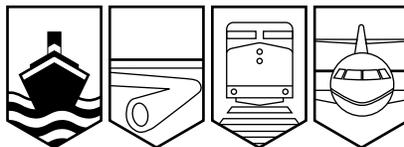


Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE MARITIME
M02W0061



**DÉFECTUOSITÉ DU SYSTÈME DE COMMANDE
AUTOMATIQUE DE L'ORIENTATION DES PROPULSEURS EN L**

TRAVERSIER ROULIER À PASSAGERS

BOWEN QUEEN

ÎLE GABRIOLA (COLOMBIE-BRITANNIQUE)

LE 13 AVRIL 2002

Canada

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet accident 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

Défectuosité du système de commande automatique de l'orientation des propulseurs en L

Traversier roulier à passagers *Bowen Queen*

Île Gabriola (Colombie-Britannique)
13 avril 2002

Rapport numéro M02W0061

Résumé

Vers 18 h 20, alors qu'il débarquait des voitures sur l'île Gabriola, le *Bowen Queen* s'est brusquement écarté du quai et la rampe d'embarquement des véhicules du débarcadère s'est affaissée sous le niveau du pont des véhicules. Il y avait un espace libre d'environ quatre mètres entre le traversier et la rampe, mais l'équipage de pont a agi avec célérité pour arrêter le débarquement des véhicules. Il n'y a pas eu de blessés.

This report is also available in English.

Renseignements de base

Fiche technique du bâtiment

<i>Bowen Queen</i>	
Numéro officiel	323854
Port d'immatriculation	Victoria (C.-B.)
Pavillon	Canadien
Type	Traversier roulier à passagers amphidrome ¹
Jauge brute ²	1476 tonneaux
Longueur	84,96 m
Tirant d'eau	Av. : 3,3 m Arr. : 3,3 m
Construction	1965 - Victoria (C.-B.)
Propulsion	4 diesels Caterpillar de 900 BHP chacun, entraînant 4 propulseurs en L orientables en azimut
Système de commande automatique de la direction	Mechtronics Technology Inc., Richmond (C.-B.)
Cargaison	Voitures et passagers
Équipage	7 personnes
Passagers	83
Propriétaire/gérant	BC Ferry Corporation, Victoria (C.-B.)

Description du bâtiment

Le *Bowen Queen* est un traversier côtier mixte amphidrome conçu pour transporter 70 voitures sur le pont principal et 387 passagers-piétons sur les deux ponts supérieurs (voir la figure 1). La propulsion et la direction sont fournies par quatre propulseurs en L, un à chaque coin de la coque. Les propulseurs en L sont orientables en azimut, sur 360°, et sont mus indépendamment par des moteurs diesels unidirectionnels, via des coupleurs hydrauliques. Ils peuvent être commandés directement de deux postes, soit de la timonerie ou de la salle des machines. En service régulier, ils sont commandés de la timonerie.

¹ Traversier roulier mixte

² Les unités de mesure dans le présent rapport sont conformes aux normes de l'Organisation maritime internationale (OMI) ou, à défaut de telles normes, elles sont exprimées selon le Système international (SI) d'unités.



Figure 1. Vue aérienne du navire où on peut voir la timonerie, le pont des véhicules et la configuration du bâtiment amphidrome

Il y a deux pupitres de commande placés de part et d'autre de la timonerie qui dominent chacun une moitié du pont des véhicules. C'est un commutateur de « transfert » qui détermine lequel devient le poste de commande « actif ». Il y a, sur chaque pupitre, deux manettes de commande; chacune commande une paire de propulseurs (voir la figure 4). Comme il s'agit d'un bâtiment amphidrome, l'un ou l'autre des pupitres peut être utilisé indifféremment pour la manoeuvre.

Description des systèmes de commande de la direction

La direction du navire est assurée en faisant pivoter les propulseurs en L afin de les orienter dans la direction voulue. Ce mouvement de pivot est imprimé par un engrenage et un moteur hydraulique mus par une pompe hydraulique attelée. Le sens du pivotement du propulseur en L est déterminé par un clapet régulateur « à action proportionnelle » sur réception d'un signal de la manette de commande placée dans la timonerie.

