

RAPPORT MODIFIÉ

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR ACCIDENT AÉRONAUTIQUE

DÉFAILLANCE DE GOUVERNE

**PACIFIC COASTAL AIRLINES
DE HAVILLAND DHC-6-100 TWIN OTTER C-FDMR
56 nm au nord de PORT HARDY (COLOMBIE-BRITANNIQUE)
17 SEPTEMBRE 1994**

RAPPORT NUMÉRO A94P0215

MISSION DU BST

La Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports établit les paramètres légaux qui régissent les activités du BST. La mission du BST consiste essentiellement à promouvoir la sécurité du transport maritime, par productoduc, ferroviaire et aérien:

- en procédant à des enquêtes indépendantes et, au besoin, à des enquêtes publiques sur les événements de transport, afin d'en dégager les causes et les facteurs;
- en publiant des rapports rendant compte de ses enquêtes, publiques ou non, et en présentant les conclusions qu'il en tire;
- en constatant les manquements à la sécurité mis en évidence par de tels accidents;
- en formulant des recommandations sur les moyens d'éliminer ou de réduire ces manquements;
- en menant des enquêtes et des études spéciales en matière de sécurité des transports.

Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales. Ses conclusions doivent toutefois être complètes, quelles que soient les inférences qu'on puisse en tirer à cet égard.

INDÉPENDANCE

Pour que le public puisse faire confiance au processus d'enquête sur les accidents de transport, il est essentiel que l'organisme d'enquête soit indépendant et libre de tout conflit d'intérêt et qu'il soit perçu comme tel lorsqu'il mène des enquêtes sur les accidents, constate des manquements à la sécurité et formule des recommandations en matière de sécurité. La principale caractéristique du BST est son indépendance. Il relève du Parlement par l'entremise du président du Conseil privé de la Reine pour le Canada et il est indépendant de tout autre ministère ou organisme gouvernemental. Cette indépendance assure l'objectivité de ses conclusions et recommandations.



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 modifié

Rapport d'enquête sur accident aéronautique

Défaillance de gouverne

Pacific Coastal Airlines
de Havilland DHC-6-100 Twin Otter C-FDMR
56 nm au nord de Port Hardy
(Colombie-Britannique)
17 septembre 1994

Rapport numéro A94P0215

Résumé

Deux pilotes et deux passagers sont partis d'un camp de bûcherons, situé à Fish Egg Inlet (Colombie-Britannique), à bord d'un de Havilland DHC-6-100 sur flotteurs pour effectuer un vol d'affrètement à destination de la baie Pruth, située à 16 milles marins de là. Alors que l'hydravion se trouvait à 100 pieds-sol en montée, un câble de commande de la gouverne de profondeur s'est rompu. L'hydravion s'est cabré, a décroché et a plongé dans l'eau. Le commandant de bord, malgré ses blessures graves, a réussi à sortir de l'épave qui coulait; le copilote et les deux passagers se sont noyés. L'hydravion a été détruit par le choc et a coulé.

Le Bureau a déterminé que le câble d'abaissement de la gouverne de profondeur s'est rompu à la référence 376 sous l'effet de la corrosion, ce qui a provoqué une perte de maîtrise. La corrosion n'avait pas été décelée par le personnel de maintenance lors de la dernière inspection des câbles de l'hydravion.

This report is also available in English.

Table des matières

	Page
1.0 Renseignements de base	1
1.1 Déroulement du vol	1
1.2 Victimes	2
1.3 Dommages à l'aéronef	2
1.4 Autres dommages	2
1.5 Renseignements sur le personnel	3
1.5.1 Le commandant de bord et le copilote	3
1.5.2 Le gestionnaire de la qualité	3
1.5.3 Le technicien d'entretien d'aéronef	4
1.6 Renseignements sur l'aéronef	4
1.7 Renseignements météorologiques	5
1.8 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	5
1.9 Renseignements médicaux	5
1.10 Questions relatives à la survie des occupants	5
1.11 Maintenance de l'hydravion	6
1.11.1 Programme d'inspection	6
1.11.2 Travaux de maintenance de l'hydravion	7
1.12 Rupture d'un câble de gouverne de profondeur	8
1.13 Vérifications de la compagnie	9
1.14 Renseignements supplémentaires	10
2.0 Analyse	11
2.1 Introduction	11
2.2 Inspection des câbles	11
2.2.1 Procédures et exigences	11
2.2.2 Rendement du personnel	11
2.3 Organisation de la maintenance à la compagnie	12
2.4 Pilotage de l'hydravion	12
3.0 Conclusions	13
3.1 Faits établis	13
3.2 Causes	14
4.0 Mesures de sécurité	15
4.1 Mesures prises	15

4.1.1	Bombardier Inc.	15
4.1.2	Transports Canada	17
5.0	Annexes	
	Annexe A - Rupture du câble	19
	Annexe B - Ruptures de câble de DHC-6	21
	Annexe C - Liste des rapports pertinents	25
	Annexe D - Sigles et abréviations	27

1.0 Renseignements de base

1.1 Déroulement du vol

L'hydravion est parti du camp de bûcherons de Fish Egg Inlet situé à 56 milles marins (nm)¹ au nord de Port Hardy (Colombie-Britannique) pour effectuer un vol de 16 nm selon les règles de vol à vue (VFR) à destination de la baie Pruth, avec à son bord le commandant de bord, le copilote et deux passagers. Il s'agissait de la deuxième étape d'un vol qui avait commencé à Port Hardy.

Le copilote était aux commandes en place gauche. Il a circulé sur une courte distance pour s'éloigner du quai avant de décoller. Le commandant de bord était en place droite.

Pendant la rentrée des volets, à 100 pieds en montée, l'avion s'est cabré brusquement et a décroché. Les pilotes n'ont pas réussi à reprendre la maîtrise de l'hydravion qui s'est écrasé dans l'eau à environ 100 pieds de la rive. L'aéronef a coulé rapidement.

Le commandant de bord a été grièvement blessé, mais il a réussi à sortir de l'épave et à nager jusqu'à la rive. Le copilote et les deux passagers sont restés dans l'hydravion et se sont noyés.

Comme l'hydravion n'arrivait pas à la baie Pruth, le personnel de Pacific Coastal Airlines (la compagnie) a prévenu le centre de coordination de sauvetage (RCC) et a entrepris ses propres recherches. Le jour même, vers 14 h 30, heure avancée du Pacifique (HAP)², un pilote qui participait aux recherches a vu des débris dans l'eau près du camp de bûcherons. Après avoir améri pour examiner les débris, il a aperçu le commandant de bord sur la rive, et il l'a amené à l'hôpital de Port Hardy.

