

Bureau de la sécurité des transports  
du Canada



Transportation Safety Board  
of Canada

**RAPPORT D'ENQUÊTE MARITIME**  
**M02W0135**



**INCENDIE DU TABLEAU DE DISTRIBUTION**

**À BORD DU NAVIRE À PASSAGERS *STATENDAM***  
**DANS LE DÉTROIT DE GÉORGIE (COLOMBIE-BRITANNIQUE)**  
**LE 4 AOÛT 2002**

**Canada**





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

## Rapport d'enquête maritime

### Incendie du tableau de distribution

à bord du navire à passagers *Statendam*  
dans le détroit de Géorgie (Colombie-Britannique)  
le 4 août 2002

Rapport numéro M02W0135

### *Résumé*

Le 4 août 2002, le navire à passagers *Statendam* a embarqué des passagers à Vancouver (Colombie-Britannique) pour une croisière aller-retour d'une semaine jusqu'en Alaska. À 20 h 25, heure avancée du Pacifique, environ trois heures et demie après le départ, le disjoncteur principal d'une des génératrices diesels a subi une défaillance catastrophique qui a déclenché des incendies dans la salle principale des tableaux de distribution et la salle de commande des machines qui lui est adjacente. L'équipage a réussi à éteindre les deux incendies au moyen d'extincteurs portatifs au CO<sub>2</sub> et le navire a été remorqué jusqu'à Vancouver. Il n'y a pas eu de victimes.

*This report is also available in English.*



1.0	Renseignements de base .....	1
1.1	Fiche technique du navire .....	1
1.1.1	Description du navire .....	1
1.1.2	Salle des machines .....	3
1.1.3	Tableau de distribution principal et salle principale des tableaux de distribution .....	3
1.1.4	Salle de commande des machines .....	4
1.1.5	Protection structurale contre l'incendie entre la salle principale des tableaux de distribution et les locaux adjacents .....	5
1.1.6	Disjoncteur principal de 6,6 kV .....	6
1.1.7	Système de contrôle automatique des génératrices diesels .....	7
1.2	Déroulement du voyage .....	8
1.3	Victimes .....	14
1.4	Avaries et dommages .....	14
1.4.1	Avaries au tableau de distribution principal et à la salle de commande des machines .....	14
1.4.2	Dommmages à l'environnement .....	14
1.5	Personnel .....	14
1.6	Certificats et brevets .....	14
1.6.1	Certificats du navire .....	14
1.6.2	Brevets et certificats du personnel .....	15
1.7	Code ISM et système de gestion de la sécurité du <i>Statendam</i> .....	15
1.7.1	Système de déclaration rapide .....	15
1.7.2	Initiatives visant à prévenir une panne d'électricité et à assurer la remise en service des installations .....	16
1.7.3	Initiatives de la Holland America Line en matière de formation du personnel .....	17
1.7.4	État de préparation aux urgences et à la lutte contre l'incendie .....	18
1.8	Code STCW, brevets de compétence et connaissances en électrotechnologie .....	18
1.9	Rôle de l'officier électricien .....	20

2.0	Analyse .....	23
2.1	Défaillance du disjoncteur principal du GED 2 .....	23
2.1.1	Analyse détaillée des déclenchements du disjoncteur du GED 2 et du disjoncteur de couplage .....	24
2.1.1.1	Deux premiers arrêts du GED 2 .....	24
2.1.1.2	Premier déclenchement et réenclenchement du disjoncteur du GED 2 ....	24
2.1.1.3	Deuxième déclenchement du disjoncteur du GED 2 et perte de la propulsion et des services hôteliers .....	25
2.1.1.4	Tentatives de réenclenchement du disjoncteur de couplage .....	26
2.1.1.5	Deuxième réenclenchement du disjoncteur du GED 2 et défaillance consécutive au redémarrage du GED 2 .....	26
2.2	Personnel de la salle des machines et analyse des arrêts du GED 2 et des déclenchements des disjoncteurs .....	27
2.2.1	Mesures prises par les mécaniciens principaux et les électriciens .....	29
2.3	Facteurs de rendement .....	30
2.3.1	Mécaniciens principaux et connaissance des systèmes électriques de 6,6 kV .....	30
2.3.2	Pressions opérationnelles et prise de décisions des mécaniciens .....	31
2.4	Système de gestion de la sécurité .....	32
2.4.1	Communications internes et externes .....	32
2.4.1.1	Gestion de la salle des machines et communication d'information à bord du navire .....	32
2.4.1.2	Communication d'information entre le navire et la compagnie .....	32
2.4.2	Formation de l'équipage .....	33
2.4.3	Préparatifs d'urgence et incendie dans la salle principale des tableaux de distribution .....	34
2.4.3.1	Lutte contre l'incendie .....	35
2.4.4	Efficacité du système de gestion de la sécurité .....	35
2.5	Système d'extinction au CO <sub>2</sub> et salle principale des tableaux de distribution .....	37
2.6	L'électricien dans l'ère moderne de la navigation .....	37
2.6.1	Pratique de l'industrie maritime face à l'emploi d'électriciens .....	38

2.6.2	Dynamique de prise de décisions et sécurité .....	39
2.7	Protection contre l'incendie à la construction .....	40
2.7.1	Entre la salle principale des tableaux de distribution et les locaux adjacents	40
<b>3.0</b>	<b>Conclusions .....</b>	<b>43</b>
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs .....	43
3.2	Faits établis quant aux risques .....	43
<b>4.0</b>	<b>Mesures de sécurité .....</b>	<b>45</b>
4.1	Mesures prises .....	45
4.1.1	Bureau de la sécurité des transports du Canada .....	45
4.1.2	Holland America Line .....	45
4.2	Mesures à prendre .....	46
4.2.1	Protection structurale contre l'incendie et système d'extinction d'incendie	46
4.3	Préoccupations liées à la sécurité .....	50
4.3.1	Normes de compétence internationales pour les officiers électriciens .....	50
<b>5.0</b>	<b>Annexes</b>	
	Annexe A – Caractéristiques électriques du disjoncteur principal .....	53
	Annexe B – Allure et puissance du <i>Statendam</i> .....	55
	Annexe C – Figures et photos .....	57
	Annexe D – Sigles et abréviations .....	61
<b>Figures</b>		
	Figure 1 – Tranches d'incendie .....	3
	Figure 2 – Zone d'intérêt .....	11
	Figure 3 – Disposition des locaux .....	57
	Figure 4 – Vue en coupe .....	58

## Photos

Photo 1 – Vue du disjoncteur et des consoles des relais du GED 2 .....	59
Photo 2 – Vue du câblage brûlé au-dessus du pont de la salle de commande des machines .....	60
Photo 3 – Vue du plafond au-dessus du tableau de distribution principal .....	60

## 1.0 Renseignements de base

### 1.1 Fiche technique du navire

	<i>Statendam</i>
Numéro officiel	C 1498
Port d'immatriculation	Rotterdam, aux Pays-Bas
Pavillon	Pays-Bas
Type	Navire à passagers
Jauge brute <sup>1</sup>	55 451
Longueur <sup>2</sup>	219,4 m
Tirant d'eau	Avant : 7,5 m                      Arrière : 7,6 m
Construction	1992, Montfalcone, en Italie
Groupe propulseur	Groupe diesel-électrique Sulzer de 24 000 kW, entraînant deux hélices à pas variable
Équipage	602 personnes
Passagers	Maximum : 1629, à bord : 1498
Gestionnaires	Holland America Line Westours Inc., Seattle (Washington), aux États-Unis

#### 1.1.1 Description du navire

Le *Statendam* a été construit en 1992 par Fincantieri Navali Italiani S.p.A d'Italie, pour Holland America Line Westours Inc. (Holland America Line). Il s'agit du premier d'une série de quatre navires semblables dits de la classe *Statendam*. Il a été conçu et construit selon les normes du Lloyd's Register of Shipping. Au moment de sa construction, le *Statendam* devait respecter et respectait effectivement la Convention SOLAS<sup>3</sup> et ses modifications de 1981 et 1983. Le navire a été conçu pour des voyages internationaux sans restrictions et il détient la plus haute certification du Lloyd's Register pour la construction (+100A1).

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> Voir l'annexe D pour la signification des sigles et abréviations.

<sup>3</sup> Convention internationale de 1974 pour la sauvegarde de la vie humaine en mer

Le groupe propulseur du navire comprend trois moteurs diesels Sulzer de 8 cylindres et deux de 12 cylindres entraînant des alternateurs de 6,6 kV, le tout produisant une puissance disponible totale de 34 560 kW. Deux moteurs électriques de propulsion développant chacun 12 000 kW entraînent deux hélices à pas variable permettant une vitesse en route libre d'environ 21,7 noeuds (kn). Pour obtenir une efficacité optimale en termes d'exploitation et de rendement mécanique et pour respecter la réglementation locale concernant la pollution atmosphérique, diverses combinaisons de moteurs sont mises en service selon la puissance et l'allure requises (voir l'annexe B).

Chaque hélice dispose de son propre gouvernail à haut rendement de type Becker, actionné par un appareil à gouverner hydro-électrique. Le navire dispose aussi de deux propulseurs d'étrave et d'un propulseur latéral arrière de 1720 kW chacun.

La timonerie est fermée et comprend trois pupitres (central, bâbord et tribord) équipés de commande de barre et de la propulsion.

La salle des machines est située sur le pont le plus bas du navire. Les cabines de l'équipage, les ateliers, des bureaux, des chambres froides et divers compartiments sont situés sur les ponts au-dessus du pont de la salle des machines. Les cabines, salons, salles à manger et aires de loisirs des passagers sont situés sur les ponts supérieurs. Le navire peut transporter 1629 passagers et 602 membres d'équipage, logés dans 633 cabines.

Le navire est équipé d'un système fixe d'extinction au dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), dont le poste de commande et les bouteilles se trouvent dans une salle qui leur est réservée, sur le pont exposé (voir la figure 1). Le navire est divisé transversalement et verticalement en tranches d'incendie 1 à 6, et horizontalement en locaux A à H. Des tuyaux relient la salle de l'équipement CO<sub>2</sub> à ces locaux et peuvent être activés sélectivement. Étant donné que le navire est divisé en zones, le système peut assurer une protection incendie différenciée à divers locaux dont la salle de commande des machines et la salle des machines avant.

Le navire dispose d'une génératrice de secours entraînée par un moteur diesel, située dans sa propre salle qui se trouve aussi sur le pont exposé. Le tableau de distribution de secours est aussi situé dans la salle de la génératrice de secours. La génératrice de secours a une puissance nominale de 800 kW, ce qui est suffisant pour tous les services essentiels en cas de situation critique. Ces services comprennent la navigation, les communications, la gouverne, la lutte contre l'incendie et l'éclairage de secours dans tout le navire<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Convention SOLAS, chapitre II-1, règle 42

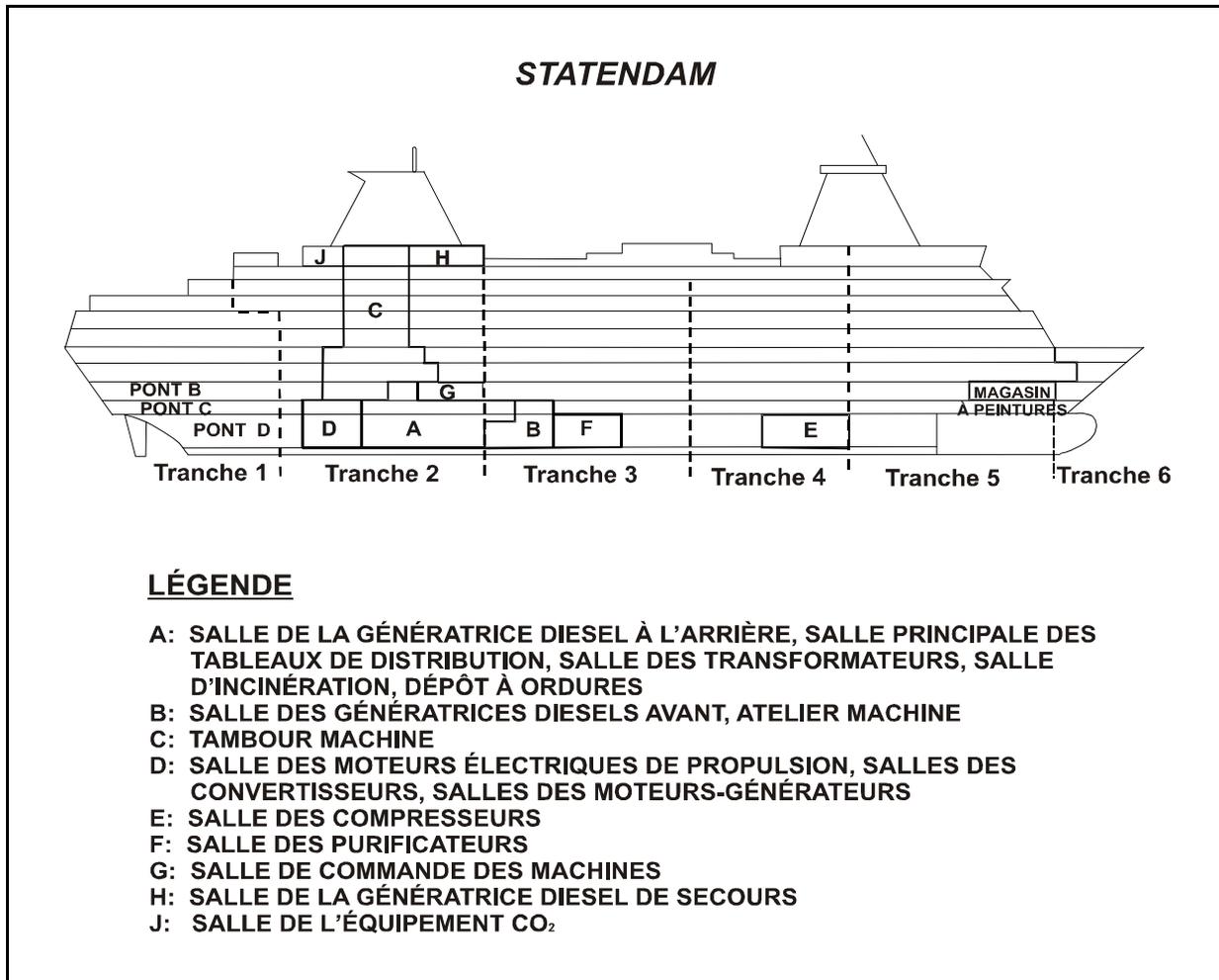


Figure 1. Tranches d'incendie

### 1.1.2 Salle des machines

La salle des machines, située sur les ponts D et C, contient les cinq groupes électrogènes diesels (GED), deux moteurs électriques de propulsion, une station de traitement des eaux usées, des générateurs d'eau douce, des chaudières, des incinérateurs, des épurateurs d'eaux mazouteuses, des compresseurs d'air, des purificateurs et diverses pompes ainsi que leurs réservoirs de stockage, leur tuyauterie et leurs vannes. Elle est divisée en six sections par des cloisons étanches transversales dont les ouvertures sont fermées par des portes étanches.

### 1.1.3 Tableau de distribution principal et salle principale des tableaux de distribution

Le débit des GED principaux passe par une salle réservée aux tableaux de distribution, située au niveau du pont C de la salle des machines (voir les figures 3 et 4 à l'annexe C). La salle principale des tableaux de distribution (SPTD) contient des tableaux de distribution de 6,6 kV et de 440 V et

leurs barres omnibus ainsi que leur appareillage de commutation et de protection. Des transformateurs abaisseurs sont situés dans leur propre salle, à l'avant de la SPTD et au même niveau.

La tension produite par les GED est amenée aux barres omnibus de 6,6 kV en passant par cinq disjoncteurs à gaz<sup>5</sup>. Les barres omnibus sont composées de deux parties reliées entre elles par un disjoncteur de couplage; les GED 1 et 2 sont branchés d'un côté et les GED 3, 4 et 5, de l'autre. Les barres omnibus de 6,6 kV sont elles-mêmes branchées, en passant par des disjoncteurs à gaz analogues, à des appareils de 6,6 kV tels que les cycloconvertisseurs des moteurs électriques de propulsion, le propulseur latéral arrière, les propulseurs d'étrave, les compresseurs de climatisation, les groupes électrogènes produisant une tension stabilisée de 440 V et les transformateurs. Normalement, le système fonctionne avec le disjoncteur de couplage fermé. Cette disposition forme une seule barre omnibus qui reçoit toute la tension et alimente tous les appareils.

Pour réduire la longueur du câblage, la SPTD est située près des génératrices à l'intérieur des limites verticales et horizontales de la salle des machines. La SPTD est en acier soudé et elle est dotée de deux portes y donnant accès à partir de la salle des machines ainsi que de deux portes donnant accès à la salle des transformateurs. La SPTD partage une cloison avec la salle des transformateurs et la chambre d'essai pour les injecteurs de combustible, tandis que le plafond de la SPTD constitue le pont de la salle de commande des machines qui se situe au-dessus.

Le système d'extinction au CO<sub>2</sub> du navire est aménagé de sorte que la SPTD fait partie de la zone de la salle des machines avant. La SPTD n'est pas équipée d'un système d'extinction indépendant du genre prévu pour les petits locaux à haut risque tels que les magasins à peintures et les cuisines.