Le système de propulsion et de direction du navire peut être utilisé en mode automatique ou en mode manuel. Le mode manuel est essentiellement un dispositif de secours.

Dispositif de commande automatique des propulseurs en L

La manette de commande permet de manipuler la commande des gaz, d'embrayer ou de débrayer ou de faire pivoter une paire de propulseurs en L sur 360° dans le plan horizontal. En poussant la manette vers l'avant, on augmente le régime des machines et de ce fait, la vitesse de rotation des hélices; en la déplaçant verticalement vers le haut, on débraye les hélices; en tournant la manette, on fait tourner les pieds des propulseurs.

Un engrenage transmet ces mouvements à des transducteurs qui le communiquent à des dispositifs automatiques de commande des gaz, d'embrayage et de commande de la direction. Un commutateur de transfert détermine le poste de commande de la timonerie qui devient actif.

Le dispositif de commande automatique de la direction renferme des cartes de circuits imprimés (CCI) d'« alimentation », de « servocommande » et de « commande de processus de direction positif » qui modulent et convertissent les signaux d'entrée en signaux de sortie, lesquels commandent les clapets régulateurs hydrauliques à action proportionnelle. Ces clapets régulateurs font ensuite pivoter les propulseurs en L dans la direction voulue.

Un transmetteur de réaction est intégré dans le processus de commande. Il renvoie de l'information sur la position à la carte de servocommande, laquelle compare les signaux et génère des signaux d'erreur, le cas échéant. Ainsi, le processus de commande est du type « à boucle fermée ».

Mode de direction « manuel » ou au moyen du bouton à-coup

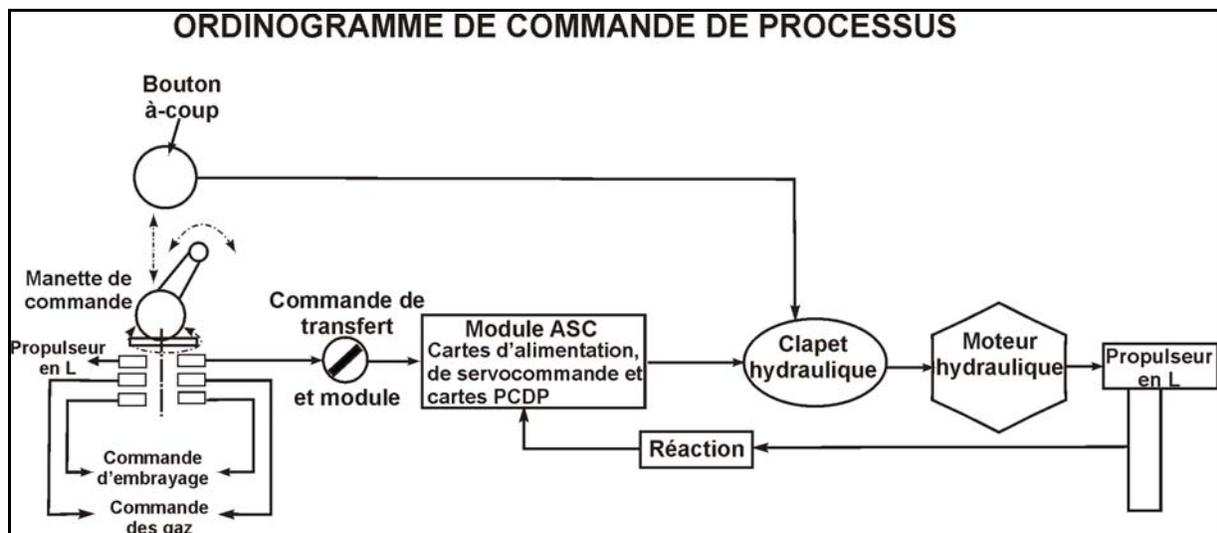


Figure 2. Ordinoگرامme de commande de processus

Dans ce mode, le dispositif de commande automatique de la direction est placé en dérivation et le clapet hydraulique est directement commandé par le bouton à-coup (voir la figure 2). Chaque propulseur en L a son propre bouton à-coup et celui-ci comporte trois positions (la position centrale étant le point « zéro » ou point mort, tandis que les positions situées de chaque côté du centre font tourner le propulseur dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens

contraire). Cette rotation se poursuit tant que le bouton est maintenu dans la même position. Celui-ci est muni d'un ressort de rappel qui le ramène en plein centre, au point mort, quand on le relâche, ce qui interrompt la rotation du propulseur.