L'accident s'est produit de jour vers 11 h 48 HAP, par 51° 36' de latitude Nord et 127° 41' de longitude Ouest. Seul le commandant de bord de l'hydravion a été témoin de l'accident.

¹ Voir l'annexe D pour la signification des sigles et abréviations.

² Les heures sont exprimées en HAP (temps universel coordonné [UTC] moins 7 heures), sauf indication contraire.

1.2 *Victimes*

	Équipage	Passagers	Tiers	Total
Tués	1	2	-	3
Blessés graves	1	-	-	1
Blessés légers/ indemnes	-	-	-	-
Total	2	2	-	4

1.3 *Dommmages à l'aéronef*

L'hydravion a été détruit par le choc et est resté dans l'eau de mer pendant plus de 24 heures.

1.4 *Autres dommages*

Aucun.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Le commandant de bord et le copilote

	Commandant de bord	Copilote
Âge	42 ans	29 ans
Licence	pilote professionnel	pilote professionnel
Date d'expiration du certificat de validation	1er mars 1995	1er octobre 1995
Nombre d'heures de vol	11 725	2 500
Nombre d'heures de vol sur type en cause	4 000	150
Nombre d'heures de vol dans les 90 derniers jours	125	120
Nombre d'heures de vol sur type en cause dans les 90 derniers jours	115	90
Nombre d'heures de service avant l'événement	4	4
Nombre d'heures libres avant la prise de service	15	15

Le commandant de bord et le copilote possédaient les licences et les qualifications nécessaires au vol et en vertu de la réglementation en vigueur.

1.5.2 Le gestionnaire de la qualité

Le gestionnaire de la qualité de la base de maintenance de la compagnie située à Port Hardy occupait ce poste depuis 1992. Il avait commencé sa carrière comme technicien d'entretien d'aéronef (TEA) en 1975, et il avait travaillé pour le compte de plusieurs compagnies sur de nombreux types d'aéronefs, y compris le DHC-6 en 1980.

Le manuel de contrôle de la maintenance de la compagnie stipule ce qui suit :

Le gestionnaire de la qualité relève du président pour la qualité et la conformité aux règlements relativement à tous les travaux de maintenance effectués sur les aéronefs à la base du gestionnaire de la qualité, et il relève du directeur de la maintenance pour les travaux de maintenance quotidiens. Le gestionnaire de la qualité doit s'assurer que tous les travaux effectués dans les ateliers ou sur les aéronefs sont exécutés conformément aux normes, aux pratiques et aux spécifications pertinentes; de plus, il doit s'assurer que le présent manuel et toutes les publications techniques sont modifiées au moment opportun, au besoin.

Au moment de l'accident, le gestionnaire de la qualité de la base de Port Hardy était chargé de la surveillance d'un apprenti TEA et de quatre TEA titulaires d'une licence.

1.5.3 *Le technicien d'entretien d'aéronef*

Le TEA qui a effectué l'inspection la plus récente du groupe de câbles à la référence 376 de l'hydravion occupait le poste de TEA principal à la compagnie. Au moment de l'accident, il travaillait pour cette compagnie depuis environ huit ans. Il possédait la licence et les qualifications lui permettant d'effectuer l'inspection numéro 18 dans le cadre du programme EMMA (inspection de maintenance équilibrée pour une disponibilité maximale), conformément à la réglementation en vigueur.

Il avait environ 15 ans d'expérience sur le DHC-6, y compris dans l'exécution de l'inspection numéro 18 du programme EMMA. Il avait lu les bulletins de de Havilland sur la corrosion ainsi que le bulletin consultatif technique (TAB) 680/1 portant sur les ruptures de câble de gouverne de profondeur, lorsque ces bulletins sont arrivés. Toutefois, il ne se souvenait pas très bien du contenu de ces bulletins.

1.6 *Renseignements sur l'aéronef*

Constructeur	de Havilland Aircraft of Canada
Type	DHC-6-100
Année de construction	1967
Numéro de série	36
Certificat de navigabilité	valide
Type de moteur (nombre)	PT6(A)-20 (2)
Masse maximale autorisée au décollage	11 600 lb
Types de carburant recommandés	Jet A, Jet A-1, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet A-1

On a estimé que la masse et le centrage de l'hydravion étaient dans les limites prescrites.

L'hydravion était certifié et équipé conformément à la réglementation en vigueur.

1.7 *Renseignements météorologiques*

Au moment du décollage de Fish Egg Inlet, la base des nuages se trouvait entre 3 000 et 4 000 pieds-sol, la visibilité était de 10 à 12 milles environ dans des averses de pluie légère, et le vent était faible. Les conditions météorologiques n'ont joué aucun rôle dans l'accident.

1.8 *Renseignements sur l'épave et sur l'impact*

Toutes les pièces de l'hydravion ont été récupérées ou retrouvées. On les a inspectées visuellement à la recherche de défauts antérieurs à l'accident, et l'inspection n'a révélé aucune défectuosité, à l'exception de la rupture du câble de la gouverne de profondeur. Toutefois, pendant la récupération de l'épave, on a constaté que la radiobalise de détresse (ELT), qui se trouvait dans le compartiment à bagages arrière, n'était pas attachée. Le boîtier de la radiobalise ne portait aucun signe de dommage permettant de penser que la radiobalise se serait détachée de sa ferrure support. Le connecteur d'antenne n'était pas endommagé et n'était pas attaché à la radiobalise. Le raccord du connecteur d'antenne au câble d'antenne et le raccord au câble d'antenne lui-même n'étaient pas endommagés.

L'antenne-ruban de la radiobalise s'était déployée, et l'interrupteur de la radiobalise était sur la position armée. L'examen du contacteur à inertie interne a permis de constater qu'il était dans la position non déclenchée.

1.9 Renseignements médicaux

Rien n'indique qu'une incapacité ou des facteurs physiologiques ou psychologiques aient pu perturber les capacités des membres de l'équipage.

1.10 Questions relatives à la survie des occupants

Le commandant de bord a subi des blessures graves au dos et à d'autres parties du corps pendant l'accident. Il a réussi tout juste à nager jusqu'à la rive. Le copilote et les passagers ont subi des blessures graves et incapacitantes à l'impact, et ils n'ont pas réussi à sortir de l'hydravion pendant qu'il coulait.

Les occupants ne portaient pas les dispositifs de flottaison disponibles, ce qui n'était pas contraire à la réglementation. L'enquête n'a pas établi si l'utilisation de dispositifs de flottaison aurait empêché les occupants de se noyer.

Tous les sièges des membres d'équipage et des passagers de l'hydravion étaient équipés de ceintures de sécurité, et les occupants avaient bouclé leurs ceintures de sécurité. Les sièges des membres d'équipage de l'hydravion étaient équipés de bretelles de sécurité, mais le commandant de bord et le copilote ne portaient pas ces dispositifs.

