCFC a établi de son propre chef en 1995 un système de gestion de la sécurité conforme aux exigences du Code ISM pour le *Queen of Surrey*.

Le Bureau reconnaît l'initiative de la BCFC en vue de rehausser la sécurité de ses activités, mais l'enquête sur le présent événement a révélé plusieurs lacunes du système de gestion de la sécurité pour le *Queen of Surrey* par rapport aux aspects suivants :

- *Communications internes* – La fiche de défauts et la page du journal de quart n'étaient pas des documents contrôlés, et leur conception graphique n'exigeait pas que l'on consigne une information détaillée qui serait conservée et servirait à donner une rétroaction à la personne signalant une anomalie.
- *Entretien et réparations* – Il manquait des détails sur les réparations requises et effectuées.
- *Pratiques d'inspection à bord* – Il n'y avait pas de procédures d'inspection formelles propres au navire ni d'outils de travail connexes ou autres exigences visant la vérification adéquate des travaux effectués par des entrepreneurs et par le personnel du navire.
- *État de préparation aux urgences* – Aucune ligne directrice ou procédure n'avait été établie pour l'évacuation en toute sécurité des passagers une fois le traversier à quai.
- *Analyse des accidents, suivi et clôture des recommandations* – Le système de gestion de la sécurité prévoit que la personne désignée participe à l'analyse des accidents et présente, suit et clôture des demandes de mesures correctives, mais dans la réalité elle ne fait pas partie du processus et ne présente pas de demandes de mesures correctives à l'égard des lacunes relevées.
- *Programmes de vérification* – Le système de vérification n'était pas efficace pour déceler les lacunes et anomalies des pratiques réelles par rapport aux pratiques prévues au niveau de la haute direction de l'entreprise. Des procédures n'avaient pas été prévues non plus pour intégrer au système de gestion de la sécurité le contenu des bulletins de la sécurité des navires de Transports Canada.

Individuellement, ces lacunes du système de gestion de la sécurité ne présentent pas un risque grave pour la sécurité. Par contre, comme elles étaient réunies dans le cas du *Queen of Surrey*, il en a résulté une réduction sensible de l'efficacité des défenses administratives contre le déclenchement d'un feu dans la salle des machines, la défaillance de la tubulure de distribution de CO₂ et l'évacuation des passagers.