Système d'alarme

Le système de commande de direction est muni, dans la salle des machines et dans la timonerie, d'avertisseurs audiovisuels qui donnent l'alerte en cas de panne de l'alimentation, des machines motrices, des pompes hydrauliques ou des moteurs.

Description d'une manoeuvre d'accostage et d'appareillage typique

La traversée est normalement accomplie à la pleine vitesse commerciale, alors que les quatre propulseurs en L sont en mode de poussée « avant ». En arrivant au quai, on ralentit progressivement l'allure du navire et on le dirige vers le « V » que forment les musoirs du quai. On fait ensuite pivoter les deux propulseurs avant de façon à orienter la poussée propulsive en sens contraire, en « marche arrière ». Cela a pour effet de freiner le déplacement du navire pour qu'il vienne s'appuyer doucement contre les défenses du quai. On augmente légèrement le régime des deux propulseurs arrière afin de conserver une poussée qui maintient le navire contre le quai, puis on fait repivoter les deux propulseurs avant pour ramener la poussée propulsive en « marche avant ».

Lorsque tous les propulseurs fournissent une poussée propulsive en « marche avant » et que l'officier responsable de la timonerie (OQ) est certain que la situation s'est stabilisée, il fait signe à l'« officier responsable du débarquement » d'être paré au débarquement. L'abaissement de la rampe du débarcadère sur le pont des véhicules est télécommandé, le navire est amarré au quai et le grillage protecteur du pont est enlevé. Les passagers-piétons sont les premiers à débarquer, suivis des véhicules. Le navire embarque ensuite son chargement pour le voyage de retour.

Dès réception de la confirmation que le chargement est terminé, que la rampe du débarcadère est relevée et que les amarres sont larguées, l'OQ transfère la commande des propulseurs à l'autre pupitre de commande de la timonerie pour l'appareillage. On imprime ensuite simultanément une rotation aux deux manettes afin que les quatre propulseurs pivotent ensemble sur 180°; la poussée des propulseurs fait alors avancer le navire dans sa nouvelle direction et le traversier s'éloigne du quai.

Récit des événements

Le *Quinsam* est le traversier de la BC Ferry Corporation qui fait ordinairement la navette entre l'île Gabriola et Nanaimo (C.-B.). Le 4 février 2002, le bâtiment a été retiré du service pour cause de grand carénage et il a été remplacé par le *Bowen Queen*. Après une période de familiarisation, l'équipage régulier du *Quinsam* a commencé à utiliser le *Bowen Queen* le 4 février.

Vers 17 h 55 le 13 avril 2002, le *Bowen Queen* quitte le port de Nanaimo pour la traversée régulière vers Descanso Bay sur l'île Gabriola. La traversée se déroule sans incident et le traversier arrive à Descanso Bay à 18 h 20. Pour la prise de poste au quai, le capitaine oriente les quatre propulseurs pour qu'ils « poussent » vers le quai, la rampe du débarcadère est abaissée et le débarquement des passagers-piétons et des véhicules débute.



Figure 3. Vue du pont des véhicules et d'une opération de chargement alors que le traversier est appuyé contre les musoirs du quai

Après l'accostage, le capitaine est seul dans la timonerie, à travailler sur la table des cartes, lorsque le second arrive sur la passerelle pour le relever. Il s'assure que les manettes du pupitre de commande « actif » et du pupitre de commande « inactif » sont dans la même position angulaire, après quoi, le second se dirige vers la table des cartes; le capitaine, pour sa part, commence à descendre l'escalier de la timonerie.

Le second remarque alors que le navire cule. Il alerte le capitaine qui court immédiatement au pupitre de commande « actif » pour constater que le traversier, qui se trouve désormais à 4 m du quai, a commencé à s'en rapprocher bien que personne n'ait modifié le réglage des commandes.