#### 1.1.4 *Salle de commande des machines*

La salle de commande des machines contient des dispositifs permettant de mettre en marche, d'exploiter, de contrôler et d'arrêter à distance chaque machine et pièce d'équipement du navire. Les GED, pompes, compresseurs, chaudières, systèmes de commande de processus, températures et pressions sont tous observés et manipulés grâce à divers postes de contrôle dans la salle de commande des machines. Celle-ci est un des deux centres nerveux du navire – l'autre étant la timonerie – et elle est essentielle à son exploitation efficace en toute sécurité.

La salle de commande des machines est située sur le pont B à l'extérieur des limites de la salle des machines et immédiatement au-dessus de la salle des tableaux de distribution de 6,6 kV. La salle de commande des machines est d'une superficie sensiblement supérieure à la SPTD, et presque tout le plafond de la SPTD constitue le pont de la salle de commande des machines. Le

---

<sup>5</sup> Type à SF<sub>6</sub>, Asea Brown Boveri, type HA2/ZC 12-12-32

câblage s'élevant à partir de la SPTD passe par des passages de pont adéquats avant d'emprunter des chemins de câbles environ 100 mm au-dessus du pont de la salle de commande des machines; les câbles sont ensuite acheminés aux divers dispositifs de commutation et systèmes électroniques de commande et de surveillance.

#### 1.1.5 Protection structurale contre l'incendie entre la salle principale des tableaux de distribution et les locaux adjacents

L'Organisation maritime internationale (OMI) énonce les dispositions réglementaires concernant la protection contre les incendies, leur détection et leur extinction dans la Convention SOLAS. Un des principes sous-tendant ces dispositions est qu'un incendie doit être détecté, contenu et éteint en son lieu d'origine. À cet effet, un système a été mis au point pour catégoriser les divers locaux d'un navire en fonction de leur risque d'incendie, en tenant compte de deux facteurs : la probabilité qu'un incendie s'y déclare et la gravité des conséquences qui en découleraient. Le niveau de protection à prévoir dans un local isolé au moyen de cloisonnements constitués par des cloisons et des ponts est déterminé selon la catégorisation de ce local et des locaux voisins.

Le niveau de protection contre le feu assuré par un cloisonnement est décrit au moyen d'une classification (voir le tableau ci-après) tenant compte des deux facteurs suivants :

- le délai pendant lequel le cloisonnement peut empêcher le passage de la fumée et des flammes (résistance aux flammes et à la fumée);
- le délai pendant lequel le cloisonnement peut empêcher la température initiale d'augmenter du côté non exposé au feu (résistance à la chaleur).

Résistance aux flammes et à la fumée	Résistance à la chaleur			
	0 min	15 min	30 min	60 min
0 min	C (matériaux isolants doivent être incombustibles)	—	–	–
30 min (flammes seulement)	B-0	B-15	B-30	–
60 min (flammes et fumée)	A-0	A-15	A-30	A-60

Ainsi, un cloisonnement du type A-60 retarde la transmission de la chaleur, empêchant la température initiale d'augmenter de plus de 139 °C du côté non exposé au feu pendant les 60 premières minutes. Un cloisonnement du type A-30 retarde la montée de température pendant les 30 premières minutes et un cloisonnement du type A-0, pendant 0 minute. Tous les cloisonnements de catégorie A empêchent la propagation de la fumée et des flammes pendant les 60 premières minutes.

Selon la règle 26, partie B, chapitre II-2 de la Convention SOLAS, la salle de commande des machines est considérée comme un local de catégorie 1, et la SPTD ainsi que les salles des transformateurs, comme des locaux de catégorie 10. Par conséquent, le pont séparant la SPTD et la salle de commande des machines ainsi que les cloisons séparant la SPTD et les salles des transformateurs et des injecteurs de combustible ont été construits pour répondre à la norme A-0 de protection contre l'incendie.

#### 1.1.6 *Disjoncteur principal de 6,6 kV*

La fonction du disjoncteur consiste à permettre que le GED soit branché ou débranché électriquement des barres omnibus en toute sécurité au fur et à mesure des besoins. Le disjoncteur contient des contacts fixes et mobiles à ressort ainsi que la tringlerie mécanique, les cames et les leviers du mécanisme de fonctionnement. Pour contenir l'important arc électrique produit à l'ouverture des contacts, toutes les pièces de coupure du disjoncteur sont enfermées dans un boîtier hermétique en résine époxyde contenant du gaz d'hexachlorure de soufre (SF<sub>6</sub>) sous pression<sup>6</sup>.

Trois jeux de bornes relient le courant triphasé produit par chacun des GED aux trois phases des barres omnibus (sous tension). Dans ce type de disjoncteur, les trois bornes se trouvent dans un même boîtier en résine époxyde contenant du gaz SF<sub>6</sub> sous pression. Chaque montage comprend un contact fixe, un contact principal et un contact d'arc ainsi que leurs éléments mécaniques. Les contacts d'arc se trouvent dans des chambres d'arc.

Chaque disjoncteur est monté sur des rails et il peut être retiré des barres omnibus ou y être inséré grâce à un dispositif à pignon et à crémaillère. L'arrière du montage dispose de 6 prises femelles – 3 du côté arrivée et 3 du côté des barres omnibus – dans lesquelles s'insèrent les bouts mâles des barres omnibus. Les barres omnibus elles-mêmes sont des bandes de cuivre d'une largeur de 75 mm et d'une épaisseur de 4 mm dont les extrémités sont façonnées en fonction du couplage.

---

<sup>6</sup> Pression minimum de 370 kPa; pression d'utilisation de 500 kPa à 20 °C.

Des verrouillages de sécurité empêchent la fermeture du disjoncteur en cas de perte de gaz SF<sub>6</sub> et sont reliés au système d'alarme et de surveillance de la salle des machines. Sur le panneau avant, un manomètre indique la pression du SF<sub>6</sub><sup>7</sup>, et un compteur mécanique enregistre les cycles de fonctionnement.

Les disjoncteurs des GED sont calibrés en fonction d'un pouvoir de coupure de 12,5 kA et d'un courant de courte durée admissible assigné de 14,5 kA sur 3 secondes. C'est là plus de 10 fois le courant nominal de 1,25 kA, et les relais de protection ont un délai suffisant pour couper le circuit. Le disjoncteur de couplage a un pouvoir de coupure de 31,5 kA.

### 1.1.7 *Système de contrôle automatique des génératrices diesels*

La salle des machines est hautement automatisée et, au moment de l'événement, sa conception et sa condition lui permettaient de servir dans un « compartiment moteur sans personnel de quart »<sup>8</sup>; cependant, cette faculté n'était pas utilisée et il se trouvait en tout temps une équipe de quart surveillant les machines.

Les GED sont dotés d'un système de surveillance en fonction de la charge qui active ou arrête automatiquement les GED selon la charge électrique demandée. La prise en compte de la charge peut être désactivée par l'opérateur; dans ce cas, les GED doivent être mis en marche et arrêtés manuellement.

Une fois qu'un moteur a été choisi et mis en marche par un opérateur, le système automatique de mise en parallèle, s'il est activé, synchronise l'alternateur entrant avec les barres omnibus; une fois la mise en parallèle assurée avec les autres alternateurs, il répartit les charges de sorte que la charge de la barre omnibus est partagée soit également soit selon le niveau déterminé par l'opérateur.

Le disjoncteur principal et le côté électrique de chaque GED sont surveillés par un système de protection qui peut déclencher le disjoncteur et activer un relais de coupure en cas de défaillance. Les alternateurs sont protégés des conséquences, entre autres d'un courant inverse, de surintensité ou de sous-tension (voir l'annexe B). Le disjoncteur d'un GED désactivé par le système de protection ne peut pas être fermé avant que la défaillance n'ait été rectifiée et que le relais de coupure n'ait été réenclenché.

---

<sup>7</sup> Des bandes de couleur respectivement rouge et verte indiquent les zones acceptables et non acceptables.

<sup>8</sup> Convention SOLAS, chapitre II-1, partie E

Les relais de protection disposent de boutons indicateurs qui se désenclenchent lorsque les relais sont activés. Ainsi, lorsqu'un disjoncteur s'ouvre pour quelque raison que ce soit, la défaillance peut être déterminée aisément en inspectant le relais de protection correspondant au bouton indicateur. Alors que le relais de coupure doit être réenclenché manuellement, une fois que la défaillance a été réglée, les relais de protection individuels se réenclenchent automatiquement.

Divers paramètres de l'entraînement d'un alternateur par un moteur diesel sont aussi surveillés. Ceux-ci sont précisés par les règles de l'État du pavillon et de la société de classification. Ces paramètres comprennent les pressions et températures de l'huile de lubrification, du liquide de refroidissement, des gaz d'échappement, etc. Les écarts au-dessus ou sous des valeurs prédéterminées déclenchent des avertisseurs sonores et visuels et peuvent entraîner l'arrêt automatique du moteur. Cet arrêt peut relever d'une condition critique, ce qui entraîne l'arrêt immédiat du moteur sans que le système de gestion automatique ait le temps d'enclencher un GED de relève et de le mettre en parallèle; il peut aussi relever d'une condition non critique, auquel cas le moteur est arrêté après 60 secondes pendant lesquelles un GED de relève peut être mis en marche et synchronisé avec les barres omnibus.

Comme le système d'arrêt non critique tient compte du temps écoulé, sa minuterie est automatiquement remise à zéro si la défaillance est rectifiée (ou si elle disparaît) avant la fin des 60 secondes. Dans ce cas, le moteur ne s'arrêtera pas.

Le système de surveillance est relié à un journal machine pouvant enregistrer les événements en continu, de sorte que chaque situation d'alarme ou autre événement notable est automatiquement enregistré dans une base de données. Cependant, comme les relais de protection des disjoncteurs disposent de leur propre système d'indication de défaillance (sous forme de boutons indicateurs ou de drapeaux avertisseurs), ils ne sont pas tous reliés au journal machine.

## 1.2 *Déroulement du voyage*

Le 4 août 2002, le *Statendam* a embarqué des passagers à Vancouver (Colombie-Britannique) pour une croisière aller-retour d'une semaine jusqu'en Alaska. Pendant le trajet vers le nord jusqu'en Alaska, les dirigeants de la compagnie avaient prévu que le navire effectue des essais de consommation de combustible à diverses allures et en utilisant divers moteurs. Des experts d'une entreprise privée sont montés à bord du navire à Vancouver en vue d'effectuer ces essais pendant les 36 heures du trajet jusqu'à Sitka (Alaska).

Vers 15 h 45, heure avancée du Pacifique<sup>9</sup>, le personnel de la salle des machines a reçu un avis de mise à disposition d'une heure en vue du départ. Était alors présente dans la salle des machines l'équipe du quart de 12 h à 16 h comprenant un mécanicien de deuxième classe et un mécanicien de troisième classe ainsi qu'un graisseur. Le chef mécanicien, le chef électricien et les trois électriciens de deuxième classe étaient en service de jour et n'avaient pas de fonctions de quart. Ils étaient occupés à diverses tâches à bord du navire.

Le mécanicien de deuxième classe a informé le chef mécanicien de l'avis de mise à disposition d'une heure, puis a commencé à préparer les GED et le système de propulsion principal en vue de l'appareillage. Il s'agissait de faire démarrer quatre GED et de les mettre en parallèle sur le tableau de distribution de 6,6 kV. (Bien que trois moteurs soient habituellement suffisants, le nombre de moteurs utilisés est déterminé par le capitaine et peut dépendre entre autres du trafic maritime, des conditions météorologiques et des besoins opérationnels.)

Le GED 2 a été mis en marche à 16 h 25<sup>10</sup>; à 16 h 27, il s'était synchronisé automatiquement et partageait la charge en parallèle avec les GED 3 et 4 qui étaient déjà branchés au tableau. Peu après avoir été activé, le système de surveillance a décelé une faiblesse du flux d'huile aux cylindres; après avoir donné les signaux d'alarme voulus, il a entamé un arrêt de 60 secondes et automatiquement arrêté le GED 2, déclenchant son disjoncteur principal à 16 h 30. Le mécanicien de deuxième classe a déterminé qu'il y avait soit un défaut de fonctionnement de la pompe de lubrification des cylindres, soit un branchement défaillant du capteur de débit d'huile dans les cylindres. Avec le mécanicien de troisième classe, il s'est mis à l'oeuvre pour rectifier la situation.

Les autres GED ont alors été mis en marche et, avec quatre d'entre eux fonctionnant en parallèle, le navire a appareillé de Vancouver à 16 h 55. Deux pilotes côtiers de la Colombie-Britannique étaient à bord et l'ordre « en route libre » a été donné à 17 h 24.

Entre-temps, l'équipe du quart de 16 h à 20 h, comprenant un mécanicien de deuxième classe, un mécanicien de quatrième classe et un graisseur, avait pris son service dans la salle des machines à 16 h 30 et remplacé l'équipe du quart de 12 h à 16 h. Le chef mécanicien était aussi descendu à la salle de commande des machines et se trouvait soit là ou dans son bureau, adjacent sur l'arrière de la salle de commande des machines, durant les événements qui ont suivi. Aucun des quatre électriciens du navire n'était présent dans la salle de commande des machines à ce moment; les règles de la compagnie n'exigeaient pas qu'ils le soient.

---

<sup>9</sup> Les heures sont exprimées en heure avancée du Pacifique (temps universel coordonné moins sept heures).

<sup>10</sup> Bien que le journal machine enregistre l'heure en millisecondes, les heures ont été arrondies à la minute la plus proche.

À 17 h 33, le GED 2 a été mis en marche à titre d'essai; il s'est synchronisé puis s'est mis en parallèle avec les barres omnibus. Il a alors été constaté que la défaillance n'avait pas été rectifiée. L'alarme de faiblesse du flux d'huile aux cylindres et le dispositif d'arrêt continuaient de fluctuer entre l'état normal et l'état d'alarme. Après environ cinq minutes de fonctionnement en parallèle, le GED a été manuellement mis hors circuit à partir de la salle de commande des machines, continuant à fonctionner sans charge pendant cinq minutes de plus avant d'être arrêté à 17 h 43. Le navire faisait alors route vers le nord par le détroit de Géorgie et filait quelque 11 kn. La consommation de puissance équivalait alors à environ 40 % de la puissance totale disponible des barres omnibus. Comme les mécaniciens n'avaient pas pu trouver de défaillance mécanique dans la pompe à huile des cylindres et avaient déterminé que le flux d'huile aux cylindres était normal, il a été conclu que l'alarme était attribuable soit à un capteur défectueux soit à son raccordement électrique.

Le navire a alors été amené à la vitesse en route libre afin de procéder au programme d'essais de consommation de combustible. En conséquence, le GED 2 a été remis en marche et, quatre minutes plus tard, à 17 h 47, il était de nouveau en circuit. Un délai supplémentaire de 20 secondes a été imposé à la procédure d'arrêt non critique de 60 secondes. Immédiatement avant le redémarrage du GED 2, avec quatre GED en marche, l'allure du *Statendam* était d'environ 16,5 kn et la consommation de puissance était d'environ 61 % du total disponible.

À 18 h 5, après qu'il avait fonctionné environ 18 minutes, le système de protection électrique du GED 2 a décelé une défaillance et immédiatement déclenché son disjoncteur et son relais de coupure sans permettre un transfert graduel de sa charge aux autres génératrices. Le navire filait alors quelque 18,8 kn et la consommation de puissance était d'environ 78 % du total disponible des quatre autres GED. Après l'arrêt du GED 2, la charge imposée aux GED 1 et 3 a atteint 85 % de leur capacité et une alarme de puissance excessive s'est déclenchée. Le système de gestion de la puissance de propulsion a alors automatiquement réduit la charge des moteurs électriques de propulsion et, par conséquent, des GED. Le chef mécanicien, qui était dans son bureau, et le chef électricien, qui était ailleurs sur le navire, n'ont pas été informés de ce déclenchement. Il n'y a du reste eu aucune tentative d'en analyser la raison. Le relais de coupure a été réenclenché par un des mécaniciens à 18 h 10, et à 18 h 14, le GED 2 avait été remis en marche et était de nouveau en circuit, fournissant de la puissance aux barres omnibus principales.

Avec les cinq GED en marche, le navire a continué d'accélérer. À 18 h 20, il filait environ 19,2 kn; la puissance totale consommée était maintenant de 63 % du total disponible. Entre 18 h 10 et 18 h 19, le chef mécanicien et le chef électricien sont à tour de rôle venus dans la salle de commande des machines. À 18 h 20, le système de protection électrique a décelé une surcharge sur le GED 2 et le disjoncteur de couplage du tableau de distribution. En quelques millisecondes, pour éviter une instabilité dans les barres omnibus, le disjoncteur de couplage s'est ouvert, puis divers appareils de 6,6 kV et le tableau de distribution de 440 V ont été déclenchés. Les disjoncteurs des GED 1, 2, 4 et 5 se sont aussi ouverts (dans cet ordre) et, à 18 h 21, le *Statendam*

avait perdu toute puissance de propulsion ainsi que la plus grande partie de ses services hôteliers. Le GED 3 est demeuré branché aux barres omnibus et a continué de les alimenter de son côté. Par conséquent, le navire n'a pas subi une panne d'électricité totale.

Dans la timonerie, le capitaine a déterminé que le navire ne courait pas de danger immédiat de s'échouer ni ne présentait aucun danger pour la navigation. Le *Statendam* se trouvait dans le détroit de Géorgie à environ quatre milles de la pointe Gower (Colombie-Britannique), qui était le point à terre le plus proche (voir la figure 2). Le capitaine a informé le centre des Services de communications et de trafic maritimes (SCTM) de la situation et de la position du navire; aucun message « Pan Pan »<sup>11</sup> n'a toutefois été diffusé. Les annonces voulues ont été faites sans délai aux passagers et aux membres de l'équipage, les renseignant sur la situation. Il n'y a pas eu de panique.