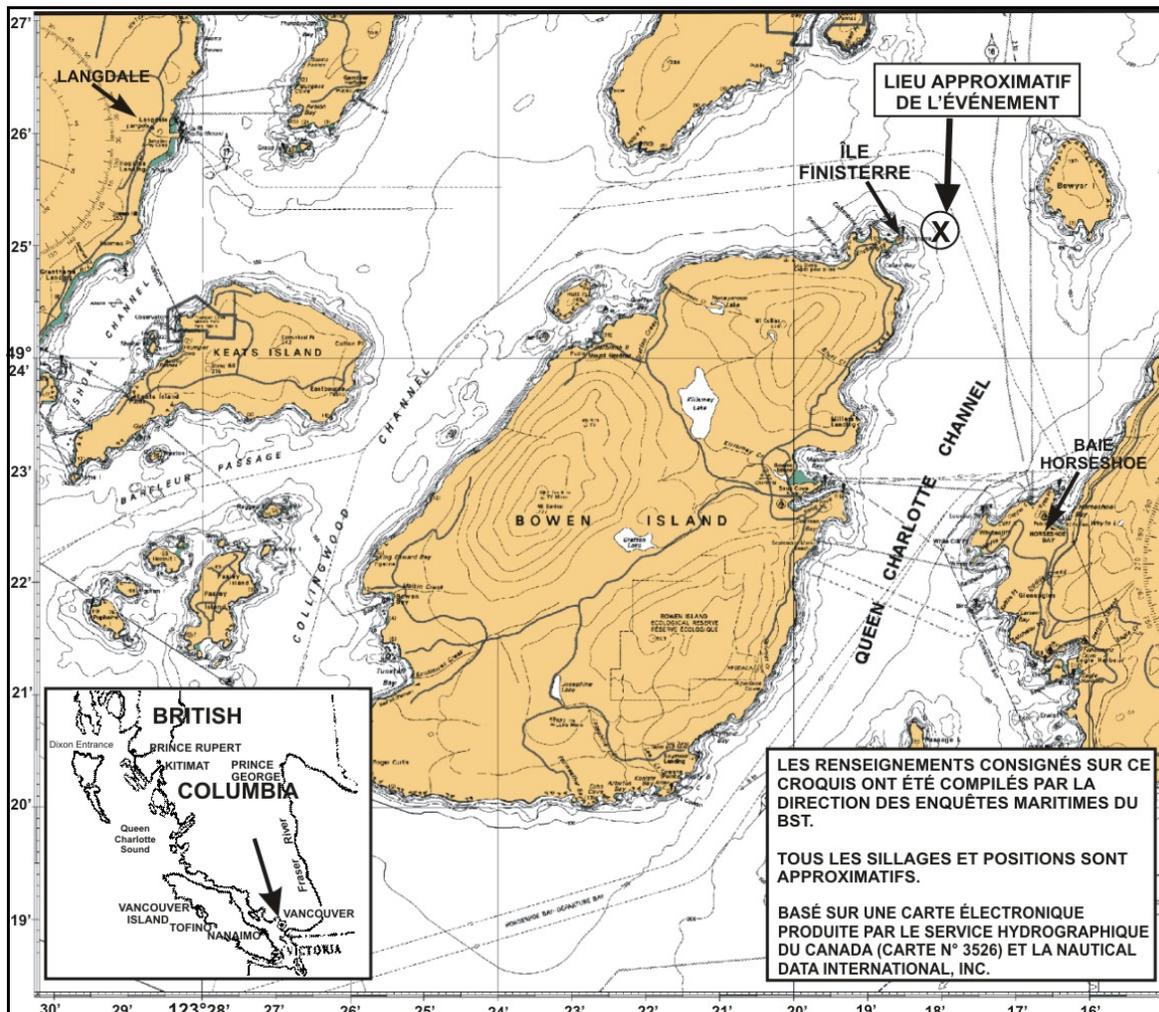
L'enquête sur cet accident n'a pas englobé un examen du système de gestion de la sécurité pour d'autres traversiers de la BCFC. Cependant, l'enquête du BST sur un événement à bord du traversier *Bowen Queen* (rapport M02W0061 du BST) a révélé des lacunes dans la documentation établie sur la réparation d'équipement essentiel relevant du système de gestion de la sécurité de l'entreprise. En conséquence, le Bureau se préoccupe du fait que les faiblesses et lacunes à bord du *Queen of Surrey* pourraient ne pas être limitées à ce navire de la BCFC.