Le mouvement de culée du traversier casse les amarres et provoque la chute de la rampe du débarcadère sous le niveau du pont des véhicules. Trois véhicules automobiles ont été débarqués et un quatrième se trouve sur la rampe lorsque le navire commence à s'éloigner du quai. Le matelot responsable du pont des embarcations crie au conducteur du quatrième véhicule d'accélérer, et celui-ci réussit à quitter la rampe. Le déchargement est stoppé. Grâce à la vigilance et à la promptitude d'action du matelot, il n'y a pas eu de victimes.

Pendant ce temps, dans la timonerie, le capitaine débraye les quatre propulseurs, fait pivoter les deux unités avant pour fournir une poussée de freinage, puis les embraye à nouveau. Le navire s'est éloigné de la rampe et n'est pas entré en contact avec celle-ci. On l'éloigne à 30 m du quai pour tester les quatre propulseurs en L afin de trouver la cause de la panne. Comme on ne trouve rien, le traversier est retourné à son poste d'accostage pour y décharger sans autres incidents les voitures restées à bord.



Figure 4 Vue du pupitre de commande montrant les manettes de commande, les boutons à-coup, les indications d'angle de gouvernail, etc.

Les pouvoirs publics terrestres sont avertis de l'incident et, pendant que le navire est à quai, l'équipage procède à des essais complets des propulseurs ainsi que de leurs dispositifs de commande hydrauliques et électroniques afin de tenter de découvrir la cause du problème. Aucune anomalie n'est décelée et le navire reprend son service normal.

Il a été estimé que le *Bowen Queen* avait débarqué des passagers et des voitures pendant environ 4 minutes avant qu'il ne commence à culer et qu'il a fallu de 10 à 15 secondes environ au navire pour s'écarter du quai et s'en rapprocher à nouveau. Il a aussi été rapporté que le départ soudain du navire du quai a été plus rapide que pendant une manoeuvre d'appareillage « contrôlée » et que le navire s'est d'abord déplacé latéralement et s'est appuyé contre le musoir de bâbord.

Certificats du navire, brevets et certificats de l'équipage

Le *Bowen Queen* avait les certificats, l'équipement et l'armement en personnel requis par les règlements. De plus, la BC Ferry Corporation et le traversier possédaient des certificats valides délivrés en conformité avec les exigences du Code international de gestion de la sécurité (ISM).

Analyse

Système de commande automatique de la direction

Chaque propulseur en L possède son propre ensemble de cartes de circuits imprimés (CCI) et de transducteurs; chaque boîtier de commande (manette) contrôle deux propulseurs en L. Cependant, les deux propulseurs sont totalement isolés l'un de l'autre, tant sur les plans électrique que mécanique. Les seuls points communs sont la manette de commande ainsi que les engrenages moteurs principaux, les cames et les arbres qui y sont intégrés.

Même si la raison pour laquelle le traversier s'est écarté du quai avant d'y revenir brusquement demeure indéterminée, il y a plusieurs cas connus d'irrégularité de comportement du système de commande automatique de la direction³. Selon les témoignages des équipages des navires de la BC Ferry Corporation munis de propulseurs en L et de systèmes de commande de la direction analogues, les neufs navires possèdent des antécédents similaires à cet égard.

Il semblerait que ces propulseurs en L sont susceptibles de pivoter brusquement et à l'improviste, de façon spontanée, sans signal de commande. Il arrive que le propulseur pivote sur 360° et s'immobilise de lui-même, bien que la plupart du temps il continue de tourner jusqu'à ce que la machine soit coupée. On a relevé de nombreux cas où un pied de propulseur a tourné sans avertissement. Bien qu'il y ait eu des cas où deux propulseurs en L ont tourné ensemble sans raison, il s'agit d'un phénomène relativement peu fréquent.

Une telle rotation peut avoir pour effet de faire dévier de sa route un navire en marche. L'effet sur un navire à quai dépendrait du nombre de pieds de propulseur qui tourneraient. La rotation d'un seul pied ne provoquerait que le déplacement latéral du traversier - la poussée avant nette serait toujours supérieure à celle fournie par le pied ayant tourné et le traversier continuerait de serrer le quai.