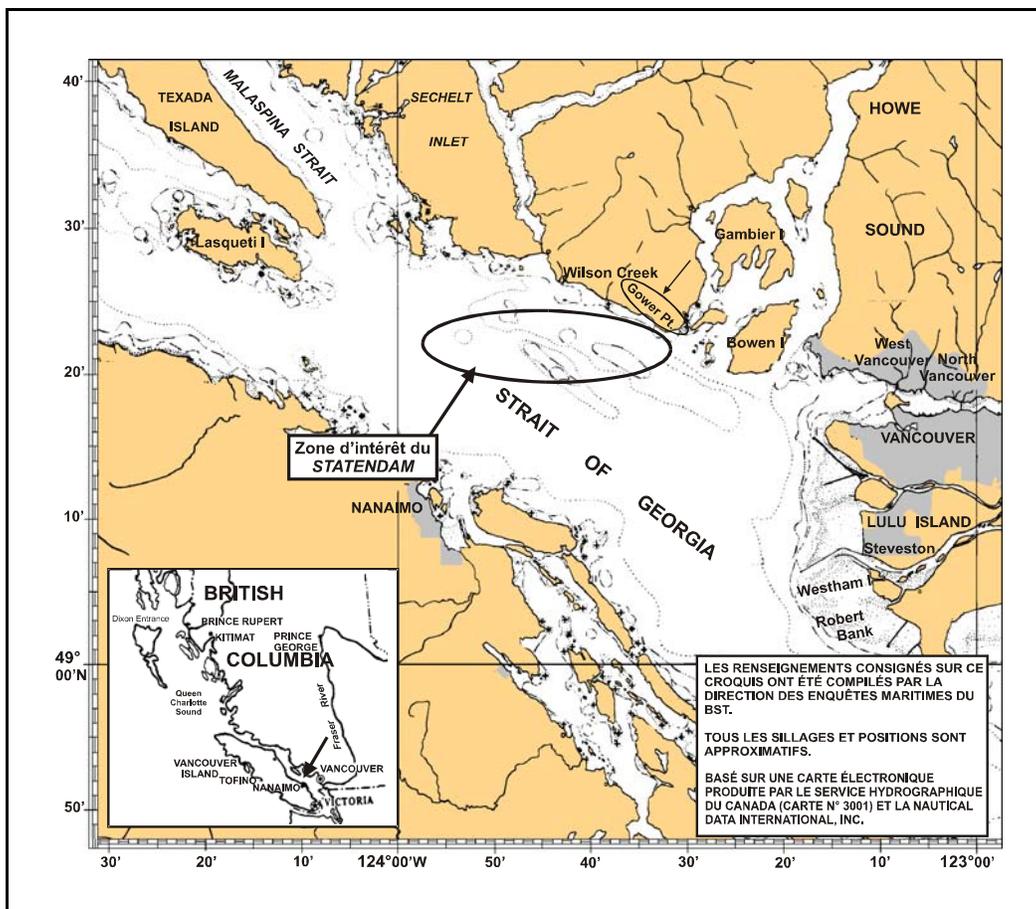


Figure 2. Zone d'intérêt

Entre-temps, le personnel de la salle des machines, y compris les électriciens et le personnel en repos, s'était réuni dans la salle de commande des machines. Ils ont entrepris de réenclencher les relais de protection du disjoncteur principal, de faire redémarrer les GED et de rétablir

<sup>11</sup> Préfixe utilisé pour diffuser une communication d'urgence

l'alimentation électrique normale de la salle des machines, des moteurs de propulsion principaux et des locaux habités. Environ 50 minutes plus tard, à 19 h 13, le GED 4 a été remis en marche et branché du même côté du tableau de distribution que le GED 3. À 19 h 29, le déclencheur du disjoncteur de couplage a été réenclenché et une tentative infructueuse a été faite de fermer le disjoncteur de couplage et de brancher les deux côtés des barres omnibus. Cependant, les circuits de surveillance ont décelé une anomalie et se sont immédiatement déclenchés par surcharge. La fermeture du disjoncteur de couplage a aussi entraîné une alarme de surcharge sur le disjoncteur du GED 2. Fait important, le GED 2 n'était pas en marche à ce moment et son disjoncteur était ouvert. Ce fait n'a été ni examiné ni analysé par les mécaniciens ou les électriciens du navire. Une deuxième tentative de fermer le disjoncteur de couplage a été faite. Elle s'est avérée fructueuse. Les autres GED étaient maintenant en voie d'être mis en parallèle. Vers 19 h 56, une puissance suffisante était disponible pour les moteurs de propulsion principaux et le navire s'est remis en route, accélérant graduellement jusqu'à 16,5 kn à mesure que des GED supplémentaires ont été branchés. Le GED 5 l'a été à 20 h 18.

Conformément aux modalités de leur système de gestion de la sécurité, le capitaine et le chef mécanicien ont alors communiqué avec des personnes à terre à l'administration centrale de leur compagnie, y compris le responsable de l'équipement électrique. La communication d'information entre le chef mécanicien et le responsable de l'équipement électrique a été minime, se limitant à un bref compte rendu des événements survenus après 18 h 20. Le responsable de l'équipement électrique n'a pas demandé la raison du déclenchement des disjoncteurs, et le chef mécanicien ne lui a pas communiqué d'information à ce sujet. Les causes des déclenchements n'ont pas fait l'objet d'une enquête immédiate et aucun conseil n'a été reçu ni demandé.

Une fois que les autres GED avaient été remis en marche, il y a eu une discussion entre le chef mécanicien et le chef électricien, et il a été décidé de limiter la charge du GED 2 à 75 % et de le mettre en marche aussi. À 20 h 25, le GED 2 a été mis en marche et s'est mis en parallèle automatiquement. Quelques secondes plus tard, une forte détonation a été entendue, après quoi le disjoncteur de couplage et les disjoncteurs des GED 1, 2, 4 et 5 se sont déclenchés, privant de nouveau le navire de puissance de propulsion et de la plus grande partie de ses services hôteliers. Le GED 3 a continué de fonctionner et, comme plus tôt, de fournir une puissance limitée par un côté du tableau de distribution de 6,6 kV.

Environ trois minutes après la mise hors circuit des GED, un graisseur a signalé à la salle de commande des machines qu'il y avait de la fumée à proximité du GED 3, et le mécanicien en a avisé la passerelle. Les mécaniciens ont constaté que la SPTD était remplie d'une épaisse fumée noire. En même temps, le système de détection d'incendie de la timonerie indiquait aussi le feu dans la SPTD. L'alarme incendie a immédiatement résonné et des équipes d'incendie se sont réunies à un poste de rassemblement à l'extérieur de la salle de commande des machines. Peu après, les mécaniciens de la salle de commande ont constaté que celle-ci se remplissait de fumée. Ils ont déterminé que la source en était des câbles électriques en feu dans le compartiment prévu

pour les câbles sous la tôle de pont. Le feu dans la salle de commande a été rapidement éteint au moyen d'extincteurs portatifs au CO<sub>2</sub>; un mécanicien y est demeuré en poste, portant un appareil respiratoire adéquat.

En même temps que se poursuivait la lutte contre l'incendie dans la salle de commande, une équipe d'incendie est entrée dans la SPTD pour s'attaquer au feu à cet endroit, utilisant des extincteurs portatifs au CO<sub>2</sub>. La visibilité était limitée et, bien que la source de chaleur se trouvait dans la salle, aucune flamme n'était visible. Diverses équipes d'incendie sont entrées dans la SPTD successivement et sans interruption, permettant aux équipes fatiguées de se ressaisir. Des extincteurs portatifs au CO<sub>2</sub> ont été vidés sans arrêt et, à mesure que se dissipait la fumée et que s'améliorait la visibilité, les équipes pénétraient de plus en plus loin dans la salle. Éventuellement, la source de chaleur a été localisée, dans la console contenant le disjoncteur du GED 2, les boîtiers adjacents et les consoles se trouvant au-dessus et en dessous. Pendant la lutte contre l'incendie, le GED 3 a continué de fournir une puissance de 6,6 kV à la barre B du tableau de distribution, située à environ 1 m des activités de lutte contre l'incendie. À un moment donné, des pieds-de-biche en acier ont été utilisés pour arracher certains des panneaux avant et arrière des enceintes endommagées des disjoncteurs de façon à pouvoir envoyer du CO<sub>2</sub> à la base du feu et refroidir le métal chauffé. À 21 h 30, le feu était éteint et, à 22 h 30, le secteur avait été refroidi et ventilé. En tout, 58 extincteurs portatifs au CO<sub>2</sub> ont été vidés pour maîtriser le feu et refroidir le tableau de distribution.

Plus tard, une fois passée l'urgence du feu, les mécaniciens et les électriciens ont entrepris de remettre en état de marche la plus grande partie de l'équipement. Les disjoncteurs des GED 1 et 2 ainsi que le disjoncteur de couplage semblaient être lourdement endommagés. Vers 3 h, le GED 4 a été remis en marche et branché en parallèle avec le GED 3. Le GED 4 a toutefois été éteint plus tard, et le GED 3 est resté seul à fournir de l'électricité au navire.

Après la découverte du feu et la perte de propulsion, le capitaine a encore une fois déterminé que le *Statendam* n'était dans aucun danger immédiat, ayant beaucoup d'espace libre pour manoeuvrer, et ne créait pas de risques pour la navigation. Après avoir temporairement retrouvé ses moyens de propulsion, le navire avait parcouru environ 18 milles vers l'ouest et se trouvait maintenant à quelque six milles au sud-ouest des îlots White. Comme plus tôt, des annonces rassurantes ont été communiquées périodiquement aux passagers et aux membres de l'équipage. De plus, des plans d'urgence ont été dressés pour le cas où le feu se propagerait et qu'il ne serait pas possible de le maîtriser. En conséquence, les responsables des embarcations de sauvetage ont été mis en attente, les embarcations de sauvetage ont été préparées à la mise à l'eau, sans toutefois être amenées aux ponts d'embarquement, et les passagers ont été priés de retourner à leurs cabines et d'y attendre des instructions.

À 20 h 33, le centre des SCTM a été informé que le navire avait perdu toute sa puissance et qu'un remorqueur pourrait être demandé après évaluation de la situation. À 20 h 48, le pilote a renseigné le centre des SCTM sur le feu, les vents, l'état de la mer et la dérive du navire. Le

remorqueur *Harken 10* a été dépêché sur place et, après son arrivée à 22 h 24, il a commencé à remorquer le *Statendam* vers Vancouver. Quatre remorqueurs supplémentaires sont arrivés par la suite et, avec leur aide, le navire est arrivé au poste d'amarrage 3 de Place Canada le 5 août 2002 à 5 h 15.

### 1.3 *Victimes*

Il n'y a eu aucune victime.

### 1.4 *Avaries et dommages*

#### 1.4.1 *Avaries au tableau de distribution principal et à la salle de commande des machines*

Après que le GED 2 a été remis en marche à 20 h 25, son disjoncteur principal a défailli, expulsant violemment une grande quantité d'énergie thermique. Un arc électrique a jailli, endommageant gravement les disjoncteurs, les relais et l'appareillage de commutation des tableaux adjacents de part et d'autre ainsi qu'au-dessus et en dessous. Les barres omnibus voisines ont été vaporisées et les câbles haute tension comme les câbles de commande ont été sensiblement endommagés. La chaleur se dégageant de la SPTD s'est rapidement transmise à la salle de commande des machines à travers le pont séparant les deux cloisons, enflammant les câbles électriques sous les tôles de pont.

#### 1.4.2 *Dommages à l'environnement*

Il n'y a eu aucun dommage à l'environnement.

### 1.5 *Personnel*

Le *Statendam* transportait 25 officiers maritimes et mécaniciens.

Le service machine comprenait 13 officiers. Outre le chef mécanicien, il y avait 4 mécaniciens de deuxième classe, 2 mécaniciens de troisième classe, 2 mécaniciens de quatrième classe, 1 chef électricien et 3 électriciens de deuxième classe.

### 1.6 *Certificats et brevets*

#### 1.6.1 *Certificats du navire*

Le *Statendam* possédait les certificats requis pour un navire de sa classe et de son type. Tous les certificats étaient valides et à jour.

### 1.6.2 *Brevets et certificats du personnel*

Les officiers du navire et les membres de l'équipage possédaient les brevets et certificats requis selon la Convention internationale de 1978 sur les normes de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille, telle que modifiée en 1995 (Convention STCW).

En outre, les officiers mécaniciens de rang supérieur avaient reçu de la formation en gestion des ressources dans la salle des machines. Cette formation portait sur la façon de travailler en coopération et en coordination avec les autres mécaniciens de quart dans la salle des machines, et d'utiliser toutes les ressources disponibles le plus efficacement possible. Les communications efficaces entre les membres du personnel de la salle des machines ainsi qu'entre la salle des machines et la timonerie faisaient aussi partie de la formation.

## 1.7 *Code ISM et système de gestion de la sécurité du Statendam*

La Holland America Line a créé un système de gestion de la sécurité pour le *Statendam*, afin de respecter les exigences du Code ISM<sup>12</sup>. En conséquence, le Lloyd's Register of Shipping a délivré une attestation de conformité et un certificat de gestion de la sécurité à la compagnie et au *Statendam*, au nom du Netherlands Shipping Inspectorate (service d'inspection des navires des Pays-Bas). Le système de gestion de la sécurité doit être renouvelé tous les cinq ans; une inspection provisoire doit être effectuée tous les deux ans et demi par un vérificateur externe et la compagnie doit mener une vérification interne chaque année.

Conformément au Code ISM, le système de gestion de la sécurité du *Statendam* comprenait des modalités sur la déclaration des accidents et des événements hasardeux ainsi que sur les enquêtes et analyses à leur sujet. Il s'agit de prendre des mesures correctives adéquates pour éviter la répétition de tels incidents et pour améliorer la sécurité. Des modalités avaient aussi été prévues face aux risques opérationnels reconnus et pour l'équipement et les systèmes essentiels à la sécurité.

### 1.7.1 *Système de déclaration rapide*

Comme l'exige le Code ISM, la compagnie avait créé un système de déclaration<sup>13</sup> qui visait à analyser systématiquement les accidents et incidents de sorte que des politiques et des formalités adéquates puissent être déterminées et raffinées au besoin, et que les expériences et leçons apprises puissent être communiquées au reste de la flotte.

---

<sup>12</sup> Code international de gestion pour la sécurité de l'exploitation des navires et la prévention de la pollution

<sup>13</sup> Code ISM, disposition 9.1, Notification et analyse des irrégularités, des accidents et des incidents potentiellement dangereux

Une des composantes de ce système était le système de déclaration rapide, qui énumérait divers types d'incidents exigeant la communication verbale rapide d'information essentielle entre d'une part le capitaine et le chef mécanicien du navire, et d'autre part le vice-président responsable des opérations maritimes ou d'autres cadres désignés de la compagnie, à terre.

Le but en est non seulement d'assurer un échange d'information entre le navire et la compagnie, mais aussi de permettre à la compagnie de prendre les mesures qui peuvent être nécessaires pour atténuer les effets perçus de l'incident et de donner les conseils qui peuvent être jugés nécessaires.

#### *1.7.2 Initiatives visant à prévenir une panne d'électricité et à assurer la remise en service des installations*

En plus d'établir des modalités face aux risques opérationnels reconnus, le système de gestion de la sécurité visait aussi à déceler les cas de non-conformité, les incidents compromettant la sécurité et les quasi-abordages, à prendre les mesures correctives voulues et à en retenir les leçons pertinentes.

Ainsi, les pannes d'électricité (et les arrêts des GED, qui peuvent mener à des pannes) à bord des navires étaient considérées comme des incidents très sérieux, et la direction de la compagnie entendait dégager les leçons à retenir de chacun de ces incidents. Il s'agissait d'éviter autant que possible leur répétition et, lorsqu'ils survenaient, d'assurer une remise en service optimale des installations dans les meilleurs délais et avec le moins de confusion possible.

Ainsi, depuis 1997, la « personne désignée » et son personnel avaient fait enquête sur chaque panne d'électricité déclarée. L'analyse et les recommandations qui en avaient découlé avaient été communiquées aux équipages des navires de la flotte de la compagnie. En outre, diverses directives techniques, opérationnelles et administratives ainsi que des bulletins à la flotte concernant la prévention des pannes électriques et le rétablissement à la suite d'une panne avaient été distribués à la flotte.

En 2000-2001, l'American Bureau of Shipping a été chargé de procéder à un examen et à une analyse de la flotte et de présenter des recommandations en matière de prévention des pannes électriques et de rétablissement à la suite d'une panne.

À toutes les récentes conférences de la haute direction de la flotte, l'équipe de gestion technique de la compagnie à Seattle, aux États-Unis, avait passé en revue avec les chefs mécaniciens les mesures en matière de prévention des pannes d'électricité et de rétablissement à la suite d'une panne.

En 2001, un groupe de cadres supérieurs chargé de se pencher sur les mesures de prévention des pannes électriques et de rétablissement à la suite d'une panne a été créé au quartier général de la direction technique de la compagnie à Seattle. Il a élaboré un plan de prévention et de rétablissement qui définissait un programme à trois volets. L'objectif du premier volet consistait à faire connaître la problématique. Les volets 2 et 3 traitaient des systèmes et de la formation pratique. Au moment de l'accident, le premier volet était terminé. Toutes les pannes passées avaient été examinées et six études de cas présentant les leçons apprises avaient été distribuées à la flotte.