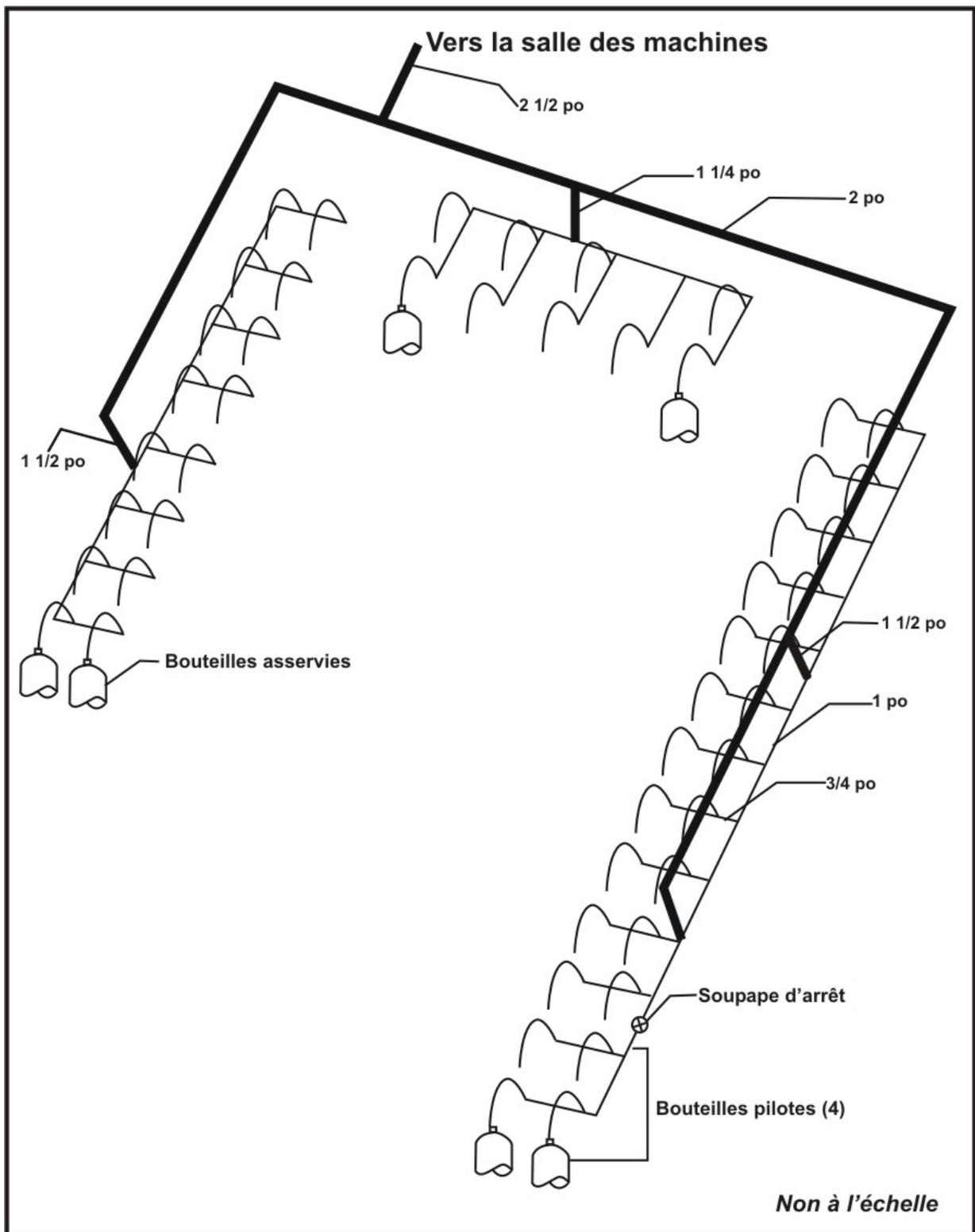
Le Bureau surveillera la situation.

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 15 novembre 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 – Diagramme de la tubulure de distribution de CO₂

Annexe C – Liste des rapports de laboratoire

L'enquête a donné lieu aux rapports de laboratoire suivants :

LP 042/2003 – *Engine Room Fire* (Incendie dans la salle des machines);

LP 001/2004 – *Examination of Extinguisher Pipe Fittings* (Examen de la tuyauterie de l'installation fixe d'extinction).

On peut obtenir ces rapports en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.

Annexe D – Sigles et abréviations

BCFC	British Columbia Ferry Corporation, maintenant connu sous le nom de BC Ferry Services
BHP	puissance au frein
BSN	bulletin de la sécurité des navires
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CO ₂	dioxyde de carbone
Code ISM	<i>Code international de gestion de la sécurité</i>
HAP	heure avancée du Pacifique
kg	kilogramme
kPa	kilopascal
Lloyd's	Lloyd's Register of Shipping
m	mètre
Maximo	nom d'une base de données sur l'entretien
mm	millimètre
NFPA	National Fire Protection Association (États-Unis)
NPT	filetage conique standard américain NPT (<i>national pipe taper</i>) pour tubes
OMI	Organisation maritime internationale
po	pouce
SCTM	Services de communications et de trafic maritimes
SOLAS	Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer
TP	publication de Transports Canada
VHF	très haute fréquence
°C	degré Celsius
%	pour cent