1.11 Maintenance de l'hydravion

1.11.1 Programme d'inspection

La section 4 du manuel de contrôle de la maintenance de la compagnie stipule notamment que tous les aéronefs doivent être entretenus conformément au programme d'inspection relatif au type d'aéronef en question. Un programme d'inspection pour le type d'aéronef en question a été approuvé par Transports Canada le 6 juin 1994. Le programme est décrit de la façon suivante :

Le DHC-6 Twin Otter doit être entretenu conformément au programme de maintenance élaboré par le constructeur, P.S.M. 1-6-7.

Le programme consiste en 48 vérifications toutes les 100 heures de vol, ce qui donne un cycle complet de 4 800 heures.

Sur chaque formulaire P.S.M. 1-6-7 (F1) figure des vérifications numérotées de 1 à 48 qui énumèrent l'inspection à effectuer.

L'aéronef doit être entretenu conformément aux dispositions du *Manuel de navigabilité*. Les inspections périodiques doivent être effectuées conformément aux normes du chapitre 571 et au présent programme d'inspection approuvé. Tous les travaux doivent être effectués conformément aux manuels de maintenance du constructeur ou à d'autres données que Transports Canada a jugées acceptables ou a approuvées.

Le programme de maintenance mis sur pied par le constructeur est le programme EMMA de de Havilland, et il est approuvé par Transports Canada. Dans ce programme, plusieurs fiches de travail

distinctes sont spécifiées pour chaque inspection des 100 heures, chacune portant sur une zone d'inspection distincte de l'aéronef.

La fiche de travail n° 18 du programme EMMA porte sur le fuselage arrière et l'empennage de l'aéronef. C'est à cet endroit que se trouve le groupe de câbles, à la référence 376. Sous la rubrique «Inspection», l'article 6 stipule ce qui suit :

... vérifier si les câbles de commande sont effilochés, si des torons sont rompus, s'ils sont aplatis, s'il y a de la corrosion, et si les tendeurs et les embouts de câble sont fixés solidement; vérifier si les gaines en plastique, le cas échéant, sont criquées et détériorées.

NOTA : Il importe d'actionner les commandes sur toute leur course de façon que les câbles se déplacent en s'éloignant des poulies; les câbles seront ainsi visibles sur toute leur longueur pendant l'inspection.

L'inspection des câbles de commande d'aéronef fait partie de presque toutes les inspections d'aéronef et, dans une grande mesure, fait partie de la catégorie qu'on appelle pratiques courantes. L'inspection des câbles de commande fait partie des tâches régulières, et tous les TEA qui sont titulaires d'une licence connaissent très bien cette tâche. De plus, le manuel de maintenance de de Havilland PSMI-6-2 renferme une section qui donne de brèves instructions générales sur l'inspection des câbles de commande.

Dans le cas du Twin Otter, seule la partie la plus arrière du groupe de poulies est visible du fuselage arrière. Le manche doit être déplacé vers l'avant et vers l'arrière par une personne placée à l'avant de l'aéronef lorsque les câbles font l'objet d'une inspection, de sorte qu'on peut voir le câble des deux côtés de la poulie.

Il faut enlever le plancher du compartiment à bagages adjacent à la référence 376 si l'on veut voir les côtés avant et arrière du groupe de poulies. La fiche de travail numéro 18 du programme EMMA ne précise pas, à la section «Préparatifs», qu'il faut enlever le panneau du plancher du compartiment à bagages qui permet d'accéder au côté avant du groupe de poulies à la référence 376. Selon les procédures du programme EMMA, l'inspection du câble doit être effectuée toutes les 800 heures dans le cas des aéronefs utilisés en exploitation normale, et toutes les 400 heures dans le cas des aéronefs qui transportent régulièrement du bétail ou des marchandises corrosives. Les câbles n'ont pas de durée de vie en service fixe.

1.11.2 Travaux de maintenance de l'hydravion

La compagnie avait pris possession de l'hydravion le 28 mai 1994 à Red Lake (Ontario), conformément à la réglementation en vigueur, et l'avait amené à Port Hardy. L'avion totalisait alors 20 667,4 heures de vol depuis sa mise en service initiale. Les documents de maintenance venant des propriétaires et des exploitants précédents n'étaient pas complets; c'est pourquoi la ou les dates de montage des câbles de commande n'ont pu être déterminées.

Les documents de maintenance établis par la compagnie après l'achat de l'hydravion étaient complets.

La compagnie avait effectué une inspection d'acceptation à Port Hardy le 6 juin 1994. Le plancher du compartiment à bagages arrière avait été enlevé et la zone avait été nettoyée sous pression; les câbles de commande avaient été lubrifiés et le plancher avait été remis en place. D'autres travaux avaient été effectués, entre autres l'extérieur de l'hydravion avait été peint et l'intérieur de la cabine et une pédale de palonnier criquée avaient été remplacées.

En outre, la zone située sous le plancher du compartiment à bagages avait été nettoyée et traitée avec une substance anticorrosion, et les vis corrodées avaient été remplacées par des vis en acier inoxydable.

Le 28 juin 1994, à 20 708 heures depuis la mise en service initiale de l'hydravion, les travaux de maintenance exigés par la fiche de travail numéro 17 du programme EMMA ont été exécutés. Il s'agissait de la première inspection EMMA dont l'hydravion faisait l'objet depuis que Pacific Coastal Airlines l'avait acheté.

Les travaux de maintenance exigés par la fiche de travail numéro 18 du programme EMMA ont été exécutés par trois TEA de la compagnie le 15 août 1994, 20 802 heures de vol après la mise en service initiale de l'hydravion alors que l'appareil était sur l'eau à la base d'hydravions de la compagnie à Port Hardy.

Le TEA qui a inspecté le fuselage arrière n'a pu se rappeler les détails de l'inspection qu'il a faite des câbles de commande situés à la référence 376. Il s'est rappelé, par contre, qu'un autre technicien avait déplacé les commandes pour lui pendant qu'il examinait les câbles et qu'il avait lubrifié les câbles avec un lubrifiant anticorrosion ordinaire. Il s'est également rappelé avoir inspecté les éjecteurs de boudin de dégivrage et inscrit le numéro de la radiobalise de détresse; ces articles se trouvent à l'arrière du fuselage arrière.

Au moment de l'accident, l'hydravion totalisait 20 870 heures de vol après sa mise en service initiale. L'accident est survenu quelque 68 heures de vol après la dernière inspection des câbles et 202,6 heures de vol après son arrivée à la base de Pacific Coastal à Port Hardy.