Comme le veut le Code ISM, tous les documents associés au programme de prévention des pannes d'électricité et de rétablissement à la suite d'une panne, comme les diverses directives, alertes et leçons apprises, étaient conservés dans des cahiers reliés; des copies de ces cahiers se trouvaient dans le bureau du chef mécanicien, la salle de commande des machines et la timonerie. Les mécaniciens du navire devaient lire ces documents et le chef mécanicien devait organiser des réunions opérationnelles au cours desquelles ces sujets étaient discutés.

Les nouveaux employés de la compagnie devaient parcourir les cahiers et les mécaniciens revenant de congé devaient lire les documents reçus durant leur absence. Cependant, les mécaniciens n'étaient pas tenus de confirmer par leur signature qu'ils l'avaient fait.

### 1.7.3 *Initiatives de la Holland America Line en matière de formation du personnel*

Conformément au Code ISM, la compagnie employait des marins compétents et médicalement aptes selon les normes du Code STCW<sup>14</sup>. La compagnie avait aussi désigné des domaines où elle estimait que ces critères minimums devaient être rehaussés au moyen d'une formation supplémentaire – pour les membres d'équipage de certains grades. Cette formation supplémentaire comprenait entre autres des cours touchant la gestion des ressources dans la salle des machines, la réglementation, le harcèlement sexuel, la sécurité au travail et le renforcement de l'esprit d'équipe.

Depuis le début de 1991, la Holland America Line avait pris possession de neuf nouveaux navires dotés d'un équipement de production et de distribution de moyenne tension et de la propulsion électrique. La compagnie avait choisi des mécaniciens et des électriciens chevronnés pour veiller sur un navire et superviser sa construction et sa mise en service. Des cours de formation et de familiarisation sur les systèmes électriques de 6,6 kV, les systèmes d'automatisation et les systèmes de contrôle avaient été donnés à ces personnes par les fabricants des systèmes, ABB et SEGELEC. En outre, des documents avaient été préparés pour les cours et distribués afin que ces personnes puissent former les nouveaux membres d'équipage de leur navire, qui à leur tour formeraient ceux qui leur succéderaient.

---

<sup>14</sup>

Code de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille

À bord du *Statendam*, ce système de formation de la relève fonctionnait bien au début mais avait été négligé après les premières années. Au moment de l'accident, ni les mécaniciens ni les électriciens n'avaient reçu une formation sur les systèmes de production, de distribution et d'utilisation de l'électricité du navire.

Depuis 1999 et jusqu'à présent, la Holland America Line emploie un spécialiste des systèmes d'automatisation et de contrôle qui travaille à temps plein à l'entretien des logiciels des systèmes d'automatisation et de contrôle, à leur mise à niveau, à l'analyse de leurs défaillances et à la formation des membres d'équipage.

En 2002, avant l'accident, un chef mécanicien de la flotte a été affecté à l'élaboration des volets 2 et 3 du programme de prévention des pannes d'électricité et de rétablissement à la suite d'une panne. Ces volets comprennent de la formation relative aux systèmes et de la formation pratique en ce qui concerne la production d'électricité de moyenne tension, la distribution et la propulsion à bord de leurs navires.

#### 1.7.4 *État de préparation aux urgences et à la lutte contre l'incendie*

Le système de gestion de la sécurité du navire avait créé une organisation des secours en cas d'incendie et autres urgences. Celle-ci avait établi des modalités en vue de déceler les situations d'urgence à bord et d'y réagir. Des exercices réguliers avaient été organisés, non seulement pour donner de l'entraînement aux membres de l'équipage, mais aussi pour leur permettre de reconnaître, d'évaluer et de régler toute lacune dans les modalités. Ils seraient ainsi plus efficaces et mieux préparés aux urgences.

En outre, des instructions étaient données verbalement une fois par mois sur diverses urgences possibles qui pourraient compromettre la sécurité. Elles ont porté entre autres sur les moyens de lutter contre les incendies touchant les génératrices et les tableaux de distribution.

### 1.8 *Code STCW, brevets de compétence et connaissances en électrotechnologie*

Le Code STCW fixe le niveau minimum de connaissances essentielles et de compétence exigé des gens de mer, précise les différentes façons de l'atteindre et définit les critères d'évaluation<sup>15</sup>. Pour obtenir le brevet d'officier, de mécanicien de première classe (chef mécanicien) ou de mécanicien de deuxième classe, le candidat doit réussir des examens oraux et écrits (administrés par l'administration de l'État du pavillon) sur divers sujets, dont l'électrotechnologie.

---

<sup>15</sup> Code STCW, tableau A-III/2

Le Code STCW considère que le chef mécanicien et les mécaniciens de deuxième classe doivent être suffisamment compétents pour faire fonctionner, entretenir et réparer le matériel de commande électrique et électronique du navire.

Dans le passé, la production d'électricité à bord des navires était de basse tension, les 440 V étant les plus répandus; la majorité des navires d'aujourd'hui sont équipés de systèmes de production et de distribution de basse tension. Cependant, avec l'avènement de règlements plus sévères sur la pollution atmosphérique et de restrictions sur les niveaux d'émission de NOx et de SOx<sup>16</sup>, il y a une tendance en faveur de la propulsion électrique et la production d'électricité de moyenne tension, soit entre 6,6 et 11 kV. Alors que cet équipement est maintenant presque obligatoire pour les paquebots de croisière qui naviguent souvent dans des eaux écologiquement fragiles, il est aussi de plus en plus utilisé à bord des navires spécialisés comme les navires de forage, certains très gros porteurs de pétrole brut (de l'anglais *very large crude carriers* ou VLCC) et des porte-conteneurs.

Pour ces navires, on a vu une transition de la production d'électricité de basse tension (moins de 600 V) et de la propulsion principale assurée par des moteurs à combustion interne en faveur de la propulsion électrique utilisant une configuration de centrale électrique – c'est-à-dire un certain nombre de moteurs diesels ou de turbines à gaz entraînant des génératrices de 6,6 kV ou de 11 kV reliées à un tableau de distribution principal. Des convertisseurs électroniques de tension et de fréquence fournissent ensuite la puissance à des moteurs de propulsion tournant lentement mais disposant d'un couple important et entraînant directement une hélice à pas variable.

Tout cet équipement électrique est surveillé par le service machine du navire. Ces mécaniciens doivent être compétents dans les domaines suivants :

- les caractéristiques structurales des alternateurs et des moteurs de propulsion de moyenne tension refroidis par liquide;
- les caractéristiques théoriques et conceptuelles des convertisseurs de puissance et des transformateurs refroidis par liquide ou par l'air;
- les disjoncteurs et dispositifs de commutation de moyenne tension;
- les dispositifs de protection des tableaux de distribution de moyenne tension;
- la surveillance de l'isolation, du câblage, des dégradations de l'isolation, des inflammations générales;

---

<sup>16</sup> Oxydes d'azote et de soufre

- l'utilisation en toute sécurité d'appareils de contrôle et les méthodes de travail sûres à proximité immédiate d'équipement de moyenne tension sous tension;
- les pratiques sûres d'isolation de l'équipement avant les interventions sur de l'équipement hors tension;
- les mécanismes de verrouillage de sécurité sur les portes des compartiments de moyenne tension, les procédures de verrouillage, etc.

Les connaissances requises en électrotechnologie pour l'obtention d'un brevet, telles qu'elles sont déterminées par de nombreuses administrations d'États du pavillon (comme le Canada, le Royaume-Uni, l'Australie, les Pays-Bas) portent en grande partie sur les systèmes de production, de distribution et d'utilisation de 440 V. Bon nombre de ces administrations, reconnaissant les tendances et leurs implications, commencent maintenant à prévoir dans leurs programmes un aperçu de l'exploitation et de la gestion de systèmes à moyenne tension et à haute tension. En réponse aux besoins de l'industrie, de nombreux établissements de formation s'emploient également à élaborer des cours sur la technologie et les applications de moyenne tension et de haute tension.

### 1.9 *Rôle de l'officier électricien*

En plus d'employer un chef mécanicien et deux mécaniciens de deuxième classe qui étaient titulaires de brevets de compétence en électricité de première ou de deuxième classe, la compagnie a choisi de recruter des officiers électriciens spécialisés. Le *Statendam* comptait un chef électricien et trois électriciens subalternes. Le chef mécanicien était responsable de tout l'équipement et de toutes les machines électriques et électroniques à bord du navire. Les électriciens relevaient du chef électricien qui lui relevait du chef mécanicien qui, en tant que chef de service, avait autorité générale sur tout le personnel de la salle des machines.

Les services des électriciens pouvaient aussi être commandés directement par les mécaniciens de quart, à toute heure du jour ou de la nuit, pour dépanner et réparer toute défaillance opérationnelle survenant durant un quart.

Selon la description de travail du chef électricien, le dépannage et le règlement de problèmes touchant la sécurité, les dispositifs d'alarme et de contrôle du tableau de distribution principal et des moteurs principaux et auxiliaires et les systèmes connexes constituaient une grande responsabilité. Elle concernait entre autres le système de distribution de 6,6 kV du bord. Le chef électricien et les autres électriciens devaient aussi bien connaître le contexte opérationnel et être capables d'exécuter des réparations et de l'entretien de façon à ce que toutes les machines électriques et pièces d'équipement électroniques demeurent en état de marche.

La compagnie avait comme pratique de faire exécuter l'entretien exigeant une connaissance approfondie ou experte par des représentants du fabricant. (Dans le cas des disjoncteurs de 6,6 kV, le fabricant était ABB.) En outre, si une expertise technique était requise d'urgence lorsque le navire était en mer, il était possible de communiquer avec des experts techniques à terre (comme les représentants du fabricant) et de leur demander conseil au besoin.

Ni le Code STCW ni l'administration de l'État du pavillon ne précise le niveau de compétence requis des officiers électriciens. Par conséquent, la Holland America Line avait élaboré ses propres normes de compétence pour les officiers électriciens et ceux-ci avaient été évalués en conséquence avant d'être engagés ou de recevoir de l'avancement.

Pour compléter leurs connaissances de base, surtout à l'égard de l'équipement et des systèmes propres à leur navire, les officiers électriciens avaient en outre participé au programme de formation initiale de la compagnie, au moment de surveiller les nouvelles constructions.



## 2.0 Analyse

### 2.1 Défaillance du disjoncteur principal du GED 2

Une des fonctions principales d'un disjoncteur consiste à surveiller le circuit sur lequel il est branché et à interrompre son alimentation électrique lorsque des paramètres précis sont outrepassés. Cela peut se produire lorsque le système est exploité de façon inadéquate, lorsqu'il y a une anomalie dans le disjoncteur ou lorsqu'il y a des défauts dans le circuit, soit en amont ou en aval du disjoncteur.

Sur le *Statendam*, le disjoncteur principal du GED 2 a subi une panne catastrophique et son compteur mécanique a été détruit. Cependant, les quatre autres disjoncteurs de GED avaient enregistré en moyenne 1100 cycles. Chaque disjoncteur est conçu pour fonctionner sans incident et peut passer par de nombreux milliers de cycles d'ouverture et de fermeture sans que ses pièces fixes ou mobiles ne subissent d'usure appréciable. La chambre à gaz SF6 est aussi très résistante et n'est guère sujette aux dommages ou aux fuites.

Le disjoncteur du GED 2 s'est déclenché deux fois, à 18 h 5 et de nouveau à 18 h 20. La raison du déclenchement de 18 h 5 est indéterminée : le journal machine n'a pas enregistré la cause et le mécanicien qui a réenclenché le relais de coupure n'a pas vérifié quel relais de protection avait été activé. Le second déclenchement, à 18 h 20, a été enregistré par le journal machine comme étant causé par une surcharge. À ce moment, la puissance totale consommée était d'environ 63 % du total disponible. Comme le partage de la charge entre les alternateurs était égal et en deçà des paramètres opérationnels acceptables, cela signifie que seulement 63 % de la puissance totale disponible du GED 2 était utilisée – soit moins que tout seuil de surcharge. Par conséquent, les déclenchements auraient été causés par une anomalie soit dans le disjoncteur lui-même, soit dans ses relais de protection.

À 20 h 25 min 57 s, environ 35 secondes après que le moteur a été remis en marche, le disjoncteur du GED 2 a subi une panne catastrophique. Le dégagement violent d'énergie thermique associé à la défaillance a vaporisé un grand nombre de ses composantes et causé d'importants dégâts collatéraux. Par conséquent, aucune expertise ultérieure du disjoncteur ou de ses relais de protection n'a pu être réalisée pour déterminer la cause de la défaillance. Par conséquent, la détermination d'un scénario de causalité s'est faite par l'élimination des scénarios jugés moins probables, à la lumière des données du journal machine.

Un court-circuit direct entre deux (ou trois) phases des barres omnibus produirait des tensions extrêmement fortes et ferait en sorte que chaque groupe électrogène en charge à ce moment alimente ce court-circuit. La tension serait alors d'un niveau excédant de loin tous les paramètres prévus et déclencherait le disjoncteur par surcharge.

Comme la défaillance du disjoncteur du GED 2 est survenue avant que le disjoncteur ne se ferme et ne commence à transmettre du courant – en fait précisément au moment où avait débuté le processus de synchronisation avec les barres omnibus –, il a en toute vraisemblance subi un court-circuit franc. Cette hypothèse est renforcée par la nature catastrophique de la défaillance du disjoncteur et pourrait correspondre à la chute d'une pièce mécanique entre deux phases au moment où le mécanisme du disjoncteur se préparait à fermer les contacts.

Le court-circuit franc a créé un arc et les GED 1, 3, 4 et 5 ont immédiatement commencé à l'alimenter. Le disjoncteur de couplage ainsi que les disjoncteurs des GED 1, 4 et 5 se sont par conséquent déclenchés par surcharge. L'arc a fait éclater le boîtier en résine époxyde et l'éclair, avec l'aide du dégagement soudain de gaz SF<sub>6</sub> sous pression, a propagé de l'énergie thermique dans tous les sens.

### *2.1.1 Analyse détaillée des déclenchements du disjoncteur du GED 2 et du disjoncteur de couplage*

#### *2.1.1.1 Deux premiers arrêts du GED 2*

Les deux premiers arrêts du GED 2, à 16 h 30 et à 17 h 43, l'un ayant été causé par une défaillance non critique du moteur et l'autre ayant été planifié, peuvent être considérés comme des arrêts mécaniques. Il n'y a aucune indication que les trois arrêts électriques qui ont suivi y étaient reliés, mais comme tous ces arrêts concernent le GED 2, ils sont pertinents pour comprendre la séquence des événements menant au dernier arrêt.

#### *2.1.1.2 Premier déclenchement et réenclenchement du disjoncteur du GED 2*

Le premier déclenchement du disjoncteur du GED 2 est survenu à 18 h 5, lorsque le navire filait quelque 18,8 kn et que la puissance totale consommée était d'environ 78 %. Les circuits de surveillance et de protection ont décelé une anomalie, déclenché le disjoncteur (sans d'abord décharger la génératrice) et activé le relais de coupure.

Le journal machine n'indique pas la nature de la défaillance qui a causé ce déclenchement. Une liste des différents dispositifs de protection entourant le disjoncteur et conçus pour protéger le circuit figure à l'annexe A. Bien que chacun de ces relais aurait pu déclencher le disjoncteur du GED 2, tous ne sont pas reliés au journal machine même s'ils sont tous reliés au relais de coupure. Cependant, le relais de protection contre les surcharges est relié au journal machine, et comme rien n'indique que ce relais ait été activé, il semble que le disjoncteur n'ait pas été déclenché par surcharge la première fois.

### 2.1.1.3 *Deuxième déclenchement du disjoncteur du GED 2 et perte de la propulsion et des services hôteliers*

Le déclenchement suivant du disjoncteur du GED 2 s'est produit à 18 h 20, lorsque ses circuits de surveillance ont décelé une surcharge. Le système de relais de protection du disjoncteur de couplage a aussi décelé une surcharge, et les deux disjoncteurs se sont déclenchés; en outre, leurs relais de coupure se sont activés. La raison exacte de cette surcharge ne peut pas être déterminée – la consommation totale de puissance à ce moment n'était que de 63 % du total disponible. Une explication possible serait la présence d'un court-circuit, qui aurait produit un fort courant de court-circuit. Le déclenchement du disjoncteur de coupure a permis de réduire rapidement ce courant de court-circuit sous le niveau de surcharge, de sorte que le relais de protection contre les surcharges du GED 2 a pu se réenclencher.

En conséquence, il y a eu des perturbations dans la tension de la barre omnibus. Celles-ci ont été décelées par les relais de protection des cycloconvertisseurs des moteurs de propulsion, qui ont donc ouvert leurs disjoncteurs respectifs.

Le journal machine révèle que le circuit de protection contre les sous-tensions du GED 1 a enregistré une alarme environ 11 secondes après que le disjoncteur de couplage s'est déclenché. Par la suite, ses relais de protection ont déclenché le disjoncteur du GED 1. Ceci indiquerait qu'après la coupure du disjoncteur de couplage, le GED 1 est demeuré la seule génératrice alimentant le court-circuit, puisqu'il était du même côté des barres omnibus que le GED 2, et qu'il a subi une chute de tension (transitoire). Fait important, le GED 2 était toujours branché aux barres omnibus, et son disjoncteur s'est ouvert après celui du GED 1, ce qui indique que le court-circuit se trouvait du côté du GED 2.