La rotation simultanée de deux pieds de propulseur aurait un effet dynamique et variable selon la variation de la différence angulaire entre les paires de pieds de propulseur avant et arrière. L'effet serait aussi fonction de la poussée générée à chaque arbre porte-hélice ainsi que de la lame en retour formée par le ricochet sur les musoirs du quai.

On a ultérieurement procédé à des expériences alors que le *Bowen Queen* était aligné dans le poste à quai et que la poussée des quatre propulseurs s'exerçait vers celui-ci. On a fait tourner séparément les paires de pieds de propulseur avant et arrière et, aux deux occasions, on a constaté que le navire était sorti du poste à quai. La rotation des propulseurs avant a provoqué sa sortie en ligne droite; par ailleurs, la rotation des propulseurs arrière a d'abord provoqué son déplacement latéral, créant une poussée contre le côté du quai flottant.

³ On relève, dans la base de données de la BC Ferry Corporation, 10 cas d'irrégularités des systèmes de commande depuis 1998 sur les 9 navires équipés de tels systèmes.

Système d'alarme

Le système d'alarme se déclenche en cas de défectuosité ou de panne du circuit d'alimentation et du circuit hydraulique. Cependant, il n'y a pas d'avertisseur audiovisuel qui pourrait donner l'alerte en cas d'écart soudain entre le signal envoyé par la manette de commande (valeur commandée) et la position effective du pied du propulseur (valeur mesurée). Un « veilleur » posté sur la passerelle aurait été averti d'une telle rotation, en constatant les effets sur le cap du navire ou en regardant l'indicateur d'angle du propulseur.

Système de gestion de la sécurité

Un bon système de gestion de la sécurité (SGS) doit comprendre une procédure de signalement aux propriétaires et exploitants de navires des accidents, des cas de non-conformité et des accidents évités de justesse; ces situations doivent être examinées et analysées dans le but d'améliorer la sécurité. De plus, une marche à suivre doit être établie pour mettre en place les mesures de sécurité qui s'imposent.

La BC Ferry Corporation possède neuf navires munis de propulseurs en L et de dispositifs de commande automatique analogues, tous provenant du même fabricant et ayant des antécédents comparables d'irrégularités occasionnelles de comportement. Ces défectuosités ont différentes causes et peuvent être attribuables à diverses raisons : perturbations du signal de réaction, défaillance de l'armure des câbles, défectuosité des transducteurs, défauts du circuit hydraulique, mauvaise isolation et mise à la terre inadéquate lorsqu'on a fait de la soudure, CCI défectueuses, etc.

Selon les témoignages recueillis du personnel de la BC Ferry Corporation et des représentants des fabricants, les CCI défectueuses sont les plus fréquentes causes de mauvais fonctionnement des propulseurs en L. Les fabricants des CCI admettent que le rendement de celles-ci diminue avec le temps et recommandent de les remplacer au bout d'une dizaine d'années. La plupart des CCI ont de 15 à 20 ans, mais certaines sont plus récentes et jusqu'à très récemment, elles ne portaient pas de numéro d'identification ou de série. Il est donc impossible de connaître l'âge, ou les antécédents, de la plupart des cartes.

Le système de gestion de la sécurité exige la mise en place d'un système d'entretien planifié et l'analyse des défectuosités en vue d'optimiser le rendement et d'éliminer les défaillances. Au moment de l'enquête, ni la BC Ferry Corporation ni le fabricant des CCI n'avaient mis en place un tel système, et aucun suivi des tendances n'est fait concernant les défectuosités. Les cartes défectueuses sont souvent retournées au fabricant par l'entremise d'un poste central de réception et de répartition, sans qu'il soit possible de savoir de quel navire elles proviennent. Très souvent, elles ne sont même pas accompagnées d'une description du défaut qui a nécessité le remplacement et la réparation subséquente.

Quand un équipage est incapable de rectifier une anomalie de fonctionnement d'un propulseur en L, on demande au fabricant d'exécuter la réparation. Il est très rare qu'un compte rendu du travail effectué soit envoyé au bureau du surintendant de la mécanique ou encore au capitaine ou au chef mécanicien du navire. Pour qu'un SGS soit efficace, il faut que les réparations de tous les équipements essentiels soient bien documentées et que les documents en question puissent être facilement consultés par les équipages actuels et futurs du navire.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. À cause du pivotement soudain de la paire de propulseurs avant ou arrière, le traversier s'est écarté du quai avant d'y revenir.
2. Bien que la cause de la défectuosité des propulseurs n'ait pas été déterminée avec certitude, les informations dont on dispose semblent indiquer qu'il s'agit de cartes de circuits imprimés défectueuses dans les dispositifs de commande automatique.