1.12 Rupture d'un câble de gouverne de profondeur

Le câble qui s'est rompu est le câble d'abaissement de la gouverne de profondeur (référence C6CF1146-1); il est situé entre la référence 426.75 et le secteur de la gouverne de profondeur. Le câble s'est rompu au niveau du groupe de poulies situé à la référence 376; l'extrémité effilochée du câble rompu avait écorché la peinture de la ferrure support de poulie avant que le câble ne se rompe.

Un examen microscopique du câble rompu a révélé que la section transversale de certains torons était réduite de façon importante et que la plupart des torons semblaient s'être rompus il y a assez longtemps. Les câbles avaient séjourné dans l'eau de mer pendant que l'hydravion était submergé, et tous présentaient des signes de corrosion due à l'eau de mer.

Le câble de relèvement de la gouverne de profondeur et les deux câbles de la gouverne de direction qui passaient dans le groupe de poulies situé à la référence 376 présentaient des signes de corrosion; on a découvert des torons rompus sur deux des câbles.

Le rapport technique LP 149/94 du BST indique que :

[TRADUCTION] Le câble de la gouverne de profondeur s'est rompu à la suite d'une détérioration graduelle due à la corrosion à un endroit qui touchait la poulie la plus basse d'un groupe de poulies. À mesure que la corrosion devenait plus importante, des fils et des torons ont commencé à se rompre, et l'extrémité des fils a écorché la peinture de la ferrure support avoisinante.

La contamination des éléments de preuve par l'eau de mer a empêché une évaluation objective du mécanisme de corrosion. On croit que de l'humidité s'est accumulée sur la poulie et a été le

catalyseur qui a déclenché la corrosion. Plusieurs cas semblables de rupture de câble de commande mettant en cause ce type d'aéronef ont déjà été signalés.

Des essais sur la partie non corrodée du câble ont permis de constater que cette partie satisfaisait aux spécifications du constructeur (spécification du matériau générique pour ce câble).

Le rapport ne donne pas d'estimation de la période au cours de laquelle la corrosion s'est produite.

Un câble en acier inoxydable anticorrosion pouvait être utilisé facultativement à la place du câble en acier au carbone. Les câbles en acier inoxydable sont utilisés par certains exploitants de DHC-6 et sont spécifiés par de Havilland dans certaines applications; toutefois, ils sont sujets à une usure accrue et il faut les remplacer plus fréquemment que les câbles en acier au carbone. Rien n'exigeait que l'hydravion accidenté soit équipé de câbles en acier inoxydable.

1.13 Vérifications de la compagnie

Entre 1989 et la date de l'accident, la compagnie a fait l'objet de trois vérifications de Transports Canada. En outre, pendant ce temps et à la demande de la compagnie, la Direction de la sécurité du système de Transports Canada a effectué un examen de la sécurité de la compagnie.

Une vérification effectuée en août 1989 a permis de constater que des points n'étaient pas conformes aux exigences de navigabilité. La compagnie faisait la maintenance d'hydravions basés à Port Hardy suivant une méthode qui n'était pas décrite dans son manuel de contrôle de la maintenance. En outre, la compagnie possédait des exemplaires du *Règlement de l'Air* et des Ordonnances sur la navigation aérienne qui n'étaient pas à jour.

Une vérification effectuée en 1991 a permis de constater 42 points non conformes relativement à la navigabilité. Dans une lettre qui résumait son travail, l'équipe de vérification a conclu que :

... la vérification a donné lieu à plusieurs constatations de non conformité, lesquelles indiquent que les opérations relatives aux vols et à la navigabilité ne sont pas exécutées selon une norme satisfaisante. La compagnie n'agit pas en conformité avec les politiques, les procédures et les systèmes de contrôle approuvés qui doivent guider son personnel. Les lacunes dans le contrôle opérationnel, la gestion de la maintenance et le contrôle de la qualité font que ces domaines sont inférieurs à la norme que doit respecter un titulaire de certificat d'exploitation.

... un programme d'inspection et de surveillance accrues sera mis sur pied par les inspecteurs de Transports Canada afin de contrôler les progrès de la compagnie dans ces domaines.

Par la suite, la compagnie a pris des mesures concernant tous les points non conformes.

La vérification la plus récente portant sur les activités de la compagnie et les installations de maintenance de la compagnie avait été effectuée par Transports Canada en octobre 1992. Cette vérification comprenait les points suivants : les opérations aériennes, la surveillance et la régulation des vols, la sécurité des passagers, le transport des marchandises dangereuses, la sécurité des vols, la navigabilité et la sécurité. L'équipe de vérification a tiré la conclusion suivante :

Pacific Coastal Airlines s'améliore sous de nombreux aspects de l'exploitation et de la maintenance, mais il lui faut encore faire des efforts pour établir des procédures administratives documentées dans les manuels d'exploitation et de contrôle de la maintenance.

La compagnie a présenté un plan de mesures correctives à Transports Canada, comme on lui avait demandé.

1.14 Renseignements supplémentaires

Le supplément hydravion du *DHC-6 Flight Manual* spécifiait de braquer les volets à 20 degrés pour le décollage. La pratique adoptée par la compagnie voulait qu'on braque les volets à 30 degrés au décollage pour améliorer les performances au décollage.

2.0 *Analyse*

2.1 *Introduction*

L'analyse en laboratoire a déterminé que le câble d'abaissement de la gouverne de profondeur s'est rompu à cause d'une détérioration graduelle due à la corrosion; toutefois, la contamination des éléments de preuve, qui s'est produite lorsque l'hydravion a coulé, a empêché une évaluation objective du mécanisme de corrosion. On croit que de l'humidité s'est accumulée sur la poulie et a été le catalyseur qui a déclenché la corrosion. Cette hypothèse est étayée par le fait que plusieurs cas semblables de rupture de câble de commande ont déjà été signalés.

L'analyse porte sur les raisons possibles pour lesquelles la détérioration du câble a progressé jusqu'au point de rupture sans être décelée. On a examiné deux possibilités : l'une voulant que les procédures et les exigences d'inspection des câbles de commande étaient inadéquates; l'autre voulant que le personnel qui a effectué les inspections n'a pas exécuté les inspections assez rigoureusement.

2.2 *Inspection des câbles*

2.2.1 *Procédures et exigences*

Puisque les renseignements sur la maintenance de l'hydravion n'étaient pas complets, la date à laquelle le câble rompu avait été monté à l'origine et le temps en service de ce câble n'ont pu être déterminés. Le câble monté dans l'hydravion satisfaisait à la spécification de de Havilland et, bien que des exploitants utilisent des câbles en acier inoxydable anticorrosion sur ce type d'appareil et sur d'autres, rien n'exigeait que l'hydravion soit équipé de ce type de câble.