Environ 20 secondes après que le disjoncteur du GED 2 s'est déclenché, les circuits de protection des GED 4 et 5 ont aussi décelé l'instabilité dans le système et déclenché leurs propres disjoncteurs. L'instabilité a alors disparu et seul le GED 3 était branché sur un côté des barres omnibus.

Le GED 3 est demeuré branché sur le tableau de distribution, puisque toutes les défaillances étaient maintenant réglées. Il est demeuré branché parce que le déclenchement du disjoncteur de couplage et de tous les autres GED ainsi que des principaux appareils consommateurs avait réduit la demande d'électricité à un niveau qui pouvait aisément être assumé par le GED 3.

Les disjoncteurs des transformateurs de 6,6 kV et de 440 V ainsi que de la plupart des autres appareils consommateurs se sont aussi déclenchés à ce moment.

#### 2.1.1.4 Tentatives de réenclenchement du disjoncteur de couplage

Immédiatement après sa fermeture à 19 h 29, le disjoncteur de couplage s'est de nouveau déclenché puisque son relais de protection avait décelé une surcharge anormale. La fermeture du disjoncteur de couplage avait aussi immédiatement engendré une surcharge sur le disjoncteur du GED 2. Il faut noter que le GED 2 ne fonctionnait pas à ce moment, et que l'alarme de surcharge a cessé dès que le disjoncteur de couplage s'est déclenché. Ceci semble indiquer qu'il y avait une défaillance dans le circuit du GED 2 et que celle-ci pouvait être décelée par son système de protection lorsque son côté des barres omnibus était mis sous tension. Une fois que la tension a été coupée, après que le disjoncteur de couplage s'est de nouveau déclenché, la défaillance a disparu.

#### 2.1.1.5 Deuxième réenclenchement du disjoncteur du GED 2 et défaillance consécutive au redémarrage du GED 2

Le relais de coupure du GED 2 a été réenclenché à 19 h 32 et le GED 2 a été remis en marche à 20 h 25 min 25 s. À 20 h 25 min 42 s, le régime du GED 2 s'était stabilisé et le processus de synchronisation avec les barres omnibus avait débuté. Celui-ci aurait normalement exigé environ 30 à 35 secondes<sup>17</sup>, mais 15 secondes plus tard, à 20 h 25 min 57 s, avant même que son disjoncteur ne puisse se fermer, son circuit de surveillance a décelé une surcharge et déclenché une alarme. Quelques millisecondes plus tard, les disjoncteurs des GED 1, 3, 4 et 5 ainsi que le disjoncteur de couplage ont enregistré des alarmes de surcharge. La surcharge était due à un court-circuit dans le disjoncteur du GED 2 qui a amené tous les autres GED ainsi que les appareils consommateurs à l'alimenter, ce qui a entraîné de très hautes tensions. Peu après, le disjoncteur du GED 2 a subi une panne catastrophique.

Le déclenchement du disjoncteur de couplage a débranché les deux côtés des barres omnibus, ce qui a dégagé la surcharge des GED 3 et 5 qui sont alors revenus à la normale. Le journal machine révèle que le GED 2 a aussi éliminé sa surcharge, quoique ce soit probablement là une fausse indication causée par les dommages subis par les circuits de contrôle associés au disjoncteur du GED 2. La surcharge du GED 1 s'est aussi dégagée. Ceci pourrait être attribuable à la plus forte résistance offerte par l'arc du disjoncteur du GED 2, qui aurait eu pour conséquence de réduire la surcharge du GED 1 sous le niveau déclenchant une alarme.

---

<sup>17</sup> Une analyse du temps moyen nécessaire à ce qu'un GED se mette en charge après sa mise en marche révèle qu'il faut environ 72 secondes, dont 35 secondes pour stabiliser le régime moteur et 35 secondes pour la synchronisation. Il s'agit là d'une constatation générale fondée sur un échantillonnage limité; le délai réel est conditionné par de nombreuses variables. Toutefois, dans le contexte des événements de cette journée, cette approximation est une hypothèse raisonnable pour déterminer ce qui est probablement survenu au tableau de distribution.

Une basse tension a été décelée de ce côté des barres omnibus alimenté par les GED 1 et 2. Comme le GED 1 était la seule génératrice branchée aux barres omnibus, cette chute de tension peut avoir été causée par la surcharge.

Les surcharges ont entraîné une grande instabilité dans les barres omnibus, et les disjoncteurs des GED 1, 4 et 5 se sont déclenchés. Les événements des déclenchements précédents des disjoncteurs se sont maintenant répétés de façon presque identique, et encore une fois, le navire a perdu toute sa puissance de propulsion et ses services hôteliers.

Encore une fois et pour les mêmes raisons qu'avant, le GED 3 est demeuré branché au tableau de distribution.

## 2.2 *Personnel de la salle des machines et analyse des arrêts du GED 2 et des déclenchements des disjoncteurs*

Tous les navires sauf les plus petits comptent sur l'électricité pour alimenter directement ou indirectement l'installation de propulsion. Une perturbation de l'alimentation électrique nécessaire, ou une panne d'électricité, peut entraîner un arrêt de l'installation de propulsion. Dans des eaux resserrées, en présence d'un trafic dense ou dans des mers fortes, les conséquences peuvent être graves. Ce risque est reconnu par les marins, et les mécaniciens sont formés au rétablissement rapide de la propulsion après une panne. Le Code ISM reconnaît aussi le risque et exige l'élaboration de plans de mesures d'urgence propres à chaque navire et d'exercices<sup>18</sup>, de sorte que l'équipage puisse réagir efficacement et en toute sécurité dans ce genre de situation.

Pendant les préparatifs et après l'appareillage du navire, entre 15 h 45 et 20 h 25, le GED 2 a été mis en marche puis remis en marche cinq fois avant d'être arrêté ou débranché du tableau de distribution puis arrêté, pour diverses raisons mécaniques ou électriques.

Il a été supposé que le premier arrêt était imputable à une défaillance de la pompe à huile lubrifiant les cylindres. Après que les mécaniciens se sont employés à la rectifier, le GED 2 a été remis en marche pour vérifier l'efficacité de la réparation. Cependant, comme la défaillance persistait même après vérification que la pompe à huile et le flux d'huile aux cylindres fonctionnaient adéquatement, il a été déterminé que le problème était dû à une défaillance d'un capteur ou d'un raccordement électrique. Le chef mécanicien en a été informé et, à l'aide de son personnel, il a choisi de maintenir le GED 2 en marche. Ils espéraient parer à un arrêt possible en imposant un délai supplémentaire de 20 secondes au système de contrôle automatique et d'alarme. La minuterie d'arrêt aurait ainsi 20 secondes de plus pour se remettre à zéro alors que le capteur défectueux faisait sans cesse enclencher et déclencher l'alarme de faible pression d'huile aux cylindres.

---

<sup>18</sup> Code ISM, disposition 8

Le déclenchement du disjoncteur du GED 2 à 18 h 5 était dû à un défaut électrique. Pour déterminer la défaillance qui entraîne le déclenchement d'un disjoncteur, la première étape consiste à vérifier quel relais de protection a été activé. Cependant, il n'y a eu aucune tentative de découvrir lequel avait activé le relais de coupure et entraîné le déclenchement du disjoncteur. Par surcroît, contrairement à ce que prévoit le système de gestion de la sécurité du navire, le chef mécanicien n'a pas été informé de l'incident, qui ne lui a été signalé que le lendemain.

Comme un des mécaniciens chevronnés du navire qui étaient dans la salle des machines à ce moment a réenclenché le relais de coupure et remis en marche le GED 2 à 18 h 13 sans chercher à déterminer la défaillance, une possibilité de préciser la cause de la défaillance du disjoncteur du GED 2 a été perdue.

Le quatrième arrêt du GED 2 s'est accompagné d'une perte de la propulsion et de la plus grande partie des services hôteliers. La séquence d'alarmes et de défaillances est consignée en détail dans le journal machine; elle indique que, si le GED 2 a été le premier à déceler une surcharge, le disjoncteur de couplage a été le premier à se déclencher, suivi des disjoncteurs du GED 1 puis du GED 2. Il faut noter que le disjoncteur de couplage peut soutenir une surcharge 2,5 fois plus importante que les disjoncteurs des GED. Ce fait aurait signalé aux mécaniciens la présence d'un problème grave, mais il n'y a eu aucune tentative d'analyser la situation.

Une information supplémentaire est devenue disponible aux mécaniciens lorsqu'ils ont tenté de fermer le disjoncteur de couplage après que le GED 4 a été remis en marche et branché au tableau et que cela a entraîné une surcharge sur le GED 2 à l'arrêt. Ce fait n'a pas non plus été analysé, de sorte qu'une nouvelle possibilité d'examiner la situation et de régler le problème a été perdue. Dans l'ensemble, l'information à la disposition des mécaniciens indiquait une défaillance du système de distribution du GED 2, mais elle n'a pas été analysée convenablement et, par conséquent, la défaillance n'a pas été reconnue.

Même si le GED 2 ne fournissait que 63 % de sa puissance nominale (selon les données disponibles) au moment du déclenchement par surcharge du disjoncteur à 18 h 20, les mécaniciens principaux du *Statendam* ont supposé qu'il excédait sa puissance nominale. Pour parer à un nouveau déclenchement du disjoncteur pour cause de surcharge, ils ont réduit la limite de charge du GED 2 à 75 % et l'ont remis en marche. Ainsi, ils pensaient que la charge du GED 2 serait limitée à 75 % de sa puissance nominale, ce qui éviterait la répétition d'une surcharge.

Immédiatement avant la défaillance du GED 2, les quatre autres GED étaient tous en charge. Tous les services hôteliers avaient été rétablis et le navire pouvait atteindre la vitesse de 19 kn. Même si le navire filait alors 16,5 kn, les mécaniciens principaux ont jugé impérieux de rebrancher le GED 2 pour que le navire puisse se déplacer à sa vitesse maximale autorisée de 21,5 kn aussitôt que possible. Le GED 2 a alors été remis en marche une cinquième fois et réglé en mode automatique, de sorte qu'il aurait été mis en charge peu après que son régime se serait

stabilisé. Si les mécaniciens avaient plutôt fait démarrer le GED 2 en mode manuel, ils auraient pu étudier ses paramètres opérationnels et déterminer s'il y avait des anomalies. Quelques secondes après la remise en marche du GED 2, son disjoncteur principal a subi une panne catastrophique.

### 2.2.1 *Mesures prises par les mécaniciens principaux et les électriciens*

Les électriciens du *Statendam* étaient directement chargés du diagnostic des anomalies de fonctionnement et des réparations de tout l'équipement électrique du navire, sous la responsabilité ultime du chef mécanicien. Dans le cas présent, les électriciens (et les mécaniciens principaux) du navire ont continué de réenclencher les disjoncteurs sans d'abord déterminer la cause du déclenchement. Pourtant, entre 1998 et 2002, la compagnie avait diffusé cinq directives concernant la prévention des pannes d'électricité et le rétablissement à la suite d'une panne et adopté la vaste gamme de mesures décrites à la section 1.7. L'intention fondamentale du programme de prévention et de rétablissement était (et demeure) d'insister sur la nécessité de procéder à une enquête de causalité pour déterminer les raisons d'une panne de courant, de l'arrêt accidentel d'un GED ou du déclenchement d'un disjoncteur.

Le navire n'avait pas d'antécédents de déclenchements répétitifs des disjoncteurs. Par conséquent, on peut écarter l'hypothèse que les mécaniciens principaux et les électriciens ont automatiquement réenclenché les disjoncteurs simplement pour éliminer un phénomène exaspérant. Par ailleurs, dans le cas présent, il n'y avait pas d'urgence relative à la navigation comme l'absence de propulsion pouvant compromettre la sécurité du navire.

Ainsi, le réenclenchement du disjoncteur du GED 2 à 18 h 13 et à 19 h 32 et du disjoncteur de couplage à 19 h 29 et à 19 h 30 sans détermination préalable de la cause de leur déclenchement donne à croire que le personnel du navire n'observait pas les directives de la compagnie et que ses mécaniciens et ses électriciens ne saisissaient pas pleinement le niveau de risque en cause. En l'occurrence, le réenclenchement répétitif de disjoncteurs de moyenne tension sans détermination de la cause de leur déclenchement risque d'entraîner des conséquences fâcheuses. S'ils l'avaient compris, ils auraient sans doute été plus prudents face au réenclenchement des disjoncteurs. Les gestes posés par les mécaniciens semblent donc avoir été fondés sur leur perception des exigences du moment plutôt que sur les risques.

## 2.3 Facteurs de rendement

### 2.3.1 Mécaniciens principaux et connaissance des systèmes électriques de 6,6 kV

Le chef mécanicien et les quatre mécaniciens de deuxième classe étaient agréés selon les normes de la Convention STCW 95 et détenaient soit des brevets de capacité, soit des brevets de capacité équivalente<sup>19</sup> délivrés par le Netherlands Shipping Inspectorate.

Leurs connaissances théoriques de la production et de la distribution d'électricité concernaient les systèmes de 440 V. Au fil du temps à bord de navires dotés de systèmes de 6,6 kV et de la propulsion électrique comme le *Statendam*, ils avaient développé ces connaissances de base grâce aux observations pratiques découlant de l'exploitation de tels systèmes et équipement. Ils n'avaient toutefois reçu aucune formation officielle sur les systèmes de 6,6 kV et leurs connaissances en la matière n'avaient pas été officiellement évaluées.

Le Code STCW exige que les mécaniciens ayant des responsabilités de gestion, c'est-à-dire le chef mécanicien et les mécaniciens de deuxième classe, aient une compétence suffisante pour repérer les défaillances, faire des diagnostics et déterminer correctement l'effet d'un défaut de fonctionnement des composantes pour l'installation ou le système qui y est associé.

La maintenance prévue était régulièrement effectuée à bord du *Statendam* et le disjoncteur du GED 2 était théoriquement loin du point où l'usure normale aurait pu entraîner une défaillance. Cependant, les objets mécaniques restent toujours exposés à des pannes.

Le diagnostic efficace des problèmes de quelque nature que ce soit doit s'appuyer sur une base de connaissances théoriques renforcée par une vaste expérience pratique et opérationnelle. L'absence d'un élément réduit automatiquement la portée de l'autre. Ceci vaut aussi pour ce qui est de déterminer l'effet de la défaillance d'une composante aussi bien pour cette composante que pour le reste du système. Ainsi, par exemple, l'absence de diagnostic exact à l'égard d'un relais de protection contre les surcharges qui connaît des défauts de fonctionnement intermittents peut mener à des dommages irréparables à ce relais, mais aussi aux disjoncteurs qui y sont associés, au bobinage des alternateurs, voire aux moteurs diesels qui les entraînent. Le fait de disposer de connaissances et d'une expérience pratique adéquates permet également à la personne chargée de régler les problèmes ou de prendre des décisions d'évaluer efficacement les risques découlant d'un défaut de fonctionnement, ce qui procure les fondements d'une intervention judicieuse.

---

<sup>19</sup> L'administration néerlandaise de l'État du pavillon reconnaît les certificats de capacité de certains autres États du pavillon comme étant équivalents à leurs propres certificats et délivre en conséquence des certificats d'équivalence. Ceux-ci sont habituellement valides un an.

Ni le chef mécanicien ni aucun des mécaniciens principaux n'avait profité d'une formation soit théorique, soit pratique, ni de formation propre au navire en ce qui concerne la production, la distribution et l'utilisation de systèmes de 6,6 kV; en outre, leurs connaissances de tels systèmes comportaient des lacunes. À preuve, ils ont incorrectement supposé que l'imposition d'une limite de charge de 75 % au GED 2 réglerait le problème du déclenchement de son disjoncteur par surcharge; en fait, une analyse élémentaire aurait révélé que le GED 2 ne tirait que 63 % de sa charge nominale. Au lieu, les mécaniciens et les électriciens ont à plusieurs reprises réenclenché les disjoncteurs principaux et de couplage sans chercher la cause du problème ou évaluer les risques, de sorte que le navire puisse poursuivre sa route à son allure maximale (ou presque).

### 2.3.2 Pressions opérationnelles et prise de décisions des mécaniciens

Un paquebot de croisière moderne transporte souvent plus de 1000 passagers. L'itinéraire des croisières est planifié bien à l'avance et de façon très détaillée et il prévoit souvent des visites touristiques à terre.

Les passagers étant la source de revenus d'un croisiériste, la volonté de leur procurer des souvenirs agréables de leurs vacances tout en réduisant au minimum les désagréments fait partie intégrante de la disposition d'esprit des membres d'équipage. Les pressions de nature commerciale et découlant des horaires, qu'elles soient directes ou indirectes, peuvent influencer grandement les officiers du navire et quelquefois occulter la distinction entre désagréments pour les passagers et risques pour la sécurité. Il peut ainsi survenir des situations où la nécessité d'assurer le confort des passagers influence la prise de décisions.

L'exploitation d'un navire en toute sécurité exige les efforts combinés de tous les membres de l'équipage, mais surtout de ceux participant à la prise de décisions. Les mécaniciens principaux du navire pensaient que le programme prévu d'essais de consommation de combustible devait être mené à bien avant que les représentants de la compagnie chargés des essais ne débarquent à la prochaine escale. Ils ressentaient donc la nécessité de respecter le programme autant que possible.