Faits établis quant aux risques

1. Il n'y a pas d'avertisseur audiovisuel qui permettrait d'être alerté rapidement en cas d'écart soudain entre le signal de commande transmis par la manette (valeur commandée) et la position effective du pied de propulseur (valeur mesurée).
2. Neuf traversiers de la BC Ferry Corporation sont munis de propulseurs en L ainsi que de systèmes de commande automatique analogues provenant du même fabricant et tous les propulseurs en L de ces bâtiments ont des antécédents similaires d'irrégularités occasionnelles de comportement.
3. À l'époque où l'événement est survenu, les systèmes de gestion de la sécurité des navires de la BC Ferry Corporation n'exigeaient pas que les cartes de circuits imprimés soient identifiées individuellement par des numéros de série ou que les réparations qu'elles subissaient soient documentées.
4. À l'époque où l'événement s'est produit, ni la BC Ferry Corporation ni les fabricants des dispositifs automatiques de commande n'avaient de système d'entretien programmé prévoyant le remplacement des cartes de circuits imprimés.

Mesures de sécurité

Mesures prises

1. Les réparations du système de commande du *Bowen Queen* ont été achevées pendant un passage en cale sèche pour des radoubs en septembre 2002.
2. La BC Ferry Corporation et les fabricants du système de commande automatique de la direction travaillent actuellement à préparer pour les CCI un calendrier d'entretien programmé « selon la durée d'utilisation ». Les éléments qui se détériorent avec le temps ont été identifiés et seront remplacés quand ils atteindront la fin de leur durée utile (Voir l'annexe 1). On prévoit mettre le système en oeuvre à bord du *Bowen Queen* et des huit autres navires qui partagent des composants du système d'ici juillet 2003.

3. Les fabricants du système de commande automatique de la direction tiennent un « carnet des réparations ». Les CCI reçoivent des numéros d'identification et on tient un registre des déficiences constatées et des réparations effectuées. Des exemplaires de ce carnet sont aussi conservés à bord des navires ainsi que dans le bureau du surintendant de la mécanique de la BC Ferry Corporation.
4. Toutes les déficiences et tous les problèmes relevés concernant les systèmes de commande de la direction des neuf navires seront documentés et un suivi sera fait.
5. Afin d'assurer l'intégrité des dispositifs de commande automatique, les fabricants du système de commande automatique de la direction ont procédé à une inspection minutieuse de tout le système ainsi que de ses éléments à bord des neuf bâtiments. En outre, la direction de la BC Ferry Corporation a chargé des ingénieurs-conseils indépendants d'entreprendre un examen distinct. Leur mandat est de déterminer s'il existe des problèmes systémiques et de voir quelles autres mesures pourraient améliorer la sécurité.

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 décembre 2002.

ANNEXE 1 - ENTRETIEN PLANIFIÉ DES CARTES À MICROCIRCUITS

Calendrier d'entretien recommandé

Carte d'alimentation

Condensateur de puissance	:	Remplacer aux cinq ans
Régulateur de tension	:	Remplacer aux cinq ans
Transistor de commutation de courant	:	Remplacer aux cinq ans

Carte de servocommande

Transistor de puissance	:	Remplacer aux cinq ans
-------------------------	---	-------------------------------

Carte PCDP

Condensateurs	:	Remplacer aux cinq ans
---------------	---	-------------------------------

Carte contrôleur de transfert

Relais de transfert	:	Remplacer aux cinq ans
Condensateurs	:	Remplacer aux cinq ans

Carte-mère du système

Transformateur de commutation	:	Toutes les 50 000 heures ou tous les 10 ans , selon la première éventualité
Condensateur	:	Toutes les 50 000 heures ou tous les 10 ans
Connecteur latéral	:	Tous les 10 ans