L'intervalle de maintenance figurant sur la fiche de travail numéro 18 du programme EMMA pour l'hydravion était conforme aux paramètres du constructeur, de Transports Canada et de la compagnie. La procédure d'inspection numéro 18 du programme EMMA s'est avérée efficace chez d'autres compagnies aériennes pour déceler la présence de corrosion sur des câbles de commande (voir l'annexe B).

2.2.2 *Rendement du personnel*

Le TEA qui avait effectué la dernière inspection des câbles de commande à la référence 376 ne s'est souvenu que d'avoir lubrifié les câbles et inspecté des composants tout à fait autres dans le fuselage arrière. Conformément à la procédure indiquée sur la fiche de travail numéro 18 du programme EMMA, le TEA n'a pas enlevé le plancher du compartiment à bagages arrière qui donnait accès aux deux côtés du groupe de poulies situé à la référence 376. Néanmoins, lorsque les commandes ont été actionnées à fond dans les deux sens, il aurait dû être possible pour le TEA de voir si un câble était effiloché ou décoloré. Le TEA avait déjà effectué ce type d'inspection et il était au courant que des ruptures de câble de commande dues à la corrosion s'étaient déjà produites; toutefois, on n'a pu déterminer avec quelle rigueur le TEA a effectué l'inspection.

2.3 *Organisation de la maintenance à la compagnie*

Le manuel de contrôle de la maintenance et le programme d'inspection de la compagnie relativement au type DHC-6 avaient été approuvés par Transports Canada. Les vérifications de la navigabilité avaient été effectuées, et les anomalies relevées avaient été corrigées à la satisfaction de Transports Canada.

2.4 *Pilotage de l'hydravion*

Compte tenu de la phase de vol et de la configuration de l'hydravion, les pilotes ne pouvaient pas garder la maîtrise de l'hydravion après la rupture du câble de la gouverne de profondeur. Il est peu probable que le braquage des volets à 30 degrés ait contribué à la rupture du câble.

3.0 *Conclusions*

3.1 *Faits établis*

1. La masse et le centrage de l'hydravion étaient dans les limites prescrites.
2. Le commandant de bord et le copilote possédaient les licences et les qualifications nécessaires au vol et en vertu de la réglementation en vigueur.
3. Le câble de commande de la gouverne de profondeur s'est rompu à cause d'une détérioration graduelle due à la corrosion.
4. La contamination des éléments de preuve par l'eau de mer a empêché une évaluation objective du mécanisme de corrosion.
5. La partie non corrodée du câble satisfaisait aux spécifications du constructeur.
6. L'autopsie, l'examen toxicologique et les dossiers médicaux n'ont révélé aucun indice qui permettrait de penser que des facteurs physiologiques ont pu perturber les capacités du copilote.
7. Rien n'indique que des facteurs physiologiques aient pu perturber les capacités du commandant de bord.
8. Les pilotes ne pouvaient pas conserver la maîtrise de l'hydravion après la rupture du câble de la gouverne de profondeur.
9. Le commandant de bord et le copilote ne portaient pas leurs bretelles de sécurité.
10. Aucun des occupants ne portait son dispositif de flottaison.
11. La corrosion sur le câble de commande de l'hydravion n'a pas été décelée lors de la dernière inspection des câbles.
12. Le pilote a braqué les volets à 30 degrés pour le décollage; le manuel de l'avion spécifiait de braquer les volets à 20 degrés pour le décollage.

3.2 *Causes*

Le câble d'abaissement de la gouverne de profondeur s'est rompu à la référence 376 sous l'effet de la corrosion, ce qui a provoqué une perte de maîtrise. La corrosion n'avait pas été décelée par le personnel de maintenance lors de la dernière inspection des câbles de l'hydravion.

4.0 *Mesures de sécurité*

4.1 *Mesures prises*

4.1.1 *Bombardier Inc.*

Le 25 octobre 1994, la Division des transporteurs régionaux de Bombardier (BRAD) a envoyé une lettre à tous les exploitants de DHC-6 pour les informer du présent accident. La lettre donnait aux exploitants les renseignements disponibles concernant les ruptures de câble. Elle précisait ce qui suit :

Nous rappelons aux exploitants qui reçoivent de la BRAD les publications de maintenance relatives au Twin Otter sur microfiches qu'avant de leur faire parvenir les modifications sur microfiches, nous continuerons de publier et d'expédier des copies papier des modifications et des modifications temporaires. Il incombe aux exploitants d'utiliser les microfiches et toutes les modifications sur copie papier lorsqu'ils font la maintenance de leurs aéronefs pour s'assurer qu'ils utilisent les renseignements disponibles les plus récents.

Il incombe également à l'exploitant qui ajoute un nouveau Twin Otter à sa flotte de bien examiner les renseignements sur la maintenance de l'appareil et sur l'environnement dans lequel il a été utilisé. Selon les résultats de cette analyse, l'exploitant doit entreprendre une inspection détaillée de l'appareil avant de le mettre en service.

BRAD/DHI fait une révision du manuel de maintenance du DHC-6, du manuel des exigences d'inspection et du programme EMMA dans le but de renforcer les instructions de maintenance existantes pour la maintenance et l'inspection des câbles de commande.

Bombardier a également publié des modifications temporaires du manuel des exigences d'inspection.

La modification 73 porte sur les DHC-6 Twin Otter qui volent dans des zones où la salinité est élevée ou en milieu marin (hydravions et avions). Elle énumère les exigences plus rigoureuses d'inspection pour déceler la présence de corrosion sur les câbles de commande de la gouverne de profondeur et de la gouverne de direction. Cette modification annonce, et c'est un point très important, qu'il faut remplacer les câbles de commande tous les 12 mois. Auparavant, les câbles de commande étaient remplacés lorsque leur état le justifiait. Il n'y avait pas de durée de vie en service fixe.

La modification 74 porte sur les exigences relatives aux inspections spéciales dans le cas de transport de marchandises corrosives. En outre, elle exige de remplacer les câbles de commande de la gouverne de profondeur et de la gouverne de direction situés sous le plancher du compartiment à bagages si un déversement se produit.

La modification 75 porte sur les DHC-6 Twin Otter équipés de flotteurs. Elle énumère les exigences plus rigoureuses d'inspection pour déceler la présence de corrosion sur les câbles de commande de la gouverne de profondeur et de la gouverne de direction. Tout comme la modification 73, cette modification annonce qu'il faut remplacer les câbles de commande tous les 12 mois.

La modification 79 augmente et modifie les exigences relatives à l'inspection des câbles de commande de la gouverne de profondeur et de la gouverne de direction dans le manuel des exigences d'inspection du DHC-6 Twin Otter. En outre, elle comprend des instructions pour la modification des fiches de travail du programme EMMA.