Le système de gestion de la sécurité du navire démontre que la sécurité était considérée comme étant capitale, et l'adoption par la compagnie d'un programme de prévention des pannes d'électricité et de rétablissement à la suite d'une panne indique qu'elle considérait les pannes de courant et les déclenchements des disjoncteurs comme de graves menaces à la sécurité. Cependant, les circonstances du moment semblent avoir influencé les décisions prises par les mécaniciens le soir en question.

## 2.4 *Système de gestion de la sécurité*

### 2.4.1 *Communications internes et externes*

#### 2.4.1.1 *Gestion de la salle des machines et communication d'information à bord du navire*

Le chef mécanicien était responsable de la salle des machines et du fonctionnement efficace et en toute sécurité de toutes les machines du navire. Il déléguait du travail et des responsabilités à son personnel et recevait ses observations. Tous les problèmes et défauts de fonctionnement notables des machines devaient lui être rapportés et il devait veiller à ce que les mesures voulues soient prises pour diagnostiquer et régler les problèmes dans le service machine. En cas de crise, il devait assumer le rôle et les responsabilités de commandant sur place.

Le déclenchement du disjoncteur du GED 2 à 18 h 5 n'a pas été signalé au chef mécanicien comme étant un défaut de fonctionnement. En outre, après le déclenchement du disjoncteur du GED 2 et la perte de la propulsion et des services hôteliers à 18 h 20, les mécaniciens et les électriciens qui se sont chargés de rétablir l'alimentation n'ont pas informé le chef mécanicien des paramètres qui avaient causé le déclenchement de chaque disjoncteur, du fait que le disjoncteur de couplage s'était déclenché alors qu'il était en voie d'être réenclenché ou du fait que l'alarme de surcharge du disjoncteur du GED 2 s'était déclenchée sans que la génératrice ne soit en marche et que le disjoncteur soit fermé. En revanche, le chef mécanicien n'a pas cherché à être entièrement renseigné sur les événements dans la salle des machines en demandant toutes les données pertinentes disponibles. Il a ainsi été privé d'une information importante qu'il aurait pu utiliser pour porter un diagnostic exact.

Par conséquent, le chef mécanicien ne comprenait pas bien la situation et ne pouvait pas diagnostiquer efficacement la défaillance qui avait causé le déclenchement du GED du tableau de distribution, ni décrire les événements de façon complète au responsable de l'équipement électrique à terre.

#### 2.4.1.2 *Communication d'information entre le navire et la compagnie*

La conception et la construction de navires comme le *Statendam* relèvent d'une grande sophistication technique et prévoient de nombreuses redondances; les cas de défaillance comme celui en cause ici sont relativement rares. Le fait que des défaillances surviennent aurait dû indiquer au personnel de bord autant qu'à terre qu'ils étaient en présence d'un événement inhabituel.

Conformément à ses obligations en vertu du Code ISM, la Holland America Line avait créé un système de déclaration rapide dans le cadre de son système de gestion de la sécurité. Un des objectifs consistait à mettre à la disposition immédiate du navire l'expertise et les ressources considérables de la compagnie. Cela pouvait se faire par divers moyens, depuis l'organisation

d'ateliers et l'offre d'un soutien technique jusqu'à l'envoi rapide de pièces de rechange en cas d'urgence. Plus encore, des conseils et des avis experts pouvaient immédiatement être fournis de sorte que les mesures visant à contenir les effets d'un incident puissent être prises rapidement.

L'efficacité d'un tel système dépend toujours des gens qui l'utilisent. Dans le cas présent, l'information communiquée par le chef mécanicien au responsable de l'équipement électrique (qui avait des connaissances expertes sur les systèmes électriques du navire) était limitée à des généralités sur la perte de la propulsion et le déclenchement du GED à 18 h 20. Quant au responsable de l'équipement électrique, il n'a pas questionné le chef mécanicien en détail et s'est contenté de l'information selon laquelle la situation était maîtrisée. S'il avait été au courant de l'événement de 18 h 5, il aurait pu :

- demander des renseignements supplémentaires et faire analyser les données du journal machine;
- évaluer le profil de risque;
- conclure à la nécessité de poursuivre le voyage prudemment uniquement après une enquête minutieuse.

Le responsable de l'équipement électrique aurait ainsi disposé de l'information pertinente essentielle à l'exécution de ses obligations en vertu du système de gestion de la sécurité.

Bien que l'aspect « déclaration » du système de déclaration rapide ait été respecté, la communication d'information entre le navire et la compagnie est demeurée incomplète, ce qui a annulé les avantages du système. Les communications internes et externes étaient ainsi déficientes au plan des données contextuelles pertinentes, et ni le chef mécanicien ni le responsable de l'équipement électrique à terre n'a cherché ou obtenu une information suffisante pour diagnostiquer efficacement les défaillances ayant mené au déclenchement du disjoncteur du GED 2.

#### 2.4.2 Formation de l'équipage

La Holland America Line avait un système selon lequel les mécaniciens principaux surveillant la construction d'un nouveau navire recevaient une formation sur ses systèmes électriques de 6,6 kV. Ces mécaniciens formeraient ensuite la génération suivante d'officiers, et ainsi de suite. Ce schéma semble avoir été respecté dans les premières années d'exploitation du navire.

Cependant, il était tombé en désuétude. La formation et les modalités de formation n'étaient ni consignées par écrit, ni intégrées aux programmes de formation, ni mentionnées dans le système de gestion de la sécurité du navire.

### 2.4.3 Préparatifs d'urgence et incendie dans la salle principale des tableaux de distribution

Des exercices d'incendie étaient organisés chaque semaine sous l'égide de l'organisation chargée de la lutte contre l'incendie et autres urgences à bord. Cependant, même si ces exercices avaient simulé des scénarios d'incendie dans diverses parties du navire, ils n'avaient jamais porté sur un feu d'origine électrique dans la SPTD. Bien que le système de gestion de la sécurité du navire prévoyait des modalités pour la lutte contre un incendie dans la salle des machines, il n'y en avait pas pour les feux d'origine électrique. Ainsi, la lutte contre l'incendie s'est fondée sur l'expérience et les connaissances personnelles des mécaniciens dont l'expérience en la matière était limitée, car de tels incendies à bord des navires sont rares.

Comme les situations d'urgence sont foncièrement stressantes et qu'une réaction rapide est essentielle, les personnes peuvent se concentrer sélectivement sur l'information disponible et ne pas évaluer correctement tous les risques. De la formation et de l'entraînement permettent de réduire le risque d'erreur en donnant aux membres d'équipage la possibilité d'éprouver leur réaction à une situation d'urgence et le moyen de mieux jauger les risques en cause. « Dès lors, lorsqu'ils sont confrontés à une urgence, ils réagissent de façon plus automatique et ont moins besoin d'interpréter les faits et de prendre des décisions »<sup>20</sup>. [Traduction]

Étant donné l'importance des composantes électriques et électroniques du navire, une saine politique en matière de sécurité exigerait que le système de gestion de la sécurité prévoie des modalités pour la lutte contre les incendies d'origine électrique; en outre, la simulation d'un incendie d'origine électrique dans la SPTD serait un élément important des exercices d'incendie à bord. Une telle simulation aurait donné aux responsables du navire la possibilité d'évaluer la réaction, d'analyser la démarche et de repérer les lacunes, assurant ainsi une meilleure préparation à la lutte contre de tels incendies.

#### 2.4.3.1 Lutte contre l'incendie

Les efforts déployés par les équipes d'incendie ont été efficaces. Cependant, les feux électriques sont particulièrement dangereux parce que, non seulement l'isolant en fusion ou en combustion peut faire court-circuiter des conducteurs, mais les conducteurs exposés peuvent électrocuter quiconque y touche. C'est pourquoi la première règle de la lutte contre un incendie électrique est de l'isoler de toute alimentation électrique.

Sur le *Statendam*, la génératrice de secours, située à l'extérieur de la salle des machines, devait fournir suffisamment de courant pour assurer en cas d'urgence l'exploitation en toute sécurité du navire au complet, par l'entremise du tableau de distribution de secours. Cependant, elle n'a pas été utilisée à cette fin. Au lieu, le GED 3 a été maintenu en état de marche pendant toutes les

---

<sup>20</sup> J. Patrick, *Training: Research and Practice*, San Diego : Academic Press, 1992, page 374

opérations de lutte contre l'incendie parce qu'on a jugé que le fait de le fermer aurait causé une panique et un inconfort inutiles parmi les passagers. La décision de maintenir le GED 3 en état de marche pour alimenter le navire en courant a signifié que les équipes d'incendie pénétraient dans la SPTD, un local étroit et confiné où la visibilité était presque nulle en raison de la fumée, sachant qu'une section du tableau de distribution était sous tension alors que les autres étaient gravement endommagées, mais sans savoir dans quelle mesure les dommages avaient touché la section sous tension du tableau. (À un moment donné, des pieds-de-biche en acier ont d'ailleurs été utilisés pour ouvrir les portes du tableau de distribution endommagé.) Ainsi, le premier principe de lutte contre un incendie électrique à bord d'un navire – voulant que l'incendie soit isolé de toute source d'alimentation électrique avant que l'on s'y attaque – n'a pas été respecté; les équipes ont ainsi été exposées à un risque inacceptable.

#### 2.4.4 *Efficacité du système de gestion de la sécurité*

La responsabilité générale de l'administration et de l'exploitation en toute sécurité de tout navire appartient à son propriétaire ou à son représentant légal. Dans cette optique, le Code ISM exige que les compagnies prévoient des systèmes de gestion de la sécurité qui permettent l'adoption de pratiques sûres dans un lieu de travail sûr, qui protègent contre tous les risques connus et qui assurent une amélioration constante de la sécurité à bord des navires.

Pour réaliser ces objectifs, les compagnies sont tenues, entre autres :

- de prévoir des modalités sûres pour les opérations à bord des navires;
- de déterminer les besoins en formation et de veiller au moyen d'un processus de vérification interne et externe à ce que la formation soit fournie au personnel concerné.

Lorsque ces mesures sont exécutées efficacement, elles assurent de multiples moyens de protection contre les conditions et les gestes dangereux. Il semble que le système de gestion de la sécurité du *Statendam* comportait tous les éléments requis qui auraient dû permettre de prévenir l'événement. Parmi eux figuraient des indications détaillées sur les communications, un programme exhaustif de prévention des pannes d'électricité et de rétablissement après une panne ainsi que des exercices réguliers aux diverses situations d'urgence.

Cependant, certaines des dispositions soit n'étaient pas mises en application, soit n'étaient pas suivies convenablement. En particulier :

- le système de formation de la relève à l'égard des systèmes de 6,6 kV propres au navire avait été négligé et ni les mécaniciens principaux ni les électriciens n'avaient reçu une telle formation;

- malgré l'importance attachée par la compagnie à la prévention des pannes d'électricité, ni les mécaniciens ni les électriciens n'ont suivi les directives en la matière;
- les communications internes entre les mécaniciens du bord n'étaient pas efficaces pour ce qui est de garantir que les renseignements critiques sur les événements menant à la panne définitive du disjoncteur du GED 2 soient communiqués au chef mécanicien;
- la communication entre le navire et l'administration centrale de la compagnie de l'information concernant les événements menant à la panne du disjoncteur du GED 2 a été inefficace pour ce qui est de permettre au responsable de l'équipement électrique de les évaluer convenablement;
- les plans de préparation aux urgences du navire ne prévoyaient pas d'exercices en cas d'incendie dans la SPTD;
- le tableau de distribution principal n'a pas été isolé de toute alimentation électrique et la lutte contre l'incendie a exposé les équipes d'incendie, lorsqu'elles s'approchaient de l'équipement électrique sous tension endommagé, à un risque inacceptable du fait de la présence d'une tension potentielle de 6,6 kV.

Les faiblesses cernées dans les programmes de formation et de vérification ainsi que les lacunes du plan de préparation aux urgences indiquent qu'il y avait certains manquements dans la mise en pratique du système de gestion de la sécurité du *Statendam*.

## 2.5 *Système d'extinction au CO<sub>2</sub> et salle principale des tableaux de distribution*

Durant la lutte contre l'incendie, il a été envisagé d'utiliser le système fixe d'extinction au CO<sub>2</sub>. Cependant, cela ne s'est pas fait parce que la SPTD est située à l'intérieur de la salle des machines, dans la tranche d'incendie 1. Le fait de répandre du CO<sub>2</sub> dans l'ensemble de la salle des machines aurait non seulement causé l'arrêt du GED 3, mais aussi vidé la plupart des bouteilles de CO<sub>2</sub> du navire. Pour cette raison, ce système a été considéré comme un dernier recours qui serait utilisé uniquement en cas d'échec de toutes les autres méthodes.

Les navires prévoient souvent dans les petits locaux à risque élevé, comme les magasins à peintures et les cuisines, un système d'extinction indépendant. La SPTD n'en était pas dotée. Si la SPTD avait bénéficié de son propre branchement indépendant au système d'extinction principal au CO<sub>2</sub>, il y aurait eu une option efficace et plus sûre de lutte contre l'incendie.

## 2.6 *L'électricien dans l'ère moderne de la navigation*

À la faveur des progrès de la technologie, les navires sont devenus de plus en plus « électrifiés » parce que c'est une solution très efficace et fiable. Les systèmes informatiques d'automatisation et autres dispositifs électroniques contrôlent la plupart des processus à bord des navires : des systèmes électro-hydrauliques actionnent tous les systèmes mécaniques exigeant une grande puissance; des systèmes purement électriques contrôlent la plupart des systèmes exigeant peu de puissance. Non seulement la propulsion électrique se répand-elle rapidement, mais même les moteurs à combustion interne adoptent le contrôle électrique et électronique pour l'alimentation en carburant par injection, le balayage et la lubrification des cylindres.

Bien que ce processus d'électrification et d'informatisation ne soit pas apparu du jour au lendemain, il a atteint un niveau où de nombreuses compagnies du monde entier estiment nécessaire d'employer des électriciens spécialisés pour assurer l'entretien et la réparation de cet équipement.

De nombreuses compagnies de navigation, sociétés de classification et administrations chargées du contrôle des navires par l'État du port, au Canada et dans certains États du pavillon, ont été interrogées pour déterminer si la pratique de la Holland America Line d'employer des électriciens était un cas isolé. Le nombre de compagnies interrogées n'est pas suffisant pour cerner des tendances ou faire des projections quantifiées, mais il ressort qu'un fort pourcentage de compagnies emploient des électriciens – que leurs navires soient dotés de systèmes de 6,6 kV ou de 440 V. Il semble que ce pourcentage dépasse les 30 %.

### 2.6.1 *Pratique de l'industrie maritime face à l'emploi d'électriciens*

Le Code STCW fixe des normes minimales quant à la formation et à l'expérience requises pour un chef mécanicien et un mécanicien de deuxième classe, et elles comportent une composante d'électrotechnologie. Cependant, il n'y a pas d'exigence en matière de compétence ou de formation pour les électriciens.

Le chef mécanicien et les mécaniciens de deuxième classe possèdent les connaissances voulues en électrotechnologie, et les propriétaires et les exploitants de navires s'attendent à ce que les mécaniciens exploitent et entretiennent les appareils et les systèmes électriques de leur navire.

Alors que certaines compagnies choisissent d'assigner ces tâches aux mécaniciens de bord, il est aussi fréquent que d'autres emploient des officiers électriciens spécialisés pour effectuer ce travail. Le cas échéant, la responsabilité peut être confiée au chef mécanicien ou aux électriciens.

Dans le cas du *Statendam*, quatre électriciens étaient employés à bord. Au sein de l'administration générale de la Holland America Line, des responsables de l'équipement électrique sont chargés de veiller à l'aspect électricité des opérations techniques quotidiennes de la flotte ainsi que

d'élaborer un programme de prévention des pannes d'électricité et de rétablissement à la suite d'une panne. Ces responsables de l'équipement électrique proviennent de la flotte, où ils ont travaillé à bord des navires de la compagnie comme chefs électriciens plutôt que comme chefs mécaniciens. Vu l'importance des systèmes électriques pour l'exploitation en toute sécurité des navires et conformément aux objectifs du système de gestion de la sécurité, les électriciens chargés de l'exploitation et de l'entretien de ces systèmes devaient posséder un niveau de compétence minimum équivalant à des normes internationales reconnues. Dans le contexte maritime, ni l'industrie ni le Code STCW ne fixe des normes pour les électriciens de bord.

D'autres compagnies de navigation fonctionnent de façon semblable, ce qui souligne encore le rôle particulier joué par les électriciens dans la marine marchande d'aujourd'hui – tant à bord des navires modernes que dans l'administration centrale des compagnies. Cela se traduit par le fait que de nombreuses compagnies prévoient une vaste gamme de postes d'électricien : ingénieur électricien pour les navires standard; officier responsable de l'électrotechnologie; ingénieur électronicien; électricien automatique; électricien principal; électricien; ingénieur électricien en utilisation du gaz; électricien adjoint; et responsable de l'équipement électrique. Ces postes sont expressément axés sur les besoins de leurs flottes et les compétences requises.

Un certain nombre d'administrations des États du pavillon n'exigent pas que les électriciens à bord des navires détiennent des brevets de compétence propres au milieu maritime ni ne fixent un niveau minimum de connaissances en électricité de la part des électriciens maritimes<sup>21</sup>. En outre, il n'y a pas de normes uniformisées applicables à l'industrie maritime à l'échelle internationale pour guider les propriétaires et les exploitants voulant employer des électriciens à bord de leurs navires.