Les modifications insistent sur la nécessité d'avoir pleinement accès aux zones d'inspection, ils indiquent en détail les zones spécifiques à inspecter pour déceler la présence de corrosion; de plus, les modifications exigent l'application d'un enduit anticorrosion sur les câbles. Des NOTAS sont également ajoutés, lesquels exigent le remplacement, tous les 60 mois, de tous les câbles de commande (y compris ceux des ailerons) montés sur les avions terrestres; les NOTAS indiquent également que des câbles de commande en acier inoxydable sont disponibles.

En octobre 1974, BRAD et DHI ont publié un bulletin relatif au supplément de vol du DHC-6 concernant tous les modèles d'aéronef. Voici le libellé de ce bulletin :

La compagnie de Havilland a appris que des exploitants et des pilotes de DHC-6 sortent les volets à 30 degrés pour le décollage. Le seul braquage de volets approuvé pour le décollage d'un DHC-6 sur flotteurs est de 20 degrés, et toutes les données relatives aux performances de l'avion fournies dans le manuel de l'avion sont fondées sur un braquage de 20 degrés.

Le fait d'utiliser 30 degrés de volets pourrait réduire les performances de l'avion si l'avion avait une panne moteur immédiatement après l'arraché et cela pourrait également avoir une incidence sur les qualités de vol de l'avion dans certaines conditions de centrage et de masse totale.

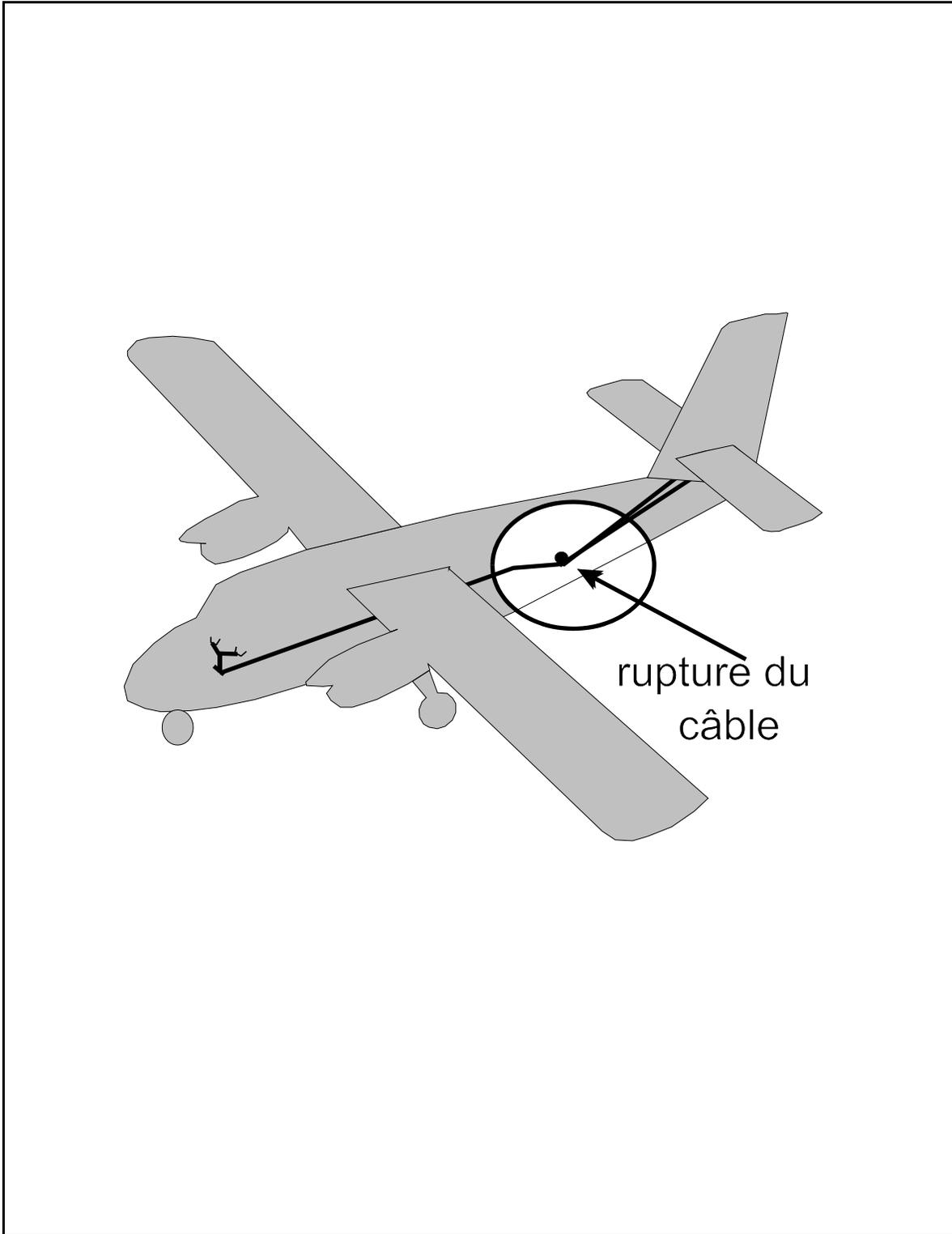
4.1.2 *Transports Canada*

Le 27 septembre 1994, soit 10 jours après l'accident, Transports Canada publiait l'Alerte aux difficultés en service AL-94-05 intitulée «De Havilland DHC-6, Rupture du câble d'abaissement de la gouverne de profondeur». L'Alerte aux difficultés en service indique en détail les exigences d'inspection de de Havilland actuellement en vigueur, et elle comprend la recommandation suivante :

... que les exploitants inspectent soigneusement, aussitôt qu'ils le pourront, les câbles de commande et les composants connexes, en portant une attention particulière aux zones où ces câbles passent sur des poulies, y compris la zone du bloc de poulies située sous le compartiment à bagages, à la référence fuselage 376. Il faut déplacer les commandes pour s'assurer qu'aucune section de câble n'échappe à l'inspection. En cas de doute, enlever le câble pour l'examiner de plus près. En outre, si l'avion est utilisé (ou a été utilisé) dans un milieu corrosif, ou transporte (ou a déjà transporté) des marchandises corrosives, la fréquence des inspections doit être augmentée en fonction des recommandations du constructeur.

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet accident. La publication de ce rapport a été autorisée le 21 mai 1997 par le Bureau qui est composé du Président Benoît Bouchard et des membres Maurice Harquail, Charles Simpson et W.A. Tadros.

Annexe A - Rupture du câble



Annexe B - Ruptures de câble de DHC-6

Le numéro de janvier 1977 des *General Inspection Aids* (AC n° 20-7N) de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis signalait un cas où les pilotes ont perdu la maîtrise d'un DHC-6 parce que le câble de commande de la gouverne de profondeur s'est rompu au niveau de la référence 376. On croyait que la rupture de ce câble causée par de la corrosion était due à l'écoulement, pendant un certain temps, de marchandises corrosives placées au-dessus de la zone où se trouvait les poulies.

Le 21 juillet 1984, un DHC-6-300 exploité par South Pacific Island Airways s'est écrasé à Tau, (îles Manua) dans le Pacifique Sud. L'enquête sur cet accident mortel a révélé qu'un câble de gouverne de profondeur était corrodé et s'était rompu au niveau de la référence 376. Le câble rompu a été examiné par le laboratoire du National Transportation Safety Board (NTSB) à Washington, district de Columbia, aux États-Unis. Le rapport du NTSB indique que le câble était très corrodé là où la rupture s'est produite, que des produits de corrosion de couleur rouille ont été découverts à moins de deux pouces de la rupture, sur les deux bouts de câble, et qu'aucune amorce de crique de fatigue ni d'usure mécanique n'ont été décelées.

Au moment de l'accident, il y avait au Canada deux cas documentés de rupture liée à la corrosion de câbles de commande de DHC-6. Le Laboratoire technique du Bureau de la sécurité aérienne de Transports Canada a rédigé les rapports techniques LP 278/80 et EP 310/80 pour faire état de ses constatations. Les enquêtes ont révélé que les deux appareils accidentés avaient été utilisés dans un milieu salin. Personne n'a été blessé dans ces accidents, et les appareils n'ont pas été endommagés. Le temps en service des câbles rompus variait.

Le rapport technique LP 278/80 - *Rudder Control Cable Failure de Havilland DHC-6-200, C-FGQE* (Rupture d'un câble de commande de gouverne de direction du de Havilland DHC-6-200 immatriculé C-FGQE), porte sur un câble de gouverne de direction rompu envoyé par un exploitant d'aéronef. Le câble s'est rompu au niveau du même groupe de poulies (référence 376) que sur l'hydravion qui fait l'objet du présent rapport. Le rapport technique indique que :

[TRADUCTION]

- 4.1 Le câble gauche de gouverne de direction s'est rompu prématurément sous l'effet de charges normales à une section transversale qui avait été considérablement affaiblie par une détérioration.
- 4.2 La détérioration a été causée par de la corrosion galvanique dans le câble entre les fils en acier inoxydable de qualité inférieure et les fils réguliers zingués en acier au carbone ordinaire, en présence d'un milieu aqueux.
- 4.3 La présence de fils en acier inoxydable constitue un grave manquement à la spécification pertinente.

Le rapport technique EP 296/80 - *Control Cable Analysis DHC-6 C-FGQE* (Analyse de câbles de commande du DHC-6 immatriculé C-FGQE) porte sur des ruptures de câble de gouverne de direction et d'aileron d'un autre appareil du même exploitant (celui dont il est question dans le rapport technique LP 278/80). Le rapport technique EP 296/80 avait pour objet d'examiner si les problèmes de corrosion étaient un problème général pour les câbles de commande de Twin Otter du type et de la fabrication en question. Les conclusions du rapport technique EP 296/80 relatives à la rupture du câble de gouverne de direction étaient semblables à celles du rapport technique LP 278/80.

Le rapport technique EP 310/80 - *Twin Otter Control Cables Corrosion DHC-6 C-GQKN* (Corrosion de câbles de commande du Twin Otter DHC-6 immatriculé C-GQKN) porte sur d'autres câbles (y compris un câble de gouverne de profondeur) provenant de l'appareil étudié dans le premier rapport. Dans ce cas, il n'y avait pas de torons de qualité inférieure dans le câble. Le rapport technique indique ce qui suit :

[TRADUCTION]

- 4.1 Les trois câbles de commande examinés satisfont à toutes les exigences de la spécification MIL-W-83420 relative au câble métallique souple de type I et de composition A, qui est la spécification du câble.
- 4.2 Aucun des câbles ne contient de fils en acier inoxydable de qualité inférieure, bien que tous présentent des signes de corrosion accélérée à divers degrés de développement.
- 4.3 Les produits de la corrosion sur les zones corrodées ou au voisinage de ces dernières révèlent que les câbles ont été utilisés dans un milieu humide chloruré.
- 4.4 La corrosion accélérée dans les câbles de commande de Twin Otter de type I et de composition A semble être un facteur du milieu d'exploitation, et ne dépend pas, semble-t-il, d'une réaction galvanique résultant de la présence de fils en acier inoxydable de qualité inférieure dans le câble.
- 4.5 Aucun défaut de matériau n'a contribué à la rupture.

Après la rédaction des trois rapports techniques, Transports Canada a publié l'Avis aux mécaniciens d'entretien d'aéronefs et aux propriétaires d'aéronefs, N-AME-O 29/80, intitulé «Câbles de commande d'aéronefs», dont voici le libellé :

Plusieurs cas de corrosion accélérée de câbles de commande en acier au carbone utilisés dans un environnement marin ont été signalés au ministère des Transports. Une enquête est actuellement en cours pour en déterminer la cause.

Le présent N-AME-O a pour objet de mettre les mécaniciens d'entretien d'aéronefs et les propriétaires d'aéronefs au courant de ce problème. La corrosion a été décelée au niveau d'une poulie, ou à proximité, au point inférieur du câble. De plus, le contrôle destructif a montré que dans certains cas il y avait du matériau non standard dans le câble.

Des câbles totalisant seulement 500 heures de vol (soit six mois civils environ) présentaient de la corrosion. Tous ceux qui possèdent un aéronef et l'utilisent en environnement salin doivent faire une inspection à la première occasion à la recherche de corrosion sur les câbles et doivent tenir compte des remarques ci-dessus dans leurs programmes d'inspection et de maintenance. (réf. *FAA Advisory Circular AC 43-4*, paragraphe 20(c)).