Par conséquent, les compagnies de navigation qui choisissent d'employer des électriciens doivent établir leurs propres critères en fonction de leurs propres besoins opérationnels. Il existe diverses normes nationales pour les électriciens industriels ou électriciens à terre qui peuvent être modifiées et adoptées pour le contexte maritime.

### 2.6.2 *Dynamique de prise de décisions et sécurité*

À mesure que les navires sont devenus de plus en plus spécialisés, ils ont progressivement atteint de plus grands niveaux de complexité technique et d'automatisation. La plupart des dispositifs et des systèmes de bord des navires modernes contiennent des composantes électroniques, électriques et mécaniques interreliées et interdépendantes. Les électriciens doivent très souvent travailler indépendamment à des tâches relevant de l'aspect électrique,

---

<sup>21</sup> Dans l'intérêt de l'industrie, certaines administrations – dont la Norvège, l'Inde, la Pologne, les Îles Marshall, le Canada – ont mis au point des normes de formation et de compétence pour les électriciens. Celles-ci ne sont toutefois ni standardisées ni uniformes entre elles.

tandis que les mécaniciens de bord exécutent des tâches semblables sur l'équipement et les systèmes mécaniques. La description des tâches des électriciens à bord du *Statendam*, qui exigent qu'ils diagnostiquent, réparent et entretiennent tout l'équipement électrique et électronique, en constitue un bon exemple.

Dans le contexte de la prise de décisions, le travail d'équipe est reconnu comme étant la façon la plus efficace de régler les problèmes. Pour en arriver à une décision judicieuse face aux questions essentielles de sécurité, le chef mécanicien, en tant que gestionnaire responsable de l'ensemble des machines et de l'équipement à bord du navire, devrait solliciter l'avis des membres du personnel possédant l'expertise dans leurs domaines respectifs. L'efficacité de ce processus dépend de la compétence professionnelle des membres de l'équipage et de l'appréciation par le chef mécanicien de leurs capacités.

En l'absence de normes maritimes internationales, la compétence professionnelle des électriciens maritimes varie, étant régie par des normes nationales non uniformisées ou des normes élaborées par l'employeur. Ces normes peuvent être inconnues du chef mécanicien qui présume de la compétence d'un électricien nommé par la compagnie. Le chef mécanicien peut se soumettre à l'avis spécialisé de l'électricien (qui en l'absence de normes uniformisées peut être déficient dans certains domaines) et ainsi en arriver à une décision qui compromette la sécurité.

Compte tenu du fait que la responsabilité des électriciens a évolué au fil du temps et vu l'important rôle qu'ils jouent aujourd'hui à l'égard de la sécurité dans les opérations à bord des navires, l'absence de normes internationales uniformisées pour la certification des électriciens peut compromettre la sécurité du navire.

## 2.7 *Protection contre l'incendie à la construction*

### 2.7.1 *Entre la salle principale des tableaux de distribution et les locaux adjacents*

La SPTD est située à l'intérieur des limites verticales et horizontales générales du local des machines de propulsion, et trois locaux y sont adjacents : la salle de commande des machines; la salle des transformateurs et la chambre d'essai pour les injecteurs de combustible (voir les figures 3 et 4 à l'annexe C).

Traditionnellement, les locaux qui contiennent des matières combustibles et une source de combustion font l'objet d'une attention spéciale en raison du risque d'incendie. En raison de la présence de produits pétroliers sous pression à proximité de moteurs chauds, les locaux de machines sont considérés comme présentant le plus grand risque. Par conséquent, la Convention SOLAS exige que les locaux de machines soient délimités par des cloisons ayant une résistance au feu cotée entre A-60 et A-0, selon la nature du local adjacent.

De prime abord, les SPTD contenant un appareillage de commutation électrique de moyenne tension (comme c'est le cas sur le *Statendam*) ne contiennent pas une quantité suffisante de matières combustibles pour entretenir un feu pendant le délai nécessaire pour menacer un local voisin. En conséquence, ces SPTD sont considérées comme étant des locaux de catégorie 10 présentant peu ou pas de risque d'incendie; les cloisonnements les séparant des autres locaux doivent avoir une intégrité au feu du type A-0.

De tels locaux contiennent toutefois des câbles, des dispositifs de commutation et de l'équipement connexe qui peuvent couramment transporter une énergie électrique de 30 MW ou plus.

Comme cet événement l'a démontré, en cas de défaillance catastrophique d'un disjoncteur – soit directement, soit par suite de la défaillance d'autres appareils de commutation électrique –, l'arc résultant peut dégager suffisamment d'énergie thermique pour déclencher un feu dans des locaux voisins non protégés.

Le câblage de la salle de commande des machines a pris feu en raison de la chaleur rayonnée provenant de la SPTD située en dessous. La transmission de chaleur a été presque instantanée et elle a été possible parce qu'il n'y avait pas d'isolant thermique ignifuge dans le plafond de la salle des tableaux de distribution.

La production et la distribution de moyennes tensions de 6,6 kV, voire 11 kV, deviennent de plus en plus communes dans les grands paquebots de croisière, les navires spécialisés comme les navires de forage et les navires de recherche, les traversiers rouliers, les très gros porteurs de pétrole brut (VLCC) et les grands porte-conteneurs. Une évaluation des risques de telles défaillances des disjoncteurs révèle que, si elles sont rares, les conséquences qui en résultent peuvent être extrêmement graves. En prévoyant une isolation de type A-0 autour de la salle SPTD, les exigences passées et présentes de la Convention SOLAS relatives à la protection structurale contre l'incendie ne tiennent donc pas compte du risque d'incendie inhérent aux systèmes électriques qui transmettent régulièrement de très fortes puissances.



### 3.0 *Conclusions*

#### 3.1 *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

1. Selon toute vraisemblance, un court-circuit franc dans le disjoncteur du groupe électrogène diesel 2 a engendré un arc qui a fait éclater son boîtier en résine époxyde. La chaleur et la flamme qui en ont résulté, accompagnées du dégagement soudain de gaz d'hexachlorure de soufre (SF<sub>6</sub>) sous pression, ont fourni la source d'inflammation de l'incendie.
2. L'absence d'isolation ignifuge entre la salle principale des tableaux de distribution (SPTD) et la salle de commande des machines a permis à la chaleur rayonnante d'atteindre rapidement la salle de commande des machines. Par conséquent, le câblage se trouvant au-dessus du pont de la salle de commande des machines a pris feu, de sorte que l'incendie s'est répandu.

#### 3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Les exigences actuelles de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer, de délivrance des brevets et de veille (SOLAS) en matière de protection contre l'incendie à la construction autour des SPTD ne tiennent pas compte du danger d'incendie inhérent aux systèmes électriques transmettant de fortes puissances.
2. Le système d'extinction au CO<sub>2</sub> du navire ne comportait pas un branchement indépendant pour la SPTD, ce qui a privé le navire d'un moyen efficace et sûr de combattre un incendie dans ce local.
3. Malgré l'importance des systèmes électriques pour l'exploitation en toute sécurité des navires, il n'y a pas d'exigences voulant que les électriciens chargés de l'exploitation et de l'entretien de ces systèmes fassent preuve d'un niveau minimum de compétence selon une norme internationale reconnue – un principe préconisé par l'Organisation maritime internationale dans le Code de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille (STCW).
4. Les faiblesses constatées dans les programmes de formation et de vérification ainsi que dans le plan de préparation aux urgences indiquent qu'il y avait certaines lacunes dans l'exécution du système de gestion de la sécurité du *Statendam*.
5. Le fait de ne pas couper l'alimentation électrique durant la lutte contre l'incendie a exposé les membres de l'équipage à un risque inacceptable.



## 4.0 *Mesures de sécurité*

### 4.1 *Mesures prises*

#### 4.1.1 *Bureau de la sécurité des transports du Canada*

Le 26 novembre 2002, le BST a envoyé l'Avis de sécurité maritime 09/02 à la section de l'application de la loi du Netherlands Shipping Inspectorate, à Transports Canada, à l'International Association of Classification Societies, à la Holland America Line Westours Inc. (Holland America Line) et à Fincantieri Navali Italiani S.p.A. Il indiquait l'insuffisance de la protection structurale contre l'incendie entre la salle principale des tableaux de distribution (SPTD) et la salle de commande des machines sur le *Statendam* et ses trois navires jumeaux. En conséquence, la section de l'application de la loi du Netherlands Shipping Inspectorate a indiqué qu'elle avait institué une enquête sur la protection structurale contre l'incendie de navires à passagers semblables au *Statendam* battant pavillon néerlandais. Transports Canada a indiqué que, si les exigences de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (Convention SOLAS) en matière de protection contre les incendies et visant les limites entre des locaux, comme les SPTD et d'autres locaux, ne tiennent pas compte des risques inhérents, il discutera officieusement des préoccupations du BST avec d'autres administrations maritimes pour jauger le sentiment général à ce sujet.

Un deuxième Avis de sécurité maritime (03/03) a été envoyé au ministère néerlandais des Transports, au directeur de la navigation de la Holland America Line et à Transports Canada pour souligner les lacunes dans la formation des mécaniciens en électrotechnologie au sujet des systèmes de 6,6 kV. Le ministère néerlandais des Transports a répondu que l'avis était à l'étude. La Holland America Line a transmis une liste des initiatives prises depuis 1991 en ce qui concerne la formation sur les systèmes de 6,6 kV et la prévention des pannes d'électricité.

#### 4.1.2 *Holland America Line*

À l'automne 2002, la Holland America Line a affecté un chef mécanicien de la flotte à temps plein au raffinement du programme de prévention des pannes d'électricité et de rétablissement à la suite d'une panne, prévoyant entre autres une formation spécifique qui devait être offerte en 2003. En octobre 2002, la compagnie a lancé un programme de formation d'officier de quart machine afin d'offrir une formation pratique spécialisée aux mécaniciens nouvellement embauchés ou promus. Au début de 2003, elle a chargé un chef électricien de la flotte d'élaborer une analyse de l'arbre de défaillance concernant la génération électrique de moyenne tension.

À la suite de ces efforts, des plans de navires et de systèmes simplifiés ainsi que des indications concernant la moyenne tension et les systèmes mécaniques sont en voie d'élaboration.

Le fabricant de l'équipement, ABB, a été chargé de familiariser les mécaniciens principaux et les électriciens de toute la flotte avec la philosophie des systèmes et de leur donner une formation pratique. Cela se fait à bord des navires de la compagnie. Jusqu'à présent, un groupe de 16 officiers a reçu la formation.

## 4.2 Mesures à prendre

### 4.2.1 Protection structurale contre l'incendie et système d'extinction d'incendie

De prime abord, les salles des tableaux de distribution contenant un appareillage de commutation électrique de moyenne tension (comme c'est le cas sur le *Statendam*) ne semblent pas contenir une quantité suffisante de matières combustibles pour entretenir un feu pendant le délai nécessaire pour menacer un local voisin. De tels locaux contiennent toutefois des câbles, des dispositifs de commutation et de l'équipement connexe qui peuvent couramment transporter une énergie électrique de 30 MW ou plus. Comme le présent événement l'a démontré, en cas de défaillance catastrophique d'un disjoncteur – soit directement, soit par suite de la défaillance d'autres appareils de commutation électrique –, il y a un risque élevé que l'arc résultant dégage suffisamment d'énergie thermique pour déclencher un feu dans des locaux voisins non protégés.

La protection structurale contre l'incendie est le principal moyen de contenir la chaleur dans un local, mais les exigences actuelles de la Convention SOLAS<sup>22</sup> à l'égard de la protection structurale contre l'incendie autour des SPTD ne tiennent pas compte du risque d'incendie inhérent aux systèmes électriques qui transmettent de très fortes puissances. Ainsi, le *Statendam* n'était pas doté d'isolation ignifuge ou thermique entre la SPTD et la salle de commande des machines située sur le pont au-dessus. La défaillance d'un disjoncteur a produit une décharge d'énergie électrique semblable à un éclair. La chaleur qui en a rayonné s'est rapidement transmise par les éléments en acier nu constituant le plafond, mettant le feu aux câbles électriques de la salle de commande des machines.

Le nombre de navires – en particulier de paquebots de croisière – dotés de la propulsion diesel-électrique continue d'augmenter, les propriétaires recherchant des gains d'efficacité et la réduction des coûts d'exploitation. La Holland America Line possède huit navires semblables au *Statendam* pour ce qui est de la disposition de la SPTD. Un examen des navires de croisière qui doivent être livrés entre 2005 et 2008 indique que la majorité seront à propulsion électrique<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer, édition récapitulative de 2004

<sup>23</sup> <http://www.coltoncompany.com/shipbldg/worldsbldg/cruise/cruisebuilding.htm>  
(page consultée le 5 janvier 2005)

Le BST constate qu'il y a eu à l'échelle internationale au moins une autre défaillance de disjoncteur de moyenne tension qui a causé un incendie dans le tableau de distribution.

- Le 29 décembre 1993, le roulier à turbine à gaz-électricité *Union Rotorua* a subi un incendie dans son tableau de distribution principal de 6,6 kV à 27 milles au sud de Sydney, en Australie. Les premiers efforts de lutte contre l'incendie ont été inefficaces et le système fixe au CO<sub>2</sub> a été actionné pour éteindre le feu.

Le fonctionnement adéquat du tableau de distribution est essentiel à l'exploitation du navire en toute sécurité. Un défaut de fonctionnement à un moment inopportun peut produire de graves conséquences et compromettre la sécurité de l'équipage, du navire et de l'environnement. Il y a eu des cas où des incendies du tableau de distribution – sans égard au type de navire, à sa taille ou à sa technologie – ont entraîné d'importantes avaries ou des pertes de vie :

- Le 26 mai 1990, le navire à passagers *Regent Star* a subi un incendie du tableau de distribution principal qui a désarmé le navire sur le fleuve Delaware, aux États-Unis.
- Le 18 juin 1995, le navire à passagers *Celebration* a subi un feu électrique dans la salle de commande principale, à 35 milles de l'île San Salvador, aux Bahamas. L'incendie a été éteint par le système fixe au halon.
- Le 26 mai 1999, le navire à passagers *Sun Vista* a subi un incendie du tableau de distribution en passant dans le détroit de Malacca, obligeant à l'évacuation de tous les passagers et membres de l'équipage. Le navire a ensuite coulé.
- Le 6 juin 2000, un incendie s'est déclaré dans le tableau de distribution principal du traversier *Columbia* de la flotte Alaska Marine Highway System, à 30 milles marins au sud-ouest de Juneau, en Alaska, ce qui a désarmé le navire<sup>24</sup>.

Un incendie à bord d'un navire peut se propager à un rythme exponentiel. La volonté de limiter la propagation de tout feu en le contenant dans son lieu d'origine et en l'éteignant rapidement tout en limitant le plus possible le risque aux personnes est une considération essentielle dans la conception des navires. Dans cette optique, la capacité de la protection structurale contre l'incendie et des systèmes fixes d'extinction de limiter et d'éteindre efficacement un feu est vitale.

Traditionnellement, les locaux qui contiennent des matières combustibles et une source de combustion constituent le plus grand risque d'incendie. En raison de la présence de produits pétroliers sous pression à proximité de moteurs chauds, les locaux de machines sont plus à

---

<sup>24</sup>

Rapport MAB-04-02 du National Transportation Safety Board (États-Unis)

risque. Par conséquent, la Convention SOLAS exige que les locaux de machines soient délimités par des cloisons ayant une résistance au feu cotée entre A-60 et A-0, selon la nature du local adjacent.

Les navires prévoient souvent dans les petits locaux à risque élevé, comme les magasins à peintures, les salles des épurateurs, les salles des pompes et les cuisines, un système d'extinction indépendant. Sur le *Statendam* et ses navires jumeaux, la SPTD n'était pas équipée d'un tel système au CO<sub>2</sub>.

Les systèmes fixes (par exemple au CO<sub>2</sub>) sont le moyen le plus efficace d'éteindre des feux qui ont été contenus à l'intérieur d'un local fermé grâce à une protection structurale contre l'incendie. C'est le cas en particulier des locaux fermés contenant de l'équipement électrique, comme la SPTD, où les efforts de lutte contre l'incendie en présence de conducteurs endommagés sous tension peuvent mettre en danger les membres de l'équipage. Dans le cas du *Statendam*, l'absence de système fixe d'extinction d'incendie indépendant pour la SPTD a privé le navire d'un moyen efficace et sans danger de lutter contre l'incendie dans ce local et fait courir des risques inacceptables au personnel luttant contre l'incendie, au navire et éventuellement aux passagers.

La salle des machines et son équipement ont évolué au gré des progrès technologiques porteurs d'avantages économiques. La propulsion électrique de moyenne tension est devenue la solution de choix pour les grands navires à passagers, mais la réglementation de la Convention SOLAS ne prévoit pas d'exigences en matière d'isolation thermique ou de systèmes d'extinction pour les locaux réservés aux appareils, comme les salles des tableaux de distribution, laissant à chaque administration de l'État du pavillon le soin de déterminer les risques d'incendie et de prescrire les moyens de les éteindre<sup>25</sup>. Une telle approche peut mener à des évaluations divergentes et, par conséquent, à des niveaux de sécurité variables selon les administrations de l'État du pavillon et les navires. Reconnaisant les faiblesses d'une telle approche, le Bureau s'inquiète de ce que certains navires puissent être exposés à des risques ou construits sans prise en compte suffisante des risques d'incendie inhérents aux SPTD.

Le Bureau sait que certaines initiatives internationales ont été lancées relativement à la sécurité incendie sur les grands navires à passagers. En 2000, le groupe de travail sur la sécurité des grands navires à passagers émanant du Comité de la sécurité maritime (CSM) de l'Organisation maritime internationale (OMI) a fait rapport au CSM 73. Il notait que « l'extinction rapide est un élément essentiel pour éviter qu'un incendie ne devienne catastrophique ». [Traduction]

---

<sup>25</sup> Convention SOLAS 2004, chapitre II-2, partie C, règle 9, paragraphe 2.2.3.1 et règle 10, paragraphe 5.4

À la réunion de mai 2001 du CSM (CSM 74), le comité a chargé le sous-comité de la prévention de l'incendie d'évaluer 19 tâches liées à la protection incendie des grands navires à passagers existants et futurs. L'objectif consistait à traiter des mesures de protection et de prévention des incendies qui amélioreraient les chances de survie à bord des navires. Parmi les questions d'intérêt particulier figuraient les exigences à l'égard des principales zones verticales et horizontales et les moyens de relier les mesures de prévention et de protection contre les incendies au risque d'incendie de locaux précis qui ne sont généralement pas mentionnés par les catégorisations générales et dispositions réglementaires existantes. À la réunion suivante du sous-comité de la prévention de l'incendie en 2001, les États-Unis ont présenté un document<sup>26</sup> analysant les lacunes des instruments de l'OMI en ce qui concerne la sécurité incendie sur les grands navires à passagers. Le document recommandait que le sous-comité de la prévention de l'incendie envisage des mesures en vue de « renforcer les prescriptions relatives à la protection contre l'incendie à la construction et aux mesures actives de protection contre l'incendie en ce qui concerne les zones dont on sait qu'elles présentent un risque élevé (par exemple buanderies, ateliers de menuiserie et locaux contenant des solvants de nettoyage), ainsi que les locaux présentant des risques d'incendie mettant en cause des conceptions nouvelles qui ne sont pas envisagées au chapitre II-2 de la Convention SOLAS. »

Le milieu maritime adopte rapidement des innovations dans la conception et la technologie. Cependant, la Convention SOLAS ne prévoit pas de mécanisme d'évaluation continue des risques qui assurerait le niveau de sécurité voulu par les principes de la Convention. Les salles des tableaux de distribution gérant de très hauts niveaux d'énergie sont un exemple des problèmes qui se posent. Le Bureau se préoccupe du fait que les navires actuels et futurs intégrant de nouvelles conceptions et de nouvelles technologies sans disposer de protection structurale contre l'incendie et de systèmes d'extinction adéquats pour de tels locaux puissent continuer de faire courir des risques inacceptables aux membres de l'équipage et aux passagers. Le Bureau recommande donc que :

le ministère des Transports présente à l'Organisation maritime internationale un document demandant un examen des exigences en matière de protection structurale contre l'incendie et de systèmes d'extinction pour veiller à ce que les risques d'incendie associés aux locaux où se trouvent de hauts niveaux d'énergie électrique soient évalués convenablement, et que les dispositions de la Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS) traitant de la protection structurale contre l'incendie et des systèmes fixes d'extinction soient considérées.

M05-01

---

<sup>26</sup>

FP 46/11/1

## 4.3 Préoccupations liées à la sécurité

### 4.3.1 Normes de compétence internationales pour les officiers électriciens

Durant les événements menant à la défaillance du disjoncteur principal à bord du *Statendam*, aucun des officiers mécaniciens principaux et officiers électriciens n'a fait preuve de grandes connaissances ou d'expertise particulière à l'égard du diagnostic des problèmes survenant dans les installations de propulsion de moyenne tension. Au moment de l'accident, ni les mécaniciens ni les électriciens n'avaient reçu de la formation sur les systèmes de production, de distribution et d'utilisation de l'électricité.

Les navires comptent de plus en plus sur des systèmes électriques et électroniques. L'adoption de cette technologie a élargi la portée des tâches à accomplir, ce qui a tendance à éprouver la capacité des mécaniciens maritimes à être des spécialistes des disciplines tant mécaniques qu'électrotechniques. Les mécaniciens maritimes formés et brevetés en fonction des normes de la Convention STCW 95<sup>27</sup> possèdent de prime abord une compétence en électrotechnologie. Cependant, les installations électriques complexes des navires modernes exigent une formation spécialisée pour les mécaniciens dont la formation et l'expérience se limitent aux navires conventionnels ou plus vieux. Le reconnaissant et bien qu'elles n'y soient pas tenues en vertu de la réglementation sur l'armement en hommes en vue de la sécurité de nombreuses administrations des États du pavillon, de nombreuses compagnies choisissent souvent d'employer des officiers électriciens spécialisés. Une telle distribution du travail permet aux mécaniciens comme aux électriciens de se concentrer sur leur propre domaine de spécialisation, de sorte que les officiers électriciens sont devenus des membres importants de l'équipage des navires. L'industrie des croisières se développe rapidement et de plus en plus de grands navires à propulsion électrique sont construits, ce qui exige un nombre croissant d'officiers formés en électrotechnologie.

Sur les grands navires à passagers, le personnel médical (médecins, infirmiers, infirmières) et les officiers électriciens sont les seuls membres d'équipage professionnels qui ne sont pas tenus de détenir un brevet en vertu de la Convention STCW 95. Reconnaisant le rôle joué par le personnel médical à bord du navire, le groupe de travail sur la sécurité des grands navires à passagers a recommandé au CSM 79 de l'OMI que les propriétaires et les exploitants de navires à passagers fixent des normes médicales, y compris pour les médecins, fondées sur des lignes directrices et des normes acceptables à l'administration de l'État du pavillon ou publiées par une organisation reconnue à l'échelle internationale. Pour normaliser l'expérience médicale et l'agrément des médecins à bord des navires, les membres de l'International Council of Cruise Lines ont convenu d'adopter les lignes directrices de l'American College of Emergency Physicians.

---

<sup>27</sup>

Convention internationale de 1978 sur les normes de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille, telle que modifiée en 1995.

Le poste d'officier électricien ne fait l'objet d'aucune norme minimale internationale acceptée en ce qui concerne la formation, l'expertise ou l'agrément. Le Bureau se préoccupe du fait que, malgré le rôle important qu'ils jouent au plan de la sécurité de l'exploitation des navires modernes et par conséquent de la sécurité des passagers et des membres d'équipage, ni l'OMI ni le milieu international de la navigation n'a établi de normes de compétence ou de connaissances pour ces officiers électriciens. Un exemplaire du présent rapport sera présenté à l'OMI pour qu'elle puisse le prendre en considération.

*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 17 février 2005.*

*Visitez le site Web du BST ([www.bst.gc.ca](http://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 – Caractéristiques électriques du disjoncteur principal*

1. Tension nominale – 12 kV
2. Courant nominal – 1,25 kA
3. Pouvoir de coupure (à 12 kV) – 12,5 kA
4. Courant de courte durée admissible assigné (3 s) – 14,5 kA

Les relais de protection suivants sont branchés au relais de déclenchement et de coupure du disjoncteur principal :

1. Protection différentielle de génératrice
2. Protection de température excessive
3. Thermographie et déclenchement de surintensité temporisé
4. Protection de surintensité à retenue de tension
5. Relais de courant inverse
6. Relais de perte d'excitation
7. Relais de surtension et de défaut de terre
8. Relais de surtension CA
9. Relais de défaut de terre directionnel
10. Régulateur de tension automatique

Caractéristiques électriques du disjoncteur de couplage :

1. Tension nominale – 12 kV
2. Courant nominal – 3,15 kA
3. Pouvoir de coupure (à 12 kV) – 31,5 kA
4. Courant de courte durée admissible assigné (3 s) – 31,5 kA

Les relais de protection suivants sont branchés au relais de déclenchement et de coupure du disjoncteur de couplage :

1. Relais de surtension CA
2. Protection de surintensité à retenue de tension



*Annexe B – Allure et puissance du Statendam*

ALLURE en noeuds (kn)	PUISSANCE CONSOMMÉE (en kW)  80 %	PUISSANCE DISPONIBLE (en kW)  100 %	12 CYLINDRES	8 CYLINDRES
21,5	26 680	33 350	2	3
19,6	22 240	27 800	2	2
19,0	20 000	25 000	1	3
17,5	17 800	22 250	2	1
17,0	15 560	19 450	1	2
13,5	11 120	13 900	1	1

**Services hôteliers : 3,6 MW**



## Annexe C – Figures et photos

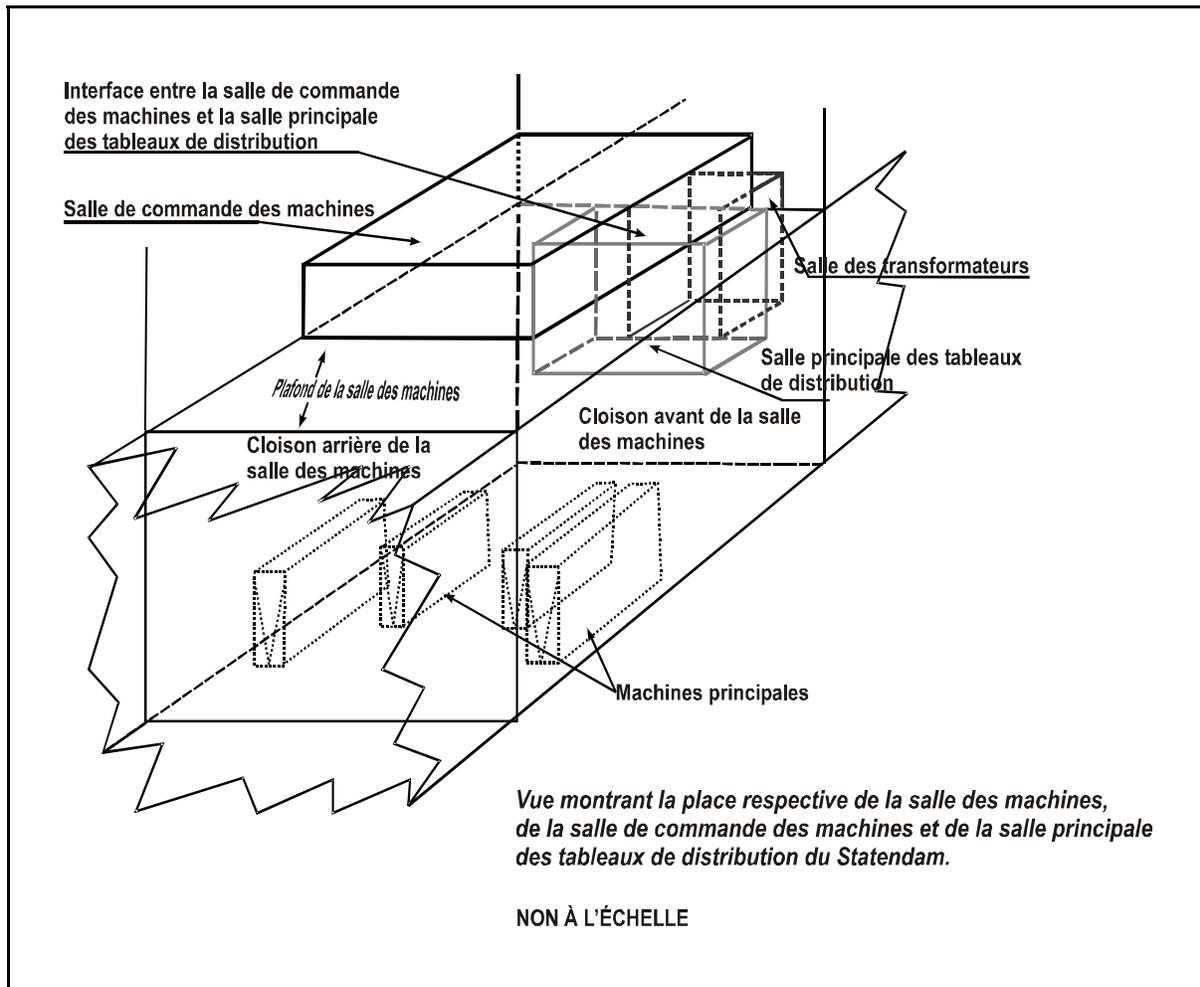
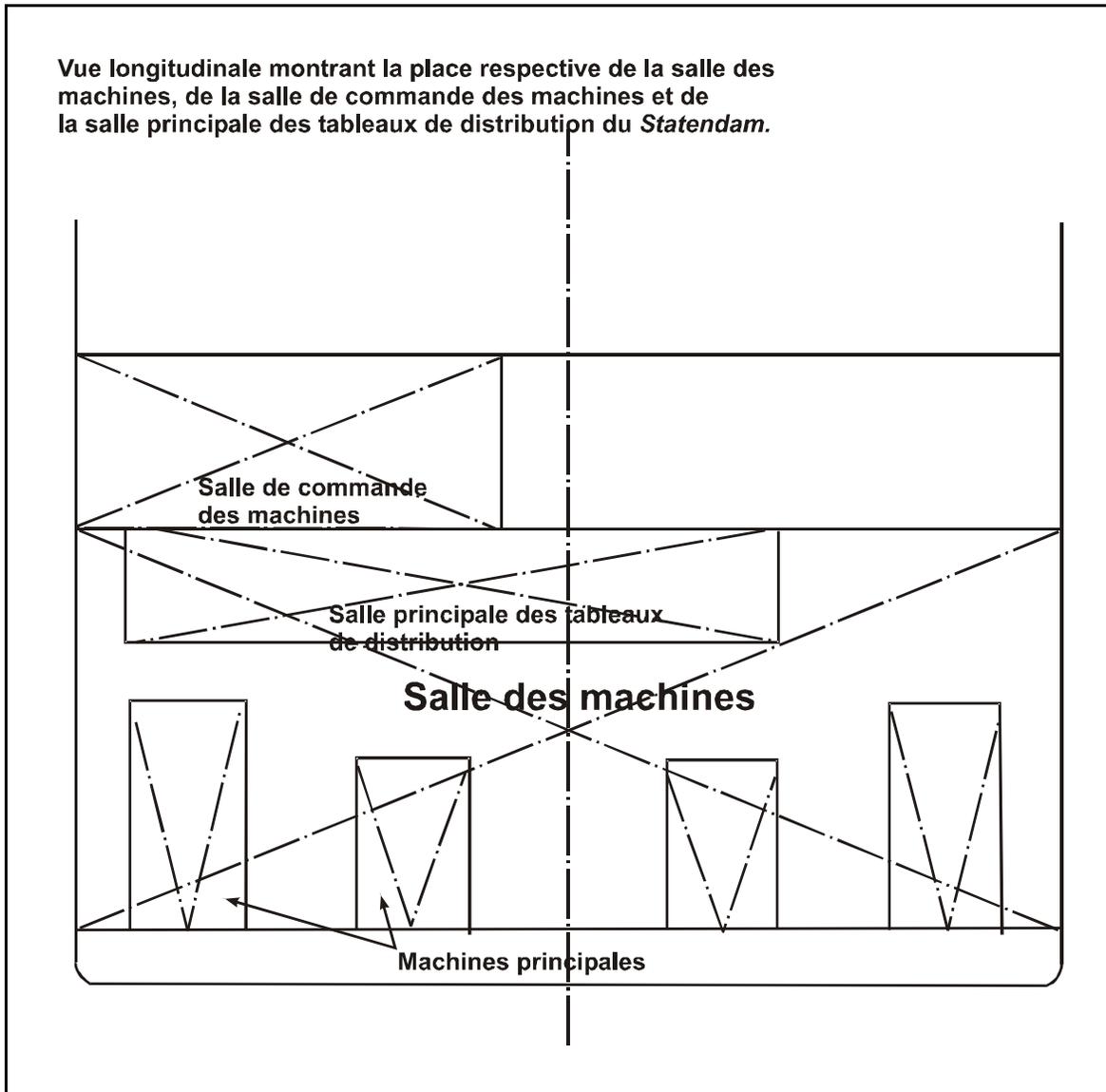


Figure 3. Disposition des locaux



**Figure 4.** Vue en coupe (non à l'échelle)



**Photo 1.** Vue du disjoncteur et des consoles des relais du GED 2. Les consoles du GED 1 et du disjoncteur de couplage se trouvent de part et d'autre.



**Photo 2.** Vue du câblage brûlé au-dessus du pont de la salle de commande des machines (noter l'effet de la chaleur sur les tubes en cuivre)



**Photo 3.** Vue du plafond au-dessus du tableau de distribution principal

## *Annexe D – Sigles et abréviations*

BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CA	courant alternatif
CO <sub>2</sub>	dioxyde de carbone
Code ISM	Code international de gestion pour la sécurité de l'exploitation des navires et la prévention de la pollution
Code STCW	Code de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille
Convention SOLAS	Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer
Convention STCW	Convention internationale de 1978 sur les normes de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille, telle que modifiée en 1995
CSM	Comité de la sécurité maritime
FP	sous-comité de la prévention de l'incendie
GED	groupe électrogène diesel
kA	kiloampère
kn	noeud
kPa	kilopascal
kV	kilovolt
kW	kilowatt
m	mètre
min	minute
mm	millimètre
MW	mégawatt
NO <sub>x</sub>	oxydes d'azote
OMI	Organisation maritime internationale
s	seconde
SCTM	Services de communications et de trafic maritimes
SF <sub>6</sub>	hexachlorure de soufre
SO <sub>x</sub>	oxydes de soufre
SPTD	salle principale des tableaux de distribution
V	volt
°C	degré Celsius