L'avionneur a publié de nombreux documents de référence et bulletins portant sur les ruptures de câble dues à la corrosion. Le manuel de maintenance du DHC-6 Twin Otter (PSM1-6-2 aéronefs des séries 100 et 200 / PSM 1-63-2 aéronefs de la série 300, les bulletins consultatifs techniques (TAB), le manuel des exigences d'inspection (PSM 1-6-7) et le programme EMMA (PSM 1-6-7E) renferment des

recommandations spécifiques sur la prévention de la corrosion, sa détection dès le début et les réparations subséquentes. Voici quelques-uns de ces documents :

1. PSM 1-63-2, 27-00-00, page 201, article 2A - *Inspection of Control Cables* (Inspection des câbles de commande).
2. PSM 1-6-2 (page 2-18, article 2-25 - *Inspection of Control Cables* (Inspection des câbles de commande).
3. TAB 661/9 - *Corrosion Rear Fuselage* (Corrosion au niveau du fuselage arrière), septembre 1976.
4. TAB 626/1 - *Corrosion Prevention, Rectification and ReProtection* (Corrosion : prévention, correction et protection), novembre 1970, addenda 1 et 2.
5. TAB 674/1 (E.O. 68922) - *Access Panel to Assist in Cable Inspection* (Panneau d'accès pour faciliter l'inspection des câbles), décembre 1980, modification 6/1766.
6. PSM 1-6-7 - *Special Inspection* (Inspection spéciale), page 5, article 3, *Operating with Corrosive Cargo, including whenever a cargo of livestock or corrosive materials has been transported* (Transport de marchandises corrosives, y compris le bétail et les substances corrosives), décembre 1985.
7. PSM 1-6-7 - *Special Inspection* (Inspection spéciale), pages 5 et 6, article 3A *General* (Généralités), article 3B *Structures*, et article 3C *Controls* (Commandes), *Operating With Corrosive Cargo* (Transport de marchandises corrosives), décembre 1985.
8. PSM 1-6-7 - *Special Inspection* (Inspection spéciale), page 4, article 29, *When Operating in Areas of High Humidity* (Opérations aériennes par humidité élevée), janvier 1974.
9. PSM 1-6-7 - *Basic Inspection -27* (Inspection de base -27), modification temporaire no 57, article 11, *Control Cables* (Câbles de commande), décembre 1993.
10. PSM 1-6-7 - *Basic Inspection -53* (Inspection de base -53), page 2, *Floor Panels* (Panneaux de plancher), juin 1980.
11. TAB 678/3 - *Rudder Elevator Stainless Steel Cables* (Câbles en acier inoxydable de gouverne de direction et de gouverne de profondeur), avril 1986.
12. TAB 680/1 - *Elevator Cable Corrosion* (Corrosion sur les câbles de gouverne de profondeur), mars 1989.
13. Le pilote a braqué les volets à 30 degrés pour le décollage; le manuel de l'avion spécifiait de braquer les volets à 20 degrés pour le décollage.

Annexe C - Liste des rapports pertinents

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

LP 148/94 - *Light Bulb Analysis* (Analyse des ampoules);

LP 149/94 - *Aircraft Control Cables* (Câbles de commande de l'aéronef).

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

Annexe D - Sigles et abréviations

BRAD	Division des transporteurs régionaux de Bombardier
BST	Bureau de la sécurité des transports
DHI	de Havilland Inc.
ELT	radiobalise de détresse
EMMA	inspection de maintenance équilibrée pour une disponibilité maximale
FAA	Federal Aviation Administration
h	heure(s)
HAP	heure avancée du Pacifique
lb	livre(s)
nm	mille(s) marin(s)
NTSB	National Transportation Safety Board
RCC	centre de coordination de sauvetage
TAB	<i>Technical Advisory Bulletin</i>
TEA	technicien d'entretien d'aéronef
UTC	temps universel coordonné
VFR	règles de vol à vue

BUREAUX DU BST

ADMINISTRATION CENTRALE

HULL (QUÉBEC)*

Place du Centre
4^e étage
200, promenade du Portage
Hull (Québec)
K1A 1K8
Tél. (819) 994-3741
Télécopieur (819) 997-2239

INGÉNIERIE

Laboratoire technique
1901, chemin Research
Gloucester (Ontario)
K1A 1K8
Tél. (613) 998-8230
24 heures (613) 998-3425
Télécopieur (613) 998-5572

BUREAUX RÉGIONAUX

LE GRAND HALIFAX (NOUVELLE-ÉCOSSE)*

Marine
Place Metropolitan
11^e étage
99, rue Wyse
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
B3A 4S5
Tél. (902) 426-2348
24 heures (902) 426-8043
Télécopieur (902) 426-5143

MONCTON (NOUVEAU-BRUNSWICK)

Productoduc, rail et aviation
310, boulevard Baig
Moncton (Nouveau-Brunswick)
E1E 1C8
Tél. (506) 851-7141
24 heures (506) 851-7381
Télécopieur (506) 851-7467

LE GRAND MONTRÉAL (QUÉBEC)*

Productoduc, rail et aviation
185, avenue Dorval
Pièce 403
Dorval (Québec)
H9S 5J9
Tél. (514) 633-3246
24 heures (514) 633-3246
Télécopieur (514) 633-2944

LE GRAND QUÉBEC (QUÉBEC)*

Marine, productoduc et rail
1091, chemin Saint-Louis
Pièce 100
Sillery (Québec)
G1S 1E2
Tél. (418) 648-3576
24 heures (418) 648-3576
Télécopieur (418) 648-3656

LE GRAND TORONTO (ONTARIO)

Marine, productoduc, rail et aviation
23, rue Wilmot est
Richmond Hill (Ontario)
L4B 1A3
Tél. (905) 771-7676
24 heures (905) 771-7676
Télécopieur (905) 771-7709

PETROLIA (ONTARIO)

Productoduc et rail
4495, rue Petrolia
C.P. 1599
Petrolia (Ontario)
N0N 1R0
Tél. (519) 882-3703
Télécopieur (519) 882-3705

WINNIPEG (MANITOBA)

Productoduc, rail et aviation
335 - 550, rue Century
Winnipeg (Manitoba)
R3H 0Y1
Tél. (204) 983-5991
24 heures (204) 983-5548
Télécopieur (204) 983-8026

EDMONTON (ALBERTA)

Productoduc, rail et aviation
17803, avenue 106 A
Edmonton (Alberta)
T5S 1V8
Tél. (403) 495-3865
24 heures (403) 495-3999
Télécopieur (403) 495-2079

CALGARY (ALBERTA)

Productoduc et rail
Édifice Sam Livingstone
510 - 12^e avenue sud-ouest
Pièce 210, C.P. 222
Calgary (Alberta)
T2R 0X5
Tél. (403) 299-3911
24 heures (403) 299-3912
Télécopieur (403) 299-3913

LE GRAND VANCOUVER (COLOMBIE-BRITANNIQUE)

Marine, productoduc, rail et aviation
4 - 3071, rue Number Five
Richmond (Colombie-Britannique)
V6X 2T4
Tél. (604) 666-5826
24 heures (604) 666-5826
Télécopieur (604) 666-7230

*Services disponibles dans les deux langues officielles

o Services en français (extérieur de la RCN) : 1-800-387